

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DİŞ HASTALIKLARI VE TEDAVİSİ
ANABİLİM DALI

**KÖK KANALLARINDAKİ SMEAR TABAKASININ
UZAKLAŞTIRILMASINDA İKİ LAZER TİPİNİN VE
İRRİGASYON SOLÜSYONLARININ ETKİNLİKLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

Dt. Elif KALYONCUOĞLU

Samsun
Şubat-2009

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DİŞ HASTALIKLARI VE TEDAVİSİ
ANABİLİM DALI

**KÖK KANALLARINDAKİ SMEAR TABAKASININ
UZAKLAŞTIRILMASINDA İKİ LAZER TİPİNİN VE
İRRİGASYON SOLÜSYONLARININ ETKİNLİKLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

Dt. Elif KALYONCUOĞLU

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ebru ÖZSEZER DEMİRYÜREK

Samsun
Şubat-2009

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma jürimiz tarafından Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı Programında doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Fügen DAĞLI (Hacettepe Üniversitesi)

Üye: Doç. Dr. Hikmet AYDEMİR (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)

Üye: Yrd. Doç. Dr. Ebru ÖZSEZER DEMİRYÜREK (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)

Üye: Yrd. Doç. Dr. Uğur İNAN (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)

Üye: Yrd. Doç. Dr. Emre BODRURLU (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurul' unca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Süleyman ÇELİK
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bu tez süresince benden yardımını esirgemeyen, sıkıntılı anlarımda bana destek veren sevgili hocam ve danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Ebru ÖZSEZER DEMİRYÜREK' e;

Tez çalışmam ve doktora eğitimim boyunca bana her türlü kolaylığı gösterip destek veren anabilim dalı başkanımız Sayın Prof. Dr. Bilinç BULUCU' ya;

Tez çalışmamıza maddi destek sağlayan Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu' na;

Tezime sağladıkları Er:YAG lazer desteği için OPTRONİK firmasına ve Sayın Dt. Timur ERÇETİN' e;

Tez çalışmamda Nd:YAG lazer cihazını kullanmamda destek olan Sayın Dr. Dt. Veysel BALKAYA' ya;

Örneklerimin incelenmesinde ve görüntülenmesinde bana yardımcı olan Orta Doğu Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği' nde görev yapan Sayın Uzm. Cengiz TAN' a;

İstatistiksel analizlerdeki yardımları için Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü öğretim üyesi Sayın Yrd. Doç. Dr. Kürşat DEMİRYÜREK' e;

Deney çalışmam ve tüm asistanlığım boyunca yardımını benden esirgemeyen başta Sayın Doç.Dr. Hikmet AYDEMİR olmak üzere tüm bölüm hocalarıma;

Tezime olan katkıları ve harcadıkları vakit için tez izleme komitesinde yer alan Doç. Dr. Gözlem CEYLAN ve Yrd. Doç. Dr. Uğur İNAN' a;

Okul hayatım boyunca olduğu gibi sonrasında da akademik bilgilerinden yararlandığım Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Zafer ÇEHRELİ' ye;

Deney çalışması boyunca bana yardımcı olan başta Nihan GÖNÜLOL, Gözde YÜKSEL, Uğur AYDIN olmak üzere tüm bölüm arkadaşlarıma;

Her yönüyle örnek aldığım ve her zaman desteğini hissettiğim ablam Dr.Dt. Şahsene AYDEMİR' e;

Hayatım boyunca aldığım tüm kararlarda bana destek olan ANNEME, BABAMA ve ABİME;

Teşekkür ederim...

ÖZET

KÖK KANALLARINDAKİ SMEAR TABAKASININ UZAKLAŞTIRILMASINDA İKİ LAZER TİPİNİN VE İRRİGASYON SOLÜSYONLARININ ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Elif KALYONCUOĞLU, Doktora Tezi
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Samsun, Şubat 2009

Çalışmamızın amacı; iki lazer tipinin (Er:YAG ve Nd:YAG lazer) ve irrigasyon solüsyonları (%5,25' lik NaOCl, %17' lik EDTA, MTAD) kök kanallarındaki smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini SEM cihazı kullanılarak değerlendirmektir.

Çürüksüz 60 adet üst orta kesici diş K tipi eğeler yardımıyla 60 numaraya kadar step-back tekniği ile genişletildikten sonra, koronal kısmının genişletilmesi amacıyla 2-4 numaralı Gates-glidden frezler kullanıldı. Kök kanalları her eğeleme sonrasında 3ml %5,25' lik NaOCl ile yıkandı. Dişler her biri rastgele 12 dişten oluşan 5 gruba ayrıldı.

Grup 1 kontrol grubu olarak belirlendi. 3ml %5,25' lik NaOCl uygulamasını takiben 3ml steril distile su ile kanallar irrigate edildi. Grup 2' de son yıkamada kanallara 5dk boyunca 5ml %17' lik EDTA uygulamasını takiben 3ml %5,25' lik NaOCl ve 3ml steril distile su uygulandı. Grup 3' te son yıkamada kanallara 5dk boyunca MTAD solüsyonu uygulandıktan sonra 3ml steril distile su ile kanallar irrigate edildi. Grup 4' te kök kanalları, Er:YAG lazer uygulandıktan sonra 3ml steril distile su ile irrigate edildi. Grup 5' te ise kök kanalları Nd:YAG lazer uygulandıktan sonra 3ml steril distile su ile irrigate edildi.

Kök kanallarındaki smear tabakasının varlığı SEM cihazı ile görüntülenerek değerlendirildi ve sonuçlar Kruskal Wallis ve Mann-Whitney U testi kullanılarak analiz edildi. Tüm gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Kök kanallarındaki smear tabakası en iyi %17' lik EDTA uygulanan grupta uzaklaştırılmıştır. Bunu MTAD uygulanan grup takip etmiştir. Kök kanallarının orta ve apikal üçte birlik bölgelerinde %17' lik EDTA ve MTAD solüsyonları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Kontrol grubu, Er:YAG ve Nd:YAG lazer uygulanan gruplar arasında ise kök kanallarının hiçbir bölgesinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir ($p>0,05$) ve smear tabakasını uzaklaştırmada etkin olmadıkları gözlenmiştir. Kontrol grubu, Er:YAG ve Nd:YAG lazer uygulanan gruplar ile %17' lik EDTA ve MTAD grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Smear tabakasının uzaklaştırılabildiği gruplarda (EDTA ve MTAD) kök kanallarında koronal bölgeden apikale gidildikçe etkinliğin azaldığı belirlenmiştir.

ABSTRACT
EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF TWO TYPES OF LASERS AND
IRRIGATION SOLUTIONS IN THE REMOVAL OF SMEAR LAYER

Elif KALYONCUOĞLU, Ph. D. Thesis

Ondokuz Mayıs University Samsun, February 2009

The aim of this study is to evaluate the efficiency of two types of lasers (Er:YAG and Nd:YAG lasers) and irrigation solutions (5,25% NaOCl, 17% EDTA, MTAD) in removing the smear layer in the root canals by using SEM.

The root canals of 60 caries-free maxillary central incisors were prepared with the step-back technique using K-file until size 60 and coronal flaring was achieved with size 2-4 gates glidden burs. The root canals were irrigated with 3ml 5,25 % NaOCl after each file. The teeth were randomly divided into 5 groups each consisting of 12 teeth.

Group 1 was determined as the control group. Following 3ml 5,25% NaOCl application, the canals were irrigated with sterile distilled water. In group 2, at the final irrigation, following 5ml 17% EDTA application for 5 minutes, the canals were irrigated with 3ml 5,25% NaOCl and 3ml sterile distilled water. In group 3, after MTAD application for 5 minutes, the canals were irrigated with 3ml distilled water. In group 4, Er:YAG laser was applied to root canals and after that 3ml distilled water was used. In group 5, Nd:YAG laser was applied to the root canals.

The existence of the smear layer in the root canal were imaged with SEM, and results were analyzed using Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U tests. The difference among all of the groups was statistically significant. According to the results of this study, the best smear layer removal was achieved with 17 % EDTA. The group of MTAD followed it. The difference between the 17 % EDTA and MTAD solutions was statically significant in middle and apical regions of the root canals ($p<0.05$). The control, Er:YAG and Nd:YAG groups were not different at any portion of root canals and were evaluated as ineffective in the removal of smear layer. The control, Er:YAG and Nd:YAG groups were less effective than 17 % EDTA and MTAD groups in removing smear layer and the difference was statistically significant ($p<0.05$). The efficiency of chelating agents in groups in which smear layer was removed (EDTA and MTAD) decreased towards apical portion in the root canal.

SİMGELER VE KISALTMALAR

AFM Atomic forced microscopy

Ar/F Argon Fluorid

BDA Bis-dekualinum-asetat

BSE Backscattered electrons imaging

Ca(OH)₂ Kalsiyum hidroksit

Ca/P Kalsiyum fosfat oranı

CO₂ Karbondioksit

dk Dakika

Doksisiklin-HCl Doksisiklin hidroklorür

EDS Energy dispersive spectrometer

EDTA Ethylenediamine Tetra-acetic Acid

Er,Cr:YSGG Erbium Chromium Yttrium Scandium Gallium Garnet

Er:YAG Erbium yttrium aluminum garnet

FDA Food and Drug Administration

Ga-Al-As Galyum-Aluminum-Arsenide

Ga-As Galyum-Arsenide

gr Gram

H₂O₂ Hidrojen peroksit

He-Ne Helium-Neon

HOCl Hipoklorik asit

Ho:YAG Holmium yttrium aluminum garnet

kHz Kilohertz

Kr/F Kripton Fluorid

kV kilovolt

LASER Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

M mol

MASER Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation

mJ milijoule

ml Mililitre

mm Milimetre

µm Mikrometre

mW Miliwatt

NaOCl Sodyum hipoklorit

Nd:YAG Neodymium yttrium aluminum garnet

Nd:YAP Neodymium yttrium aluminum perovskite

Nd:YLF Neodymium yttrium lithium fluoride

nm Nanometre

ns Nanosaniye

REDTA Roth's Ethylenediamine Tetra-acetic Acid

SEM Scanning electron microscope

STEM Scanning transmission electron microscopy

TEM Transmission electron microscopy

Tetrasiklin-HCl Tetrasiklin hidroklorür

Xe/Cl Xenon Chlorid

Xe/F Xenon Fluorid

W Watt

% Yüzde

°C Santigrad derece

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
İNGİLİZCE ÖZET.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix

1. GİRİŞ.....1

2. GENEL BİLGİLER.....3

2.1. Smear tabakasının yapısı.....	4
2.2. Smear tabakasının uzaklaştırılması.....	6
2.3. Smear tabakasının uzaklaştırılmasında irrigasyonun rolü.....	7
2.4. Smear tabakasının uzaklaştırılmasında uygulanan yöntemler.....	8
2.4.1. Kimyasal yöntemler.....	9
2.4.1.1. Sodyum hipoklorit.....	9
2.4.1.2. Şelasyon ajanları.....	11
2.4.1.3. Asitler.....	17
2.4.1.4. Tetrasiklinler.....	18
2.4.1.5. Diğerleri.....	19
2.4.2. Mekanik yöntemler.....	21
2.4.2.1. Sonik ve ultrasonik sistemler.....	21
2.4.3. Lazerle uzaklaştırma.....	24
2.4.3.1. Lazer fiziği.....	24
2.4.3.2. Lazer-doku etkileşimleri.....	26
2.4.3.3. Lazer sistemlerinin sınıflandırılması.....	29
2.4.3.4. Diş hekimliğinde lazerlerin kullanım alanları.....	38
2.4.3.5. Lazerlerin endodontideki kullanım alanları.....	39
2.5. Yüzey görüntüleme metodları.....	42
2.5.1. “Scanning electron microscope” (SEM).....	43

3. MATERYAL ve METOD.....	44
3.1. Örneklerin hazırlanması.....	44
3.2. Örnek kesitlerinin hazırlanması.....	49
3.3. SEM cihazı ile örneklerin hazırlanması ve incelenmesi.....	51
3.4. İstatistiksel değerlendirme.....	52
4. BULGULAR.....	53
4.1.SEM cihazı ile elde edilen görüntüler.....	53
4.2.SEM görüntülerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi.....	63
4.2.1.Bölgelere göre gruplar arası farklılıkların değerlendirilmesi.....	63
4.2.2.Grup içi örneklerde bölgeler arası farklılıkların değerlendirilmesi.....	66
5. TARTIŞMA.....	68
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	85
7. KAYNAKLAR.....	86
ÖZGEÇMİŞ.....	111

1. GİRİŞ

Kök kanal tedavisinin başarısının; dikkatli bir kemomekanik temizleme ve şekillendirmeden sonra, kök kanalı boyunca bakteri, bakteri ürünleri ve doku sıvılarının hareketini önlemek için stabil ve toksik olmayan bir materyal ile kök kanal boşluğunun üç boyutlu olarak doldurulmasına bağlı olduğu bildirilmiştir (Sundqvist ve Figdor, 1998; Gilhooly ve ark., 2000; Depraet ve ark., 2005). Kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi bu tedavide önemli bir basamak olarak değerlendirilmektedir (McComb ve Smith, 1975; Berg ve ark., 1986).

Smear tabakası, mine ve dentin dokularının el aletleri veya döner aletlerle kesilmesi sonucu doku yüzeyinde ortaya çıkan ve dentin tübüllerini kapatan bir tabakadır. Kemomekanik işlemler sırasında kök kanal duvarları üzerinde de oluşan bu düzensiz tabakanın; dentin talaşlarının, nekrotik artıkların, yumuşak dokuların, canlı veya dekompoze olmuş organik artıkların ve mikroorganizmaların karışımından oluşan bir yapı olduğu belirtilmiştir (Brannstrom ve Nyborg, 1974; Mello ve ark., 2004; Khademi ve ark., 2004). Temizleme ve şekillendirme yapılmamış dentin yüzeyinde bu tabakanın oluşmadığı ve peritübüler dentinin, intertübüler dentinin ve dentin kanal ağzlarının açıkça gözlemlendiği bildirilmiştir (Goldman ve ark., 1981; Dippel ve ark., 1984; Mader ve ark., 1984).

Bakterileri ve bakteri toksinlerini de içeren smear tabakasının yan kanallara ve dentin tübülleri içine kök kanal dolgu materyallerinin penetrasyonunu önlediği ve bu nedenle kök kanallarının daimi dolgusu yapılmadan önce uzaklaştırılması gerektiği rapor edilmiştir (Bystrom ve Sundqvist, 1985; Şen ve ark., 1995; Tay ve ark., 2006). Bu amaçla çok sayıda materyal kullanılmış olmakla birlikte hiçbir materyalin smear tabakasını tam olarak uzaklaştıramadığı yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Moodnik ve ark., 1976; Bystrom ve Sundqvist, 1985). Şen ve arkadaşları (1995) ve yine Khademi ve arkadaşları (2004) organik ve inorganik yapıları içeren bu tabakanın tek bir solüsyon kullanımı ile tam olarak uzaklaştırılamadığını belirtmişlerdir. Organik yapıların uzaklaştırılmasında sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonu kullanımı yeterli olurken (Barbosa ve ark., 1994), inorganik yapıların uzaklaştırılmasında Sitrik asit (Wayman ve

ark., 1979), Tannik asit (Bitter, 1989), Poliakrilik asit (Berry ve ark., 1987), Fosforik asit (Garberoglio ve Becce, 1994), EDTA (Ethylenediamine Tetra-acetic Acid) (Lim, 2003), REDTA (Roth's Ethylenediamine Tetra-acetic Acid) (Berg ve ark., 1986) gibi şelasyon ajanları kullanılmasının gerektiğini bildirmişlerdir.

Son yıllarda; asit, deterjan ve tetrasiklin karışımı bir materyal olan MTAD solüsyonu üretilmiş olup, kök kanal dezenfeksiyonu sağlamak ve smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla bu materyalin kullanılabileceği rapor edilmiştir (Torabinejad ve ark., 2003a, b, c).

Smear tabakasını uzaklaştırmak için organik asitlerin yanı sıra ultrasonik aletlerin (Cameron, 1983; 1988), lazerlerin (Takeda ve ark., 1998; 1999) ve tetrasiklinlerin (Barkhordar ve ark., 1997; Haznedaroğlu ve Ersev, 2001) kullanımı tavsiye edilmiştir.

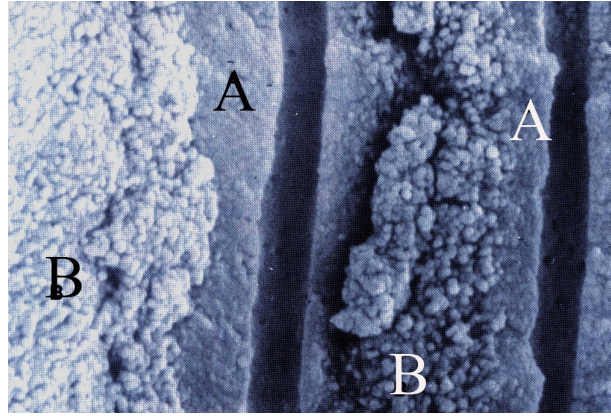
Son yıllarda diş hekimliğinde değişik alanlarda uygulama alanı bulan lazerlerin endodontik tedavide de özellikle kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesinde, smear tabakasının ve debrislerin uzaklaştırılmasında, bakterilerin yok edilmesinde kullanılabileceği rapor edilmiştir (Midda ve Renton-Harper, 1991; Myers, 1991; Miller ve Truhe, 1993; Pick, 1993; Kutsch, 1993; Dederich, 1993; Koba ve ark., 1998; Berkiten ve ark., 2000).

Bu çalışmanın amacı; kök kanallarındaki smear tabakasının uzaklaştırılmasında kök kanalı irrigasyon solüsyonları olan NaOCl, EDTA ve MTAD ile Er:YAG ve Nd:YAG lazerlerin etkinliklerini “scanning electron microscope” (SEM) cihazı kullanarak incelemektir.

2. GENEL BİLGİLER

Endodontik tedavinin başarısı; doğru teşhis, kök kanallarının etkin bir şekilde temizlenmesi, şekillendirilmesi, dezenfeksiyonu ile apikal ve koronalde hermetik bir tıkama sağlayacak bir biçimde doldurulması esasına dayanır (Weine ve ark., 1975). Kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi endodontik tedavinin en önemli basamaklarından biridir.

Kök kanallarında dentin tübülleri pulpa-predentin bileşiminden sement-dentin birleşimine kadar uzanmaktadır. Kök kısmındaki dentin tübülleri yaklaşık 1-3 μm çapında olup pulpadan periferik doğru göreceli olarak düz bir seyir izler (Garberoglio ve Brannström, 1976; Mjör ve Nordahl, 1996). Milimetre kareye düşen dentin tübüllerinin sayısı 4.900'den 90.000'e kadar farklılık gösterir. Dentin tübüllerinin kök yüzeyindeki bu yoğunluğu apikalden koronale gidildikçe artış göstermektedir (Mjör ve Nordahl, 1996) (Resim 2.1).



Resim 2.1. Kök dentininin yapısı. A. Peritübüler dentin.
B. İntertübüler dentin (Berkovitz ve ark., 2002)

Kemomekanik işlemler sırasında dentin duvarları yüzeyinde smear tabakası oluştuğu (Ruddle, 2002), bu tabakanın varlığının, temizleme ve şekillendirme yapılan kök kanal sistemi ve dentin tübülleri içerisine medikasyon ajanlarının yayılmasını ve kanal yüzeylerine dolgu materyallerinin adaptasyonunu önlediği bildirilmiştir (Torabinejad ve ark., 2002).

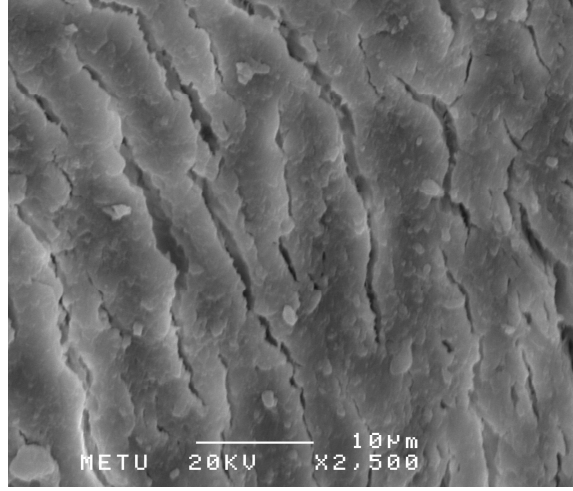
2.1. Smear Tabakasının Yapısı:

Smear tabakası, organik ve inorganik yapılardan oluşmuştur. İnorganik yapılar kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi sırasında oluşan dentin talaşlarını, organik yapılar ise mikroorganizmalar, kan hücreleri, koagüle olmuş proteinler, canlı ve nekrotik pulpa artıkları ve odontoblast uzantılarının parçalarını içerir (Jodaikin ve Austin, 1981; Mader ve ark., 1984). Yapısında kök kanal yüzeyinin yüzeysel tabakasını da barındıran smear tabakası “bi-laminar” olarak da tanımlanmıştır (Gilboe ve ark., 1980). Kök kanalında bulunan nekrotik veya canlı pulpa dokusundan dolayı eylemenin başlangıç safhalarında yüksek oranda organik içeriğe sahiptir (Cameron, 1988).

Smear tabakası; yüzeysel ve derin tabaka olmak üzere iki tabakadan oluşur. Yüzeysel tabaka; 1-5 µm kalınlığında bir tabakadır. Yüzeye güçsüzce bağlanır ve kolay uzaklaştırılır. Derin tabaka ise; 6- 40 µm derinliğinde dentin tübüllerinin içine girer ve dentine kuvvetli bir şekilde bağlanır (Mader ve ark., 1984). Dentin kanalları ve smear tabakası arasındaki adeziv kuvvetler sonucu oluşan etkinin, smear tabakasının dentin kanalları içine penetre olmasına sebep olduğu düşünülmektedir (Aktener ve ark., 1989; Cengiz ve ark., 1990).

Dentin kesildiğinde dentin duvarlarının yüzeyi üzerinde sıklıkla çamurumsu bir tabakanın oluştuğu SEM çalışmalarında tespit edilmiştir (Boyde ve Knight, 1970; Moodnik ve ark., 1976; Mader ve ark., 1984; Torabinejad ve ark., 2002). İlk defa Boyde ve Knight (1970) tarafından kesilmiş mine yüzeyinde smear tabakası tespit edilmiştir. SEM cihazı yardımıyla kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi sırasında oluşan smear tabakasını ilk olarak gösteren McComb ve Smith (1975), bu tabakanın kuron kısmında oluşan smear tabakasına benzediğini belirtmişlerdir.

Dentin duvarının yüzeyi SEM altında incelendiğinde smear tabakasının şekilsiz, düzensiz ve tanecikli bir görünüme sahip olduğu tespit edilmiştir (Brannström ve ark., 1980; Yamada ve ark., 1983; Pashley ve ark., 1988). Prati ve arkadaşları (1994) yaptıkları elektron mikroskopu çalışmasında granüler bir yapıda gördükleri smear tabakasının ağaç kabuğu görünümünde olduğunu bildirmişlerdir (Resim 2.2).



Resim 2.2. Kök kanal yüzeyindeki smear tabakasının görünümü

Kök kanalının temizlenmesi ve şekillendirilmesi sırasında kanal aletleri ve frezlerin kullanımı sonucu oluşan smear tabakasının şekillendirilmemiş kanallarda görülmediği bildirilmiştir (Czonstkowsky ve ark., 1990; Goldman ve ark., 1981; Mader ve ark., 1984).

Smear tabakasının kalınlığı ve içeriği dentinin kuru ya da ıslak kesilmesine, kullanılan eğenin şekli, eğeleme tekniği, mekanik eğeleme boyunca uygulanan kuvvet ve irrigasyon ajanının türü ve uygulama şekli gibi birçok faktöre bağlıdır (Gilboe ve ark., 1980). Tungsten karbid frez veya elmas frezler kullanılarak açılan kaviteelerde dentin artıklarından meydana gelen bir smear tabakası olduğu ve dentin geçirgenliğinin bu smear tabakası varlığında % 35 oranında azaldığı bildirilmiştir (Dippel ve ark., 1984). Pashley ve arkadaşları (1988) kesilen veya aşındırma yapılan dentin yüzeylerinde oluşan smear tabakasının doğal bir kavite taban maddesi gibi dentin tübüllerinde tıkama yaptığını ve bu durumun dentin geçirgenliğinde büyük oranda azalma meydana getirdiğini rapor etmişlerdir.

Czonstkowsky ve arkadaşları (1990) tarafından yapılan bir çalışmada motorlu aletlere takılarak kullanılan Gates-Glidden frezler veya post yapımı sırasında kullanılan frezlerin oluşturduğu smear tabakasının miktarının el ile yapılan temizleme ve şekillendirme sonucu oluşan smear tabakasına oranla daha fazla olduğu belirtilmiştir.

2.2. Smear Tabakasının Uzaklaştırılması:

Kök kanallarında oluşan smear tabakasının varlığının, kanalların şekillendirilmesi ve doldurulması üzerine etkisi hakkında farklı görüşler vardır (McComb ve Smith, 1975; Czonstkowsky, 1990). Bazı araştırmacılar; smear tabakasının, bakteri metabolitlerine karşı bir engel görevi gördüğü ve dentin tübülleri içine bakteri invazyonunu önlediği için kaldırılmaması gerektiği görüşünü savunurlarken (Vojinovic ve ark., 1973; Michelich ve ark., 1980); bazı araştırmacılar bakterilerin üremesi için ortam oluşturmaması, dentin tübüllerine bakteri geçişine izin vermesi ve uygulanan irrigasyon solüsyonlarının etkinliğini azaltması nedeniyle kaldırılması gerektiğini savunmuşlardır (McComb ve Smith, 1975; Moodnik ve ark., 1976; Mader ve ark., 1984; Bystrom ve ark., 1985; Perez ve ark., 1993; Takeda ve ark., 1998a; 1999). Yapılan bazı çalışmalarda bakterilerin smear tabakasında sabit olarak kalmadığı, çoğaldığı ve dentin tübüllerine nüfuz ettiği bildirilmiştir (Brannström ve Nyborg, 1973; Olgart ve ark., 1974; Yamada ve ark., 1983). Ayrıca; smear tabakası varlığında; dentin tübüllerinin girişinin tıkandığı, kök kanalına uygulanan irrigasyon ajanları ve dentin tübüllerinin içinde bulunan mikroorganizmalar arasındaki temasın önlendiği ve böylece irrigasyon ajanlarının etkinliğinin azaldığı rapor edilmiştir (Perez ve ark., 1993).

Evans ve Simon (1986) tarafından yapılan bir çalışmada, smear tabakasının olup olmasının farklı kök kanal dolgu tekniklerinin apikal sızıntısı üzerine etkisi incelenmiş ve smear tabakası varlığının apikal sızıntı üzerine önemli bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir.

Orstavik ve Haapasalo (1990) tarafından yapılan in vitro çalışmada, smear tabakasının uzaklaştırılması sayesinde kanal içi ilaçların dezenfekte edici etkisini sağlamak için gerekli sürenin kısaldığı bildirilmiştir. Bystrom ve Sundqvist (1985) smear tabakasının varlığının, kanal içine uygulanan ilaçlar ve irrigasyon ajanları gibi antimikrobiyal ajanların dentin tübülleri içindeki mikroorganizmalara etki etmesini geciktirebildiğini hatta engellediğini belirtmişlerdir.

White ve arkadaşları (1984, 1987), smear tabakası varlığında dentin tübülleri içine kök kanal dolgu materyallerinin girişinin önlendiğini SEM cihazı kullanarak göstermişlerdir. Smear tabakasının, kök kanal dolgu materyali ile dentin duvarı arasında sızıntıya sebep olması sebebiyle kök kanalları doldurulmadan önce bu tabakanın uzaklaştırılması gerektiği bildirilmiştir (Kennedy ve ark., 1986). Bu tabakanın uzaklaştırılması sonucunda, kök kanal dolgu materyallerinin dentin tübüllerinin içine ve yan kanallara penetrasyonunun arttığı (Gutierrez ve ark., 1990; Lloyd ve ark., 1995) ve apikal mikrosızıntının önemli oranda azaldığı rapor edilmiştir (Karagöz-Küçükay ve Bayırlı, 1994).

2.3. Smear Tabakasının Uzaklaştırılmasında İrrigasyonun Rolü:

Kök kanal yapısında mevcut olabilen yan kanalların, dallanmaların ve dentin tübüllerinin dezenfeksiyonunu, kök kanallarının şekillendirilmesi ile etkin bir şekilde yapmak mümkün değildir. Bu yüzden kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi öncesinde ve sırasında sık aralıklarla nekrotik materyali çözücü antimikrobiyal özellikte bir solüsyon uygulanması gerektiği bildirilmiştir (Zakariasen ve ark., 1986).

Kök kanal sisteminde etkin bir dezenfeksiyon için irrigasyon solüsyonlarında bulunması gereken özellikler şöyle sıralanmaktadır (Chow, 1983; Alaçam, 2000; Torabinejad ve ark., 2002):

1. Kök kanal dentininin organik ve inorganik yapılarını etkileyerek smear tabakasını tamamen kaldırmalıdır.
2. Düşük yüzey gerilimine sahip olmalıdır.
3. Dentin tübüllerine penetre olabilmeli ve kök kanal sistemini dezenfekte edebilmelidir.
4. Etkinliği açısından kanalda kolay nötrale olmamalıdır ve kullanımdan sonra rezidüel antibakteriyel aktivitesini sürdürebilmelidir.
5. Solusyondaki antibakteriyel ajanların dentin tübüllerine penetrasyonunu sağlamalıdır.

6. Dişin çevre dokularına antijenik, toksik ve karyojenik etki göstermemelidir. Periradiküler dokuları irrite etmemelidir.
7. Açıktaki dentin dokusunun fiziksel özelliklerine olumsuz etkisi olmamalıdır.
8. Kanal dolgu maddesine olumsuz etkisi olmamalıdır.
9. Daimi kuronal restorasyonların pulpa odası duvarına bağlanma kuvvetine olumsuz etki göstermemelidir.
10. Dişin rengini değiştirmemelidir.
11. Uygulanması kolay olmalıdır.
12. Maliyeti düşük olmalıdır.
13. Raf ömrü uzun olmalıdır.
14. Saklanma kolaylığı olmalıdır.
15. Kayganlaştırıcı özelliği olmalıdır.

Kök kanalı içine uygulanan irrigasyon ajanlarının dezenfekte edici etkisinin artmasında, smear tabakasının uzaklaştırılması ve dentin tübüllerinin girişinin açık olmasının önem taşıdığı bildirilmiştir (Orstavik ve Haapsalo, 1990).

2.4. Smear Tabakasının Uzaklaştırılmasında Uygulanan Yöntemler:

Smear tabakası kimyasal, mekanik yöntemlerle veya lazer kullanılarak uzaklaştırılabilir (Torabinejad ve ark., 2002).

1) Kimyasal Yöntemler

- 1- Sodyum hipoklorit (NaOCl)
- 2- Şelasyon ajanları
 - Sıvı şelatörler
 - Viskoz şelatörler
- 3- Asitler
- 4- Tetrasiklinler
- 5- Diğerleri

2) Mekanik Yöntemler

- 1- Sonik sistemler
- 2- Ultrasonik sistemler

3) Lazer uygulaması

2.4.1. Kimyasal Yöntemler:

Kök kanallarından smear tabakasının uzaklaştırılması için irrigasyon solüsyonlarının kimyasal etkinliklerinden yararlanılmaktadır. Bu solüsyonların temel kullanım amacı, kanal aletlerinin kesici etkinliğini artırmak ve debrisı uzaklaştırmaktır. Bu amaçla günümüzde NaOCl, şelasyon ajanları, organik asitler veya bu materyallerin birlikte kullanımından yararlanılır (Ingle, 1985).

Mader ve arkadaşları (1984), kök kanal tedavisinde kullanılan irrigasyon solüsyonlarının etkinliklerinin; uygulanan enjektörün tipine, kök kanalının boyutuna, kök kanal dentininin sertliğine, uygulanan solüsyonun penetrasyon derinliğine, konsantrasyonuna, uygulama süresine ve solüsyonun pH'sına bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Cunningham ve Balekjian (1980) ise bu etkinin solüsyonun kimyasal yapısına, miktarına, ısısına, tazeliğine, yüzey gerilimine ve dentinle temas süresine bağlı olarak değiştiğini belirtmişlerdir.

2.4.1.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)

Sodyum hipoklorit, seyreltilmiş kostik sodanın sıvı veya gaz halinde bulunan klorinle reaksiyona girmesi sonucu oluşan yeşilimsi bir sıvıdır. Fransız kimyacı Berthollet tarafından 1788 yılında keşfedilen NaOCl, dezenfektan olarak ilk kez 1847 yılında Semmelweis tarafından kullanılmıştır. % 1'lik NaOCl' nin % 1'lik sodyum bikarbonata seyreltilmesi ile elde edilen ve “Dakin solüsyonu” olarak adlandırılan ilk orijinal % 0.5'lik NaOCl solüsyonu Birinci Dünya Savaşında yaraların dezenfeksiyonunda kullanılmıştır. 1919 yılında NaOCl solüsyonunu endodonti pratiğinde ilk kullanan Coolidge'dir. Kuzey Amerika'da diş hekimliği klinik uygulamalarında ilk olarak % 0.5 olarak kullanılan konsantrasyonları, günümüzde %5'e kadar yükseltilmiştir (Dakin, 1915).

NaOCl piyasada iki şekilde bulunur (Trepagnier ve ark., 1977):

- Birinci sınıf solüsyonlar sanayide kullanılmaktadır. Aktif klor miktarları % 12-15 arasında değişmektedir.

- İkinci sınıf solüsyonlar ise aktif klor içeriği % 5- 5.5 arasında değişir. Özellikle evde çamaşır suyu olarak kullanılan solüsyonlardır ve dünyanın pek çok ülkesinde kök kanal tedavisinde kullanılmaktadır.

Uzun yıllardan beri NaOCl endodontik tedavide % 0.5 ve % 10 arasında çeşitli konsantrasyonlarda kullanılmaktadır. Günümüzde NaOCl'nin hangi konsantrasyonlarda daha etkin antimikrobiyal aktivite gösterdiğine dair ortak bir görüş bulunmamaktadır (Byström ve Sundqvist, 1983, 1985). Bazı çalışmalar; % 0.5 ile % 5 arasında antimikrobiyal etkinlik açısından fark bulunmadığını belirtirken (Pashley ve ark., 1985; Byström ve Sundqvist, 1985), bazı çalışmalar ise NaOCl'nin sulandırıldığında etkisinin belirgin olarak azaldığını ileri sürmektedir (Şen ve ark., 1999; Siqueira ve ark., 2000).

NaOCl; nekrotik dokuları çözebilmesi, enfekte kök kanalında bulunan birçok mikroorganizmaya karşı antimikrobiyal özellik göstermesinden dolayı son çeyrek yüzyılda en yaygın kullanılan irrigasyon solüsyonudur (Gordon ve ark., 1981). NaOCl'nin dentin organik yapısını çözdüğü, dentin geçirgenliğini önemli oranda arttırdığı bildirilmiştir (Barbosa ve ark., 1994). Bununla birlikte; bu materyalin dar ve yan kanalların yıkanmasında yetersiz olması (Ram, 1977), yüksek konsantrasyonlarda kullanıldığı zaman periapikal dokularda toksik etki göstermesi (Gordon ve ark., 1981), kötü tat ve kokusunun olması (Segura ve ark., 1999), enfekte kök kanallarındaki bakterileri tamamen yok edememesi (Sjögren ve ark., 1997) gibi dezavantajlara sahip olduğu rapor edilmiştir.

NaOCl'nin doku çözücü etkisinin; solüsyonların konsantrasyonuna, pH'sına, hacmine, ısısına, sürekli yenilenmesine, ultrasonik kullanarak solüsyona mekanik titreşimlerin uygulanmasına, organik doku miktarına ve yüzey alanına, doku tipine ve dokuların solüsyona maruz kalma süresine bağlı olduğu gösterilmiştir (Senia ve ark., 1971; Gordon ve ark., 1981). Yapılan çalışmalar, NaOCl' in % 1-6 arasında değişen konsantrasyonlarının serbest kalmış debris kök kanallarından uzaklaştırmada etkili olduğunu göstermiştir (Baumgartner ve ark., 1984; Baumgartner ve Mader, 1987; Wesselink ve Bergenholtz, 2003). Aynı zamanda NaOCl'nin dentin tübüllerinin geçirgenliğini artırarak kanal içinde kullanılan maddelerin difüzyonunu kolaylaştırdığı,

şelasyon maddeleri ile birlikte kullanıldığında, bu maddelerin etkinliklerini arttırdığı bildirilmiştir (Ruddle, 2002).

Endodontik tedavide kullanılacak irrigasyon solüsyonlarının seçiminde, antimikrobiyal etkinliklerinin yanı sıra enfekte dentin kanallarına penetrasyonları ve smear tabakasını kaldırabilmeleri de önem taşır. Bununla birlikte günümüzde hiçbir solüsyonun tek başına bu özellikleri bir arada taşımadığı bilinmektedir. Sodyum hipokloritin güçlü bir organik doku eritici olduğu ve kanal genişletme sırasında ortaya çıkan debrisı uzaklaştırabildiği halde, eğeleme sonucu kanal duvarında oluşan smear tabakasını kaldıramadığı belirtilmektedir (Baumgartner ve ark., 1984; Baumgartner ve Mader, 1987; Orstavik ve Haapsalo, 1990). Smear tabakasını yer değiştirmiş inorganik dentin içinde var olan organik materyal olarak tanımlayan Lester ve Boyde (1977), örneklerin % 5'lik NaOCl içinde üç gün bekletilmesinin bile smear tabakasını uzaklaştırmada yetersiz kaldığını belirtmişlerdir.

Smear tabakasının organik ve inorganik bileşenlerinin etkili bir şekilde uzaklaştırılması için genellikle endodontik şelatör solüsyonlarının kullanımı sonrası NaOCl kullanımı tavsiye edilmektedir (Yamada ve ark., 1983; Arı ve ark., 2004). NaOCl'nin bir şelasyon ajanı olmamasına rağmen, solüsyonun konsantrasyonuna bağlı olarak yüzeysel kök dentinindeki kalsiyum-fosfat oranını (Ca/P) ve sertliğini azalttığı bildirilmiştir (Yamada ve ark., 1983; Doğan ve Çalt, 2001; Slutzky-Goldberg ve ark., 2004; Arı ve ark., 2004; Arı ve Erdemir, 2005).

2.4.1.2. Şelasyon Ajanları

Smear tabakasının bileşenleri büyük yüzey/kütle oranına sahip asitle çözünebilen çok küçük partiküllerdir. Bu özelliklerinden dolayı smear tabakasını uzaklaştırmak için şelasyon ajanları ve asitler denenmiştir (Pashley, 1992).

Şelat kelimesi, Yunanca “yengeç kısıkaçı” anlamına gelen “chele” kelimesinden köken alır. Şelatlar, metal iyonları ile organik maddeler arasında halka şeklindeki bağlardan oluşan kısmen kararlı komplekslerdir. Merkezdeki metal iyonu ile

çevresindeki birden fazla bir çift serbest elektrona sahip şelatörler arasında oluşan bağ sebebiyle bu kararlılık oluşur. Şelatörlerin metal iyonlarına bağlanma ve inaktive etme yeteneği tıpta geniş çapta kullanılmaktadır (Hülsmann ve ark., 2003).

Şelatörler endodontik tedavide ilk olarak Nygaard-Ostby (1957) tarafından kullanılmıştır. Klinik olarak kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi sırasında oluşan smear tabakasını ortadan kaldırmak için kullanılabilir (Goldberg ve Spielberg, 1982).

Kök kanallarındaki smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla en çok bilinen şelasyon ajanı EDTA'dır. EDTA'nın içeriğine çeşitli materyaller eklenerek elde edilen şelatörler sıvı veya viskoz şekilde formüle edilmişlerdir (Stewart, 1955).

Sıvı şelatörler

- Calcinase (Lege artis, Dettenhausen, Germany): % 17'lik sodyum edetat, saf su ve sodyum hidroksit içerir (Pawlicka ve ark., 1981).
- REDTA (Roth International, Chicago, IL., USA): % 17'lik EDTA solüsyonuna yüzey sertliğini azaltmak için 0.84 g Setrimet, 9.25 ml 5 mol sodyum hidroksit ve 100 ml distile su eklenmesiyle elde edilmiştir (Pawlicka ve ark., 1981).
İlk olarak McComb ve Smith (1975) REDTA'nın smear tabakasını uzaklaştırabildiğini göstermişlerdir. Goldman ve arkadaşları (1982) tek başına kullanıldığı zaman REDTA'nın inorganik yapıyı uzaklaştırdığını, organik yapıyı bıraktığını göstermişlerdir.
- EDTAC ve DTPAC: % 15'lik EDTA ve dietil triamin penta asetik asitten oluşur. 100 ml solüsyona 0.75 g setritrimetil amonyum bromid eklenir (Pawlicka ve ark., 1981).
- EDTA-T (Formula ve Açaço Farmacia, Sao Paulo, Brazil): % 17'lik EDTA solüsyonuna deterjan olarak sodyum lauril eter sülfat tergentol eklenmesi ile elde edilir (Scelza ve ark., 2000).
- EGTA (Sigma, St Louis, MO, USA): Etilen glikol bis (β -amino-etil-eter)-N,N,N¹-N¹- tetra asetik asitten oluşur (Çalt ve Serper, 2000).

- CDTA: Siklohekzan-1,2-diamintetra asetik asitin % 1'lik solüsyonudur (Cruz-Filho ve ark., 2001).
- Largal Ultra (Septodont, Paris, France): % 15'lik EDTA, % 0.75 setrimit ve sodyum hidroksit içerir (Kaufman ve ark., 1978).
- Salvizol (Ravens, Kontanz, Germany): Propilen glikol içindeki % 5 aminokuinaldiniumdiasetattan oluşur (Kaufman ve ark., 1978).
- Decal (Veikko Auer, Helsinki, Finland): % 5.3 oksil asetat, % 4.6 amonyum oksil asetat ve % 0.06 setrimitten oluşur (Scarfe ve ark., 1995).
- Tubulucid Plus (Dental Therapeutics, Nacka, Sweden): 1.5 g amfoterik-2, 0.5 g benzalkoniklorit, 3 g disodyum EDTA dihidrat, fosfat tampon solüsyonu, 100 g distile su ve % 50 sitrik asitten oluşur (Scarfe ve ark., 1995).
- Hypaque: % 5 NaOCl, % 17 EDTA ve hypaque içerir. Anjiografi ve arteriografi için kullanılan yüksek konsantrasyonda enjekte edilebilen bir boyadır (Scarfe ve ark., 1995).
- Soluset (Endo Technic Co., France): Açık formülü bilinmemektedir. EDTA, üre peroksit ve polietilen glukol içermektedir. Suda çözünmediğinden dolayı solüsyonun etkinliği artmaktadır. Kullanımından sonra kanaldan kendiliğinden uzaklaştığı bildirilmiştir (Küçükay, 1990).

Viskoz şelatörler

- Calsinase slide (Lege artis, Dettenhausen, Germany): % 15'lik sodyum EDTA ve % 58- 64 su içerir (Hülsmann ve ark., 2003).
- RC-Prep: % 10 üre peroksit, % 15 EDTA ve glikolden oluşur (Stewart ve ark., 1969).
- Glyde file: Sıvı solüsyon içinde % 15 EDTA ve % 10 üre peroksitten oluşur (Hülsmann ve ark., 2003).
- FileCareEDTA (VDW Antaeos, Munich, Germany): % 15 EDTA ve % 10 üre peroksit içerir (Hülsmann ve ark., 2003).
- File-EZE (Ultradent Protucts, South Jordan, UT, USA): % 19 EDTA içerir (Hülsmann ve ark., 2003).

EDTA solüsyonu yıllardan beri kullanımı önerilen en önemli şelasyon ajanıdır. İlk üretilen EDTA solüsyonu % 15'lik konsantrasyonda olup, içeriğinde disodyum tuzu (17.00g), distile su (100.00 ml) ve 5 M (mol) sodyum hidroksit (9.25 ml) bulunmaktadır (Hülsmann ve ark., 2003). EDTA solüsyonunun diş sert dokular üzerindeki demineralize edici etkisi ilk olarak 1951 yılında rapor edilmiştir (Hahn ve Reygadas, 1951).

Saf haldeki EDTA çözünmez, kokusuz, kristal yapıda beyaz bir tozudur. Yeterli miktarda tamponlanarak hazırlanan % 15, % 17, % 20'lik konsantrasyonlarda sitotoksik ve iritan özelliklerinin azaldığı ve yeterli dezenfektan etki gösterdiği bildirilmektedir (Goldman ve ark., 1981).

Kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesinde EDTA irrigasyon solüsyonu olarak sınırlı bir değere sahiptir. Genellikle EDTA solüsyonunun % 17'lik konsantrasyonda kullanılması önerilmektedir. Yüksek konsantrasyonda kullanıldığında 50 µm kalınlığında kök kanal duvarını dekalsifiye edebilmektedir. Bu miktar kök kanalının karşılıklı iki duvarı düşünüldüğünde 100 µm'dir ve bu ebat 10 numaralı kanal eğesine eşdeğerdir (Weller ve ark., 1980). Kök kanal yüzeyine EDTA'nın sıvı formu uygulandığında 1 dakikadan daha kısa sürede smear tabakası uzaklaştırılmaktadır. EDTA solüsyonunun etkisinin devam edebilmesi için yavaş ve uzun süreli irrigasyon yapılmalıdır. EDTA solüsyonuna, 50 µm kalınlığındaki kök kanal duvarını dekalsifiye edebilecek yeterli süre verildiğinde saç kılı kalınlığındaki bir kanalı açabilme özelliğine sahiptir. (Goldberg ve Spielberg, 1982).

EDTA solüsyonunun aktivitesi zamanla azalmaktadır. NaOCl ile birlikte kullanıldığında şelasyon özelliğinin inaktive olduğu, ancak dezenfeksiyon etkisinin arttığı belirtilmektedir (Goldberg ve Spielberg, 1982). İnaktive edilmediği sürece kanalın içinde 5 gün aktif kalabileceği ve apikal forameni geniş olan dişlerde kanal dışına sızarak periapikal dokulara zarar verebileceği için EDTA uygulamasından sonra etkinin sürekliliğini ortadan kaldırmak amacıyla kök kanalın NaOCl ile yıkanması gerektiği bildirilmiştir (Weine, 1982). Bazı araştırmacılar NaOCl'nin tek başına kullanımının smear tabakasının tamamını uzaklaştırmadığını göstermişlerdir. Goldman

ve arkadaşları (1982), Yamada ve arkadaşları (1983) ile Baumgartner ve Mader (1987) yaptıkları çalışmalarda smear tabakasını uzaklaştırmada EDTA ve NaOCl solüsyonlarının birlikte kullanımının etkili olduğunu göstermişlerdir.

Birçok çalışmada, % 17'lik EDTA solüsyonu ile yapılan irrigasyonun, kök kanal duvarlarını iyi bir şekilde temizlediği ve smear tabakasının uzaklaştırılmasından sonra dentin tübüllerinin net olarak görülebildiği bildirilmiştir (McComb ve Smith, 1975; Goldberg ve Abramovich, 1977; Goldman ve ark., 1981; Baumgartner ve Mader, 1987; Cergneux ve ark., 1987; Aktener ve Bilkay, 1993; Çalt ve Serper, 2000; Di Lenarda ve ark., 2000; O'Connell ve ark., 2000; Scelza ve ark., 2000). Aynı zamanda peritübüler dentinin yıkımından dolayı tübül ağzlarının genişlediği (Goldberg ve Abramovich, 1977; Cergneux ve ark., 1987; Meryon ve ark., 1987; Hottel ve ark., 1999; Çalt ve Serper, 2000), hatta bazı çalışmalarda dentin tübüllerinin erozyonunun tespit edildiği belirtilmiştir (Çalt ve Serper, 2002; Niu ve ark., 2002; Torabinejad ve ark., 2002).

O'Connell ve arkadaşlarının (2000) EDTA' nın % 15'lik alkalin tuzu, % 15'lik asit tuzu ve % 25'lik alkalin tuzunun smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini karşılaştırdıkları çalışmalarında, bütün gruplarda kök kanallarının koronal 2/3'ünden smear tabakasının uzaklaştırıldığını göstermişlerdir. Bununla birlikte; hidroklorür ile pH'sı yükseltilmiş alkalin tuzunun daha ekonomik olduğunu ve en az asit tuzu içeren EDTA kadar etkili olduğunu bulmuşlardır.

Aktener ve Bilkay (1993) EDTA ve etilendiamini birleştirdikleri tek bir solüsyonla şekillendirilen kök kanallarından smear tabakasının hem organik hem de inorganik bileşenlerinin uzaklaştırılma etkinliğini incelemişler ve birçok açık dentin tübülü görüntülemelerine rağmen, bu kombinasyonun etkinliğini belirlemek için yeni çalışmalara ihtiyaç olduğunu rapor etmişlerdir.

Goldberg ve Abramovich (1977) temizleme ve antimikrobiyal kapasitesini arttırmak için EDTA solüsyonuna 0.84 gr kuarter amonyum bileşiği bir deterjan ekleyerek EDTAC adında yeni bir ürün geliştirmişlerdir. Böylece irrigasyon

solüsyonunun yüzey geriliminin düşürüldüğü, kanal duvarlarının ıslatıldığı ve şelatörlerin dentine penetre olma kabiliyetinin arttırıldığı bildirilmiştir. Goldberg ve Spielberg (1982) tarafından EDTAC solüsyonunun smear tabakasını uzaklaştırmada çok etkili olduğu, 15 dakikada en üst noktaya ulaştığı ve açık dentin tübüllerinin çapını artırdığı gösterilmiştir. Kaufman ve arkadaşları (1978) tarafından yapılan çalışmada, EDTAC ile Salvizol'ün smear tabakasının uzaklaştırılması üzerine etkinlikleri incelenmiş olup, EDTAC' ın Salvizol'den daha iyi temizleme etkisine sahip olduğu gösterilmiştir.

Çalt ve Serper (2000) smear tabakasını kaldırması ve EDTA'nın aksine dentin tübüllerinde erozyona yol açmamasından dolayı EGTA'yı EDTA'ya alternatif olarak tavsiye etmişlerdir.

Ram ve arkadaşları (1980) tarafından yapılan çalışmada, % 15'lik EDTA, RC Prep ve Salvizol'ün zamana bağlı etkinlikleri araştırılmış olup, EDTA solüsyonunun 15. dakikada dentin artıklarının temizlendiği, 24. saatte ise daha düzenli bir dentin yüzeyi elde edildiği belirtilmiştir.

Mader ve arkadaşları (1984) tarafından yapılan çalışmada, otoradyografik yöntem kullanılarak % 17'lik EDTA'nın uygulama süresi ile etkinliği arasındaki ilişki değerlendirilmiş olup, 5. dakikada başlayan etkinliğin 30. dakikaya kadar arttığı, bu süreden sonra 24. saate kadar herhangi bir değişikliğin görülmediği bildirilmiştir. Morgan ve Baumgartner (1997) smear tabakasının uzaklaştırılma miktarının materyalin pH'sı ve uygulama süresi ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Hülsmann ve Herkendorff (2002) H_2O_2 ve NaOCl'nin kombine kullanımı ile Calsinase Slide, RC-Prep ve Glyde File Prep jellerinin 5 dk uygulanmasının smear tabakasının uzaklaştırılması üzerine etkinliklerini karşılaştırmışlardır. Sonuçta, Calsinase Slide'nin kanalın koronal ve orta üçte birlik bölgesindeki smear tabakasını diğerlerinden önemli oranda daha iyi temizlediğini göstermişlerdir. Ayrıca, kök kanal duvarının temizliğinin apekte doğru gidildikçe azaldığını ancak kanalın apikal bölgesinde gruplar arasında hiçbir fark bulunmadığını belirtmişlerdir.

Lim ve arkadaşları (2003) smear tabakasını uzaklaştırmada % 17'lik EDTA ile irrigasyon yapılmasının veya Glyde™ File jel kullanımının NaOCl kullanımından daha etkili olduğunu göstermişlerdir. Grandini ve arkadaşları (2002) ProFile NiTi döner aletleriyle kök kanal genişletmesi yaptıktan sonra Glyde™ File Prep ve % 2.5'luk NaOCl'nin kullanımının, yalnızca NaOCl veya serum fizyolojik ile yapılan irrigasyon işlemlerine göre kök kanallarını daha iyi temizlediğini belirtmişlerdir.

Moser ve Heuer (1982) tüm kanal boyunca ilerleyebilen ucu açık enjektörlerin kullanımının uygulanan irrigasyon solüsyonunun temizleme etkinliğini arttırdığını bildirmişlerdir. Yine Abou-Rass ve Piccinino (1982), kök kanallarından debrisin uzaklaştırılmasında dört farklı irrigasyon yönteminin etkinliğini inceledikleri çalışmada, apikal üçte birlik bölgeye kadar ulaşan anesteziik iğneler (30 gauge) ile uygulanan solüsyonun kök kanal duvarları ile direk temasta olmasının materyalin etkinliğini arttırdığını belirtmişlerdir.

2.4.1.3. Asitler

Smear tabakasının uzaklaştırılmasında sitrik asit, laktik asit ve tannik asit gibi mineral asitlerin de kullanılabileceği bildirilmiştir (Loel, 1975; Wayman ve ark., 1979).

Baumgartner ve arkadaşları (1984) da % 50'lik sitrik asitin eğelenmiş kök kanal yüzeyinden smear tabakasını uzaklaştırmak için etkili bir irrigasyon solüsyonu olduğunu göstermişlerdir. Loel (1975) kök kanallarının şekillendirilmesi sonrası kanalların % 50'lik sitrik asit solüsyonu ile yıkandığında rezin esaslı kök kanal dolgu materyalleri ve güta-perkanın dentin tübülleri üzerine daha iyi adapte olduğunu bildirmiştir. Wayman ve arkadaşları (1979) smear tabakasını uzaklaştırmak için %50'lik laktik asitin, % 50'lik sitrik asitten daha az etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı araştırmacılar; smear tabakasını uzaklaştırmak için % 10'luk sitrik asit ve ardından %2.5'luk NaOCl kullanımının daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Fogel ve Pashley (1990) % 5'lik NaOCl ve % 50'lik sitrik asiti dentin geçirgenliği yönünden karşılaştırdıkları araştırmalarında, % 50'lik sitrik asitin dentin geçirgenliğini arttırdığını, ancak % 5'lik NaOCl'nin etkisiz kaldığını belirtmişlerdir.

Bitter (1989) smear tabakasının kaldırılmasında % 25'lik Tannik asit kullanımının etkili olduğunu rapor etmiştir. Sabbak ve Hassanin (1998) ise % 25'lik Tannik asitin kök kanallarından smear tabakasını uzaklaştırmada etkisiz olduğunu bildirmişlerdir.

Berry ve arkadaşları (1987) % 40 poliakrilik asitin smear tabakasını uzaklaştırmada çok etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, bu asidin kuvvetli etkisinden dolayı kök içersine 30 saniyeden daha uzun süre uygulanmaması gerektiğini belirtmişlerdir. Walton ve Rivera (2002) ise, asitlerin toksisitesinin fazla, dekalsifikasyon etkilerinin ise kontrol edilemeyecek kadar hızlı olması nedeniyle kök kanallarında kullanımını tavsiye etmemişlerdir.

2.4.1.4. Tetrasiklinler:

Tetrasiklin-HCl, minosiklin, doksisisiklin içeren tetrasiklinler mikroorganizmalara karşı etkili olan geniş spektrumlu antibiyotiklerdir. Tetrasiklinler antimikrobiyal etkilerinin yanı sıra birçok özelliğe sahiptir. Konsantre edilmiş tetrasiklin solüsyonlarının pH'sı düşük olduğundan kalsiyum şelatörü olarak da rol oynarlar ve mine ve kök yüzeyinin demineralizasyonunu sağlarlar (Bjorvatn, 1982). Tetrasiklin ve sitrik asitin kullanımları sonrası dentin yüzeyinde oluşan demineralizasyonlar benzerlik gösterir. Bu amaçla kullanılan tetrasiklinlerin dentin tübüllerinin ağzını genişlettiği ve dentinin kollajen matriksini etkilediği bildirilmiştir. Bu etkiyi de fibroblastların bağlanmasını ve büyümesini stimüle eden bir matriks ile sağladığı belirtilmektedir (Terranova ve ark., 1986). Barkhordar ve arkadaşları (1997) eğelenmiş kök kanal yüzeyinden smear tabakasının uzaklaştırılmasında doksisisiklin-HCl'nin etkili olduğunu göstermişlerdir. Haznedaroğlu ve Ersev (2001) tarafından yapılan çalışmada; eğelenmiş kök kanal yüzeylerinden smear tabakasının kaldırılmasında % 50'lik sitrik asit ve % 1'lik tetrasiklin-HCl kullanılabileceği bildirilmiştir.

2.4.1.5. Diğerleri:

Oksin türevleri; bakteri, küf, mantar karışımı sonucu oluşan enfeksiyonlara karşı antimikrobiyal etkili materyaller olarak bilinirler. Dekualinum klorit ve asetat bu grupta yaygın olarak kullanılan materyallerdir. Pastil ve toz formları kadar propilen glikol ve etilen glikol gibi organik çözücülerdeki eriyikleri ile oluşan solüsyon formları da kullanıma sunulmuştur. Yapılan araştırmalarda endodontik tedavide, dentin yumuşatıcı ve dezenfeksiyon ajanı olarak bu materyallerin etkinliği incelenmiş ve toksisite testleri yapılarak güvenilirliği kanıtlanmıştır (Kaufman, 1981; Kaufman ve Greenberg, 1986). Diğer şelasyon ajanları ile karşılaştırıldığında daha düşük toksisiteye sahip olduğu gözlenmiştir. Bu materyalin % 5'lik konsantrasyonunun kök kanallarının temizlenmesinde, % 14'lük EDTA'dan daha etkili olduğu, kullanımı sonrasında dentin tübüllerinin daha iyi genişlediği bildirilmiştir. Bis-dekualinum-asetat'ın (BDA) periodonsiyum içindeki dokular tarafından iyi tolere edildiği, düşük yüzey gerilimine sahip olduğu, egelemeyle ulaşılamayan boşluklara da yayıldığı bildirilmiştir (Kaufman ve ark., 1978; Kaufman,1981).

Klorheksidin glukonat; sıklıkla periodontal tedavide kullanılan, biyolojik olarak uyumlu, geniş antimikrobiyal spektruma ve rezidüel antimikrobiyal aktiviteye sahip olması nedeniyle kök kanal irrigasyon solüsyonu olarak apeksi açık dişlerde kullanılabileceği rapor edilmiştir (White ve ark., 1997; Ferraz ve ark., 2001). %2'lik solüsyon ve jel şeklinde üretilen (Ferraz ve ark., 2001) bu materyalin doku çözücü özelliğinin olmaması ve dentin tübüllerini tıkayan, kök kanal duvarlarına yapışık debrisleri uzaklaştıramaması gibi dezavantajlarının olduğu bildirilmiştir (Kuruvilla ve Kamath, 1998).

Son yıllarda, papatya hidroalkolik özü (*Marticaria recutita*) ve çay ağacı yağı (*Melaleuca alternifolia*) gibi **bitkisel ürünlerin**, biyoyumlu olmaları, antiinflamatuvar etkileri (Soukoulis ve Hirsch, 2004), antimikrobiyal etkileri (Martins ve ark., 2001), ve smear tabakasını uzaklaştırma etkinlikleri (Sadr Lahijani ve ark., 2006) sebebiyle endodontik tedavide kullanılabileceği rapor edilmiştir.

Günümüzde, içeriği tetrasiklin izomeri, asit ve deterjan karışımı olan **BioPure MTAD**; eğelenmiş kök kanallarından smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla önerilmiştir (Torabinejad ve ark., 2003a). Bu amaçla, % 3'lük doksisisiklinin, % 4.25'lik sitrik asit ve % 0.5'lik polisorbit 80 deterjan MTAD solüsyonunda birleştirilerek kullanıma sunulmuştur (Torabinejad ve Johnson, 2003d). Biyouyumlu bir kanal içi irrigasyon ajanı (Zhang ve ark., 2003) olan bu materyal ticari olarak toz ve likitten oluşur. Bu üründe, geniş spektrumlu antibiyotiğin suda çözünürlüğünü artırmak için serbest baz olan doksisisiklin monohidrat yerine 4-(dimetilamino)-1,4,4a,5,5a,6,11,12a-oktahidro- 3,5,10,12,12a- pentahidroksi-6- metil- 1,11- dioksi-2- nafitasenekarboksamit monohidroklorit hemietanolat hemihidrat (doksisisiklin hislat) kullanılmıştır (Bogardus ve Blackwood, 1979).

MTAD'nin kök kanallarındaki smear tabakasını uzaklaştırmada etkili olduğu (Torabinejad ve ark., 2003b), geleneksel endodontik irrigasyon solüsyonlarına ve patlara direnç gösteren mikroorganizmaları elimine ettiği (Shabahang ve Torabinejad, 2003) ve doksisisiklinin dış sert dokularına bağlanma kabiliyetinden dolayı antimikrobiyal aktivitenin sürekliliğini sağladığı (Baker ve ark., 1983) bildirilmiştir. Bu materyalin EDTA solüsyonuna benzer şekilde, smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini artırmak için NaOCl ile birlikte kullanımı önerilmiştir (Torabinejad ve ark., 2003b). Clegg ve arkadaşları (2006) % 6'lık NaOCl solüsyonunu takiben BioPure MTAD kullanımının en etkili antimikrobiyal ajan olduğunu göstermiştir.

MTAD solüsyonunun antimikrobiyal özelliklerinin NaOCl ve EDTA ile karşılaştırıldığında daha üstün olduğu bildirilmiştir (Torabinejad ve ark., 2003c). Shabahang ve arkadaşları (2003); tükürük ile kontamine olan kök kanallarının dezenfeksiyonunda MTAD ve % 5.25'lik NaOCl solüsyonlarının etkinliğini karşılaştırdıkları çalışmada MTAD solüsyonunun daha etkili bulunduğunu rapor etmişlerdir. Beltz ve arkadaşları (2003) MTAD solüsyonunun EDTA solüsyonuna benzer şekilde pulpa ve dentin üzerinde az da olsa çözücü etkisi olduğunu bulmuşlardır.

Dunavant ve arkadaşları (2006) % 1 ve % 6'lık NaOCl ile Smear Clear, %2'lik klorheksidin, REDTA ve BioPure MTAD solüsyonlarının Enterococcus faecalis üzerine

olan antimikrobiyal etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında her iki konsantrasyondaki NaOCl solüsyonlarının diğer solüsyonlardan daha etkili olduğunu göstermişlerdir. Bununla birlikte, Kho ve Baumgartner (2006) *Enterococcus faecalis* ile enfekte edilmiş kök kanallarının apikal 5 milimetresinde % 5.25'lik NaOCl ve % 15'lik EDTA irrigasyonu ile % 1.3 NaOCl ve BioPure MTAD kullanımı arasında antimikrobiyal etkinlik açısından istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığını göstermişlerdir.

Torabinejad ve arkadaşları (2003c) MTAD solüsyonunun smear tabakasını güvenilir bir şekilde uzaklaştırdığını ve diğer antimikrobiyal ilaçlara karşı dirençli bir mikroorganizma olan *Enterococcus faecalis*'e karşı etkili olduğunu göstermiştir. Torabinejad ve arkadaşları (2003b) tarafından yapılan başka bir çalışmada; MTAD ve sodyum hipokloritin % 5.25, % 2.6, % 1.3 ve % 0.65'lik konsantrasyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda, smear tabakasını en iyi MTAD solüsyonunun uzaklaştırdığı ve MTAD kullanımından önce düşük konsantrasyonlarda sodyum hipoklorit kullanımının MTAD solüsyonunun etkinliğini artırdığı bulunmuştur.

2.4.2. Mekanik Yöntemler

2.4.2.1. Sonik ve Ultrasonik Sistemler:

Kök kanallarının temizleme ve şekillendirilmesi amacıyla sonik ve ultrasonik sistemler geliştirilmiştir (Torabinejad, 1994).

Sonik sistemler; hava basıncı ile çalışan düşük devirli angldruvalara takılan özel kanal aletleri (Rispi Sonic, Shaper Sonic, Heli Sonic eğeler gibi) ile 2-3 kHz'lik frekansta dönme hareketi yapmaksızın yatay yönde titreşim ve aşağı yukarı hareketle temizleme yapabilen aygıtlardır (Bayırlı, 1985).

Tronstad ve arkadaşları (1985) sonik aletlerle birlikte EDTA solüsyonu ve NaOCl solüsyonunun kullanılmasının etkinliklerini değerlendirmişler ve sonik aletlerle EDTA solüsyonu kullanımının daha etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Ultrasonik sistemler ise 25-30 kHz'lik frekans ile standart K tipi eğelerde sinusoidal salınım dalgaları oluşturarak temizleme işlemi yapan aletlerdir (Spangberg, 2002). Ahmad ve arkadaşları (1987) tarafından ultrasonik sistemlerin irrigasyon solüsyonu ile birlikte kullanımında, yüksek devir ve küçük eğeler ile maksimum düzeye ulaşan akustik akımın etkin bir şekilde debrisleri uzaklaştırdığı bildirilmiştir. Lumley ve arkadaşları (1992) debris uzaklaştırmak ve mikroakımı maksimum düzeyde kullanmak için sadece 15 numaralı eğenin kullanımını tavsiye etmektedirler.

Ultrasonik eğeleme tekniklerinde başarının, kanalın kurvatürü ve apikal bölgenin genişliğine, solüsyonun hacmi ve yüzeyi ıslatabilirliğine, ultrasonik enerjinin iletim biçimine bağlı olduğu bildirilmiştir (Ram, 1977; Walmsley, 1987).

Guerisoli ve arkadaşları (2002) tarafından ultrasonik sistemlerde 15 numaralı K tipi eğe kullanarak, distile su, % 15'lik EDTAC solüsyonu, % 1'lik NaOCl solüsyonu ve % 1'lik NaOCl ile % 15'lik EDTAC solüsyonlarının birlikte kullanımının smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmada, % 1'lik NaOCl ile %15'lik EDTAC solüsyonlarının birlikte kullanımının en etkili yöntem olduğu bildirilmiştir.

Cunningham ve arkadaşları (1982) ultrasonik aletler ve el aletleriyle kök kanallarının şekillendirme ve temizlenmesini karşılaştırdıkları çalışmada ultrasoniklerin etkinlikleri konusunda birçok avantajdan bahsetmişlerdir. Kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesinde geleneksel kanal eğelemesinden sonra, %3'lük NaOCl solüsyonunun 5 dk boyunca ultrasonikle aktive edilerek kullanımında smear tabakasının daha etkin bir şekilde uzaklaştırılabileceği ileri sürülmüştür (Cameron, 1983). Yine aynı araştırmacı, 2 dk boyunca ultrasonik eğeleme ve % 4'lük NaOCl kullanımının smear tabakasını tamamen uzaklaştırdığını göstermiştir (Cameron, 1988).

Huque ve arkadaşları (1998) ultrasoniklerin % 12'lik NaOCl solüsyonunun etkinliğini arttırdığını ve kök dentininin derin tabakalarında bile bakterileri uzaklaştırdığını göstermişlerdir. Buna karşılık, bazı araştırmacılar da her iki yöntemin etkinliklerini karşılaştırdıklarında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir (Weller ve ark., 1980; Cymerman ve ark., 1983). Baumgartner ve Cuenin (1992) de ultrasoniğin en yüksek gücünde kullansalar bile kök kanallarından smear tabakasının uzaklaştırılamadığını gözlemlemişlerdir. EDTA solüsyonu ultrasonikler ile birlikte kullanıldığında, ultrasoniklerin EDTA solüsyonunun temizleme etkisini arttırmadığı (Ciucchi ve ark., 1989), belirli bir süre uygulandıktan sonra etki gösteren solüsyonların kullanım süresini kısalttığı için şelatörün demineralizasyon etkisini azalttığı bildirilmiştir (Abbott ve ark., 1991).

Ultrasonik sistemlerle birlikte NaOCl solüsyonunun kullanımının solüsyonun organik doku çözücü etkisini arttırdığı bildirilmiştir (Martin ve ark., 1980; Cunningham ve ark., 1982). Hatta tek başına nekrotik dokuları çözemeyen % 0.5'lik NaOCl solüsyonunun bile kanal temizleyici etkinliğinin ultrasonik aktivasyonu ve kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ön uygulaması sonucu arttığı tespit edilmiştir (Cymerman ve ark., 1983).

Cameron (1995) % 1- 4 NaOCl ve EDTA solüsyonları ile yapılan ultrasonik irrigasyonun sadece distile su ve NaOCl ile yapılan ultrasonik irrigasyondan daha üstün bir kök kanal temizliği yaptığını bildirmiştir. Bunun aksine, Walker ve del Rio (1989) tarafından, musluk suyu kullanarak yapılan kök kanal şekillendirilmesinde; el ile kullanılan kanal aletlerinin, farklı sonik ve ultrasonik sistemlerin etkinliklerinin incelendiği çalışmada yöntemler arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir.

Abbott ve arkadaşları (1991) EDTAC ile birlikte NaOCl kullanımının kanal duvarlarını temizlediğini, bununla birlikte ultrasoniklerin bu solüsyonların temizleme etkinliğini artırmadığını belirtmişlerdir.

2.4.3. Lazerle uzaklaştırma

Einstein’a göre, uygun boyuttaki bir fotonun hali hazırda bulunan bir moleküle çarpması halinde, aynı boyutlarda bir başka foton yayılacaktır. Bu olay moleküllerin özellikle daha yüksek bir seviyeye çıkmasına veya daha düşük bir seviyeye inmesine sebep olacaktır. Bir moleküle çarpan foton ile o molekülden salınan foton diğer iki fotonu üretecek olan başka iki moleküle çarpacaktır. Böylece bütün fotonların aynı yönde hareket ettiği bir reaksiyon şekli gerçekleşecektir. Bu etkiye “MASER” (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) denilmiştir. İçinde ışığın da bulunduğu herhangi bir dalga boyundaki bütün elektromanyetik dalgalara uygulanabilen “Maser Prensipli” 1958 yılında Amerikalı bir fizikçi olan Charles Hard Townes tarafından LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) olarak tanımlanmıştır (Midda ve Renton-Harper, 1991; Myers, 1991). Radyasyonun uyarılmış emisyonu ile ışığın güçlendirilmesi anlamına gelen LASER, “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” kelimelerinin baş harflerinden oluşur (Cengiz ve Önal, 1991).

Elektromanyetik spektrumun görülebilir bölgesindeki ilk lazer cihazı, Maiman (1960) tarafından kromiyum oksit ile kaplı alüminyum oksitten yapılmış Ruby adı verilen lazer, yakut kristali kullanılarak geliştirilmiştir. Diş hekimliğindeki ilk lazer denemeleri Goldman ve arkadaşları (1964) ile onları takiben Stern ve Sognnaes (1964) tarafından yapılmıştır (Kimura ve ark., 2000). Lazerin endodontide ilk olarak kullanımı Weichman ve Johnson (1971) tarafından yüksek güçlü kızıl ötesi CO₂ lazer ile apikal forameni tıkama girişiminin gerçekleştirilmesi ile başlamıştır.

2.4.3.1. Lazer Fiziği

Elektromanyetik spektrumda görülebilir ışık, radyo dalgaları, kızıl ötesi (infrared), mor ötesi (ultraviyole), X ışını (röntgen), gama ışını ve kozmik ışın bulunur. Görülebilir ışık, elektromanyetik spektrumun 0.38- 0.75 µm arasındaki küçük bir bölümünü kapsar (Frentzen ve Koort, 1990; Pick, 1993).

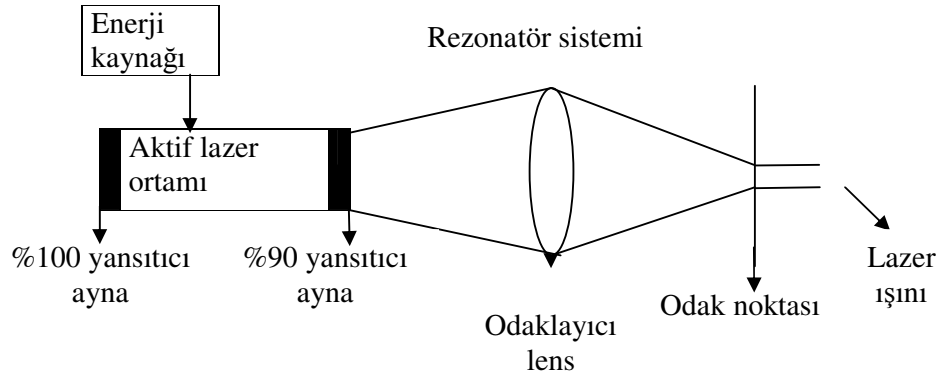
Lazer; görülebilir bölge, kızılötesi ve ultraviyole bölgedeki kromatik radyasyonu çeşitli frekanslardaki ışığa dönüştürebilen bir cihazdır (Kimura ve ark., 2000).

Lazer teknolojisinin temel ilkesi uyarılmış fotonların yayılması esasına dayanır (van Hillegersberg, 1997). Normal koşullarda atom içerisinde sabit durumda olan çekirdek yörüngesindeki elektronlar bir dış enerji kaynağı ile uyarıldığı zaman yörünge değiştirirler ve enerji yayarak tekrar eski kararlı hallerine dönebilirler (Floratos ve de la Rosette, 1999).

Lazer ışığının üç önemli özelliği vardır (Frentzen ve Koort, 1990; Cernavin ve ark., 1994, Floratos ve de la Rosette, 1999);

1. Tüm fotonlar aynı fazdadır, uyumludur (coherent).
2. Fotonlar birbirine paralel seyrederek (collimated).
3. Tüm fotonlar aynı dalga boyundadırlar (monochromatic).

Lazer sistemi; uyarıldığında fotonları üreten lazer ortamı, uyarma için enerji üreten uyarım kaynağı ve ışığın paralelliğini sağlayan rezonatör sistemi olmak üzere üç bölümden oluşur. Lazer ortamı, lazer ışığının dalga boyunu belirler ve katı, sıvı veya gaz olabilir (Floratos ve de la Rosette, 1999). Rezonans odasında bulunan lazer aktif maddesinin atomları, uyarım kaynağının verdiği enerji ile uyarılırlar. Bu şekilde elektronlar seviye değiştirir ve eski hallerine dönerken foton yayarlar. Ancak devamlı bir ışın için bu olayın tekrar tekrar meydana gelmesi gerekir. Bu fotonlar rezonans odasının bir duvarını oluşturan % 100 yansıtıcı aynadan yansıyarak, rezonans odasındaki diğer atomları etkilerler ve yeni bir uyarılma meydana getirirler. Güçlenmiş olan ışın % 90 yansıtıcı aynadan geçerek etki yerine ulaşabilirler (Midda ve Renton-Harper, 1991) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Lazer cihazının yapısı

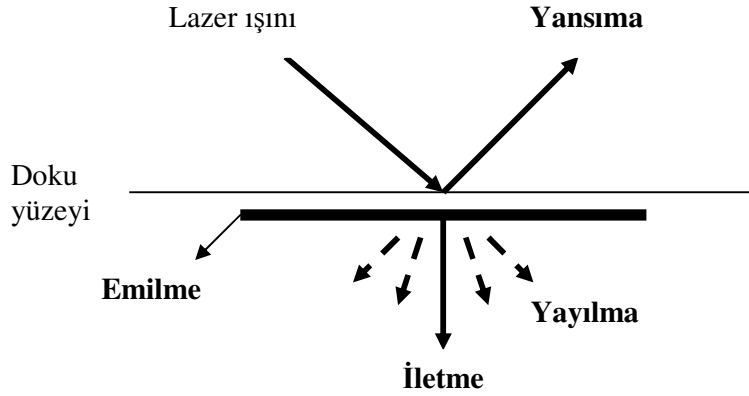
Lazer sisteminin özellikleri iki grupta toplanabilir (Cernavin ve ark., 1994):

- Lazer sisteminin özellikleri (dalga boyu, ışın modu, ışın tipi ve güç menzili)
- Kullanıcı kontrolündeki özellikler (çıkış gücü, ışın zamanı ve ışınlanma bölgesinin büyüklüğü)

Lazer ışığı, bölgeye temaslı “contact”, temassız “non-contact” uygulanabilir (Frentzen ve Koort, 1990).

2.4.3.2. Lazer-doku etkileşimleri

Lazer enerjisinin dokuda yarattığı etki birkaç fizik prensibi ile belirlenir. Herhangi bir dokuya lazer ışığı uygulandığında bu lazer enerjisi dokudan yansiyabilir (reflected), doku tarafından emilebilir (absorbed), daha derin dokulara iletilebilir (transmitted) ya da o doku içinde etrafa yayılabilir (scattered) (Neiburger ve Miserendino, 1988; Pick, 1993; Hall ve ark., 1994; Frentzen ve Koort, 1990) (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Lazerin doku üzerindeki etkileri

Lazer-doku etkileşiminde “*emilme*”, olması gereken öncelikli etkidir. Dokular tarafından emilen enerji miktarı dokunun pigmentasyon, su içeriği gibi özelliklerine bağlıdır (Coluzzi, 2004). Doku yüzeyine uygulanan lazer enerjisi çoğunlukla termal enerjiye dönüşerek, buharlaşmaya (vaporizasyon) ve doku çevresinde zarara sebep olur. Bu nedenle ışık kaynağına yakın olan dokularda daha fazla miktarda etkilenmenin olduğu, doku derinliği arttıkça bu etkinin giderek azaldığı bildirilmiştir. Lazer ışınının etkisinin azalıp, biyolojik etki göstermediği nokta, emilim derinliği olarak tanımlanmıştır (Kutsch, 1993; Pick, 1993). Doku yüzeyine lazer uygulandığında ortaya çıkan diğer bir etki doku yüzeyinden enerjinin geri “*yansıma*”sıdır. Yansıyan ışın çevre dokulara zarar verebilir. Çeşitli doku bileşenleri ile enerjinin iç yansıması ise “*yayılma*”dır. “*İletilme*”, enerjinin tamamen emilemeyerek, daha ziyade yayıldığını ve dokulara daha az transfer olduğu anlamına gelmektedir (van Hillegersberg, 1997). Penetrasyon derinliği ise, lazer enerjisinin dokunun alt tabakalarına yayıldığı en uzak mesafeyi ifade eder (Kutsch, 1993; Pick, 1993).

Lazer ışınının doku üzerine etkisini belirleyen faktörler (Wigdor ve ark., 1993);

1. Dokunun biyolojik yapısı,

- Absorbsiyon gücü
- Kan dolaşımı
- Mineral ve su oranı

- Yoğunluğu
2. Lazer ışınının özellikleri
- Dalga boyu
 - Enerji yoğunluğu
 - Işınlama süresi
 - Devamlı (continuous) veya atımlı (pulsed) olması
 - Maksimum atım enerjisi
 - Temaslı (contact) veya temassız (noncontact) uygulanması
 - Atım tekrarlama ortalaması

Kullanılan lazer tipi ve uygulanan dokuya göre farklılıklar görülebilir. Lazer uygulamalarında bu durumun dikkate alınması gerektiği bildirilmiştir (Coluzzi, 2004).

Lazer enerjisinin çeşitli dokularla teması sonucu bir veya daha fazla etki meydana gelebilir:

- **Fototermal etki:** En iyi bilinen termal etki lazer ışığının Emilimi ile dokunun buharlaşmasıdır (Frentzen ve Koort, 1990). Emilen enerjinin ısıya dönüşmesiyle dokularda sıcaklığın arttığı, 40 °C'nin üstündeki ısılarda protein denatürasyonu, 60 °C'nin üstündeki ısılarda protein koagülasyonu, 100 °C'lik ısıda dokudaki suyun buharlaşması, 250 °C'nin üstündeki ısılarda karbonizasyon, 300 °C'nin üstündeki ısılarda ise doku buharlaşması gibi değişik biyolojik etkilerin olduğu bildirilmiştir. Oluşan bu termal etkinin boyutu; lazer ışığının dalga boyu, güç yoğunluğu ve dokunun termal özelliklerine bağlı olarak değişir. Spektrumun kızıl ötesi bölgesinde yer alan lazerlerin (örneğin CO₂ lazer, 10600 nm) enerjisinin hemen hemen tamamının absorbe olduğu ve dokularda karbonizasyon ve buharlaşma meydana geldiği bildirilmiştir. Kızıl ötesi bölge yakınında yer alan lazerlerin (örneğin Nd:YAG lazer, 1060 nm) enerjisinin daha az absorbe, daha fazla penetre olduğu, derin dokularda ise koagülasyonun olduğu belirtilmiştir (Floratos ve de la Rosette, 1999).

- **Fotokimyasal Etki:** Lazer ışınının doku iyileşmesi ve tamiri üzerine etkileri, dokuda meydana gelen biyokimyasal ve moleküler uygulamaların stimülasyonu şeklinde tanımlanabilmektedir. Işığa hassas materyallerin kullanılması ile sağlanan ve fotodinamik tedavi olarak da adlandırılan bu etki patolojik dokuların tedavilerinde kullanılmaktadır. Bu etki, doku içerisine verilen ilacın fotoaktivasyonuna ve ilacın toksik bileşenlere dönüşme miktarına bağlı olarak değişir (Schuller, 1990).
- **Fotomekanik ve Fotoelektriksel Etkiler:** Kısa süreli, yüksek enerjili ışınlamalar doku üzerinde şok dalgası etkisi oluşturarak moleküller arasındaki bağların veya atom içindeki elektriksel çekim bağlarının kopmasına neden olur. Böylece dokuda mikro düzeyde parçalanmaya bağlı doku uzaklaştırması (fotoablation) oluşturulur (Pick, 1993).

2.4.3.3. Lazer Sistemlerinin Sınıflandırılması

Lazerler, lazer aktif maddesine, dalga boyuna, dağıtım sistemine, lazer ışınlarının hareketine, dokular tarafından emilimine ve klinik uygulamalara göre sınıflandırılır (Coluzzi, 2004).

1. Lazer aktif maddesine göre (Goldman, 1982);
 - a) Katı maddeler (Granit, Ruby, Nd:YAG)
 - b) Gazlar (Argon, CO₂)
 - c) Yarı iletken lazerler (Gallium arsenide)
 - d) Kimyasallar
2. Lazer ışınlarının hareketine göre (Arcoria ve ark., 1991);
 - a) Devamlı (continuous) ışın verenler
 - b) Atımlı (pulse) ışın verenler
 - c) Dalgalı akım olarak ışın verenler
3. Dalga boylarına göre (Coluzzi, 2000);
 - a) Ultraviyole ışınlar
 - b) Kızılötesi (infrared) ışınlar
 - c) Görünür ışık spektrumundaki ışınlar

4. Işınlara enerjisine göre (Midda ve Renton-Harper, 1991);

- a) Soft lazer
- b) Mid lazer
- c) Hard lazer

Yapılan araştırmalarda genellikle lazerler ışın enerjilerine göre sınıflandırıldıkları için bu çalışmada da sınıflandırma aynı şekilde yapıp özellikleri hakkında bilgi verilmiştir (Midda ve Renton-Harper, 1991; Myers, 1991; Pick, 1993).

Soft Lazerler

Soft lazerler; hücrel aktiviteyi uyaran dalga boyunda, düşük enerji oluşturan soğuk (atermik) lazerlerdir. Bu lazerlerin içinde aktif ortam olarak genellikle yarı iletken diyotlar kullanılmaktadır. Klinik uygulamalarda üç tip soft lazer kullanılmaktadır:

1. Helium-Neon (He-Ne) (632.8 nm)
2. Gallium-Arsenide (Ga-As) (820 nm)
3. Gallium-Aluminium-Arsenide (Ga-Al-As) (750-905 nm)

Bu lazerler; özellikle doku rejenerasyonuna yardım etmek, inflamasyon, ödem ve ağrıyı azaltmak ve iyileşmeyi hızlandırmak için kullanılan sistemlerdir. Diş hekimliğinde ise dentin hassasiyetini azaltmak, akut lokalize osteitisi (dry socket) iyileştirmek, aft sebebiyle oluşan ağrıyı azaltmak ve aftın iyileşmesini hızlandırmak amacıyla kullanılır (Midda ve Renton-Harper, 1991; Strang ve ark., 1988; Wilder-Smith, 1988a; Renton-Harper ve Midda, 1992). Ayrıca; ağız ülserleri, periodontitis ve perikoronitis tedavileri diğer kullanım alanlarıdır (Myers, 1991).

Soft lazerlerin yara iyileşmesini hızlandırma mekanizması tam olarak açıklığa kavuşmamakla birlikte, en fazla kabul gören görüşün fibroblastların uyarılması ile kollajen üretiminin arttığı yönünde olduğu bildirilmiştir (Midda ve Renton-Harper, 1991).

Mid Lazerler

Dalga boyu soft lazerlere göre biraz daha yüksek olan, sıklıkla lazer sınıflamalarına dahil edilmeyen bu lazerlerin, herpes, alveolit ve nevralji ağrılarını giderilmesinde, akupunktur noktalarının uyarılmasıyla trismus ve sinüzitin tedavisinde kullanılabileceği bildirilmiştir. Diode lazerler bu gruba örnektir (Strang ve ark., 1988; Wilder-Smith, 1988a).

Hard Lazerler

Çoğunlukla cerrahi uygulamalarda kullanılan termik lazerlerdir (Miller ve Truhe, 1993). Diş hekimliğinde en çok kullanılan sert doku lazerleri şunlardır:

- Argon lazer
- CO₂ lazer
- Excimer lazer
- Holmium:YAG lazer (Ho:YAG)
- Neodmium:YAG lazer (Nd:YAG)
- Erbium:YAG lazer (Er:YAG)

Argon Lazer

Yüksek güçte elektrik akımı verilen aktif ortamı argon gazı olan bir lazerdir. Görünür ışık spektrumunda yayılan tek cerrahi lazer cihazıdır. Diş hekimliğinde kullanılan argon lazerler 488 nm ve 514 nm dalga boylarındadır.

Argon lazerlerin 488 nm dalga boyunda olan tipi mavi renktedir ve kompozit restoratif materyallerin polimerizasyonunda kullanılırlar (Powell ve ark., 1995). Resin esaslı materyaller Argon lazer ile polimerize edildiğinde polimerizasyon büzülmesi azalabilir ve lazer uygulanan bu materyaller geleneksel ışık cihazı ile uygulanan sürenin ¼ süresinde 3 mm derinliğe kadar sertleşebilir (Kelsey ve ark., 1989). Bu dalga boyundaki Argon lazer kırmızı renkli dokular tarafından emildiği için göz hastalıkları

tedavisinde yaygın olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Midda ve Renton-Harper, 1991).

Dalga boyu 514 nm olan argon lazerler mavi-yeşil renktedir. Bu lazerler en iyi hemoglobin, hemosiderin ve melanin içeren dokular ve koyu pigmentli dokular tarafından emildiği için mükemmel hemostatik özelliğe sahiptirler. Bu nedenle akut periodontal hastalıklar ve hemanjiyoma gibi yüksek oranda damarsal lezyonların tedavisinde bu lazerlerin kullanılabileceği belirtilmiştir (Finkbeiner, 1995).

Kutsch (1993) tarafından, her iki dalga boyundaki bu lazerlerin diş sert dokuları ve su tarafından absorbe edilemediğinden diş yüzeyine zarar vermeden gingival dokuların kesilmesinde kullanılabileceği bildirilmiştir. Aynı araştırmacı, argon lazer ışığıyla koyu turuncu-kırmızı renk görünümü veren diş çürüğünün sağlıklı diş dokularından ayırt edilebileceğini, bu nedenle çürük teşhisinde argon lazerin yardımcı bir yöntem olarak kullanılabileceğini belirtmiştir.

CO₂ Lazer

CO₂ lazer ilk olarak Patel ve arkadaşları tarafından 1964 yılında geliştirilmiştir. Elektromanyetik spektrumun uzak kızıl ötesi bölümünde yer alan 10.6µm dalga boyuna sahip gaz lazerlerdir. Doku rengine bağlı olmaksızın ıslak dokulara afinitesi olan CO₂ lazerlerin, penetrasyon derinliği sadece 0.2-0.3 mm olmasına rağmen % 90'dan fazlası su olan oral mukozada yüksek miktarda absorbe edilebilirler. Yüksek dalga boyu nedeniyle temassız olarak kullanılan bu lazerler, en hızlı doku uzaklaştıran lazerlerdir (Pick, 1993). Yumuşak doku cerrahisinde kullanmak için Food and Drug Administration (FDA) tarafından onaylanan ilk lazerdir. Frenilektomi, gingivektomi gibi yumuşak doku cerrahisinde, iyi ve kötü huylu lezyonların uzaklaştırılmasında, insizyon ve eksizyon biopsisinde kullanılabileceği belirtilmiştir (Miller ve Truhe, 1993).

Endodontide ilk olarak bu lazerlerin kullanımı Shoji ve arkadaşları (1985) tarafından köpeklerde yapılan pulpatomi çalışmasıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar

mekanik travma olmadan pulpada steril bir saha oluşturması nedeniyle bu lazerlerin pulpotomide kullanımının geleneksel yöntemlerden daha üstün olduğunu rapor etmişlerdir (Shoji ve ark., 1985).

Excimer Lazer

Elektromanyetik spektrumun ultraviyole aralığında yer alan kısa atım süreli gaz lazerlerdir. Dalga boyları içerdıği gaz karışımına bağlı olarak değişiklik gösterir (Frentzen ve Koort, 1990; Neev ve ark., 1991; Frentzen ve ark., 1992):

Argon Fluoride (Ar/F)	193 nm
Kripton Fluoride (Kr/F)	248 nm
Xenon Chloride (Xe/Cl)	308 nm
Xenon Fluorid (Xe/F)	351 nm

Excimer lazerler atım süreleri 10-200 ns (nanosaniye= saniyenin milyonda biri), atım aralığı ise saniyede 1 ile 250 arasında değişen lazerlerdir (Frentzen ve Koort, 1990; Frentzen ve ark., 1992).

Yüksek enerjileri sebebiyle fotodekompozisyon ile doku uzaklaştırılması yaparak organik moleküller arası bağları kırarlar. Atım süresinin kısa olmasından dolayı kısa dalga spektrumunda çalışan bu lazerlerin dokularda oluşturduğu ısı birikimi oldukça azdır (Stabholz ve ark., 1993).

Dış hekimliğinde kullanılan ve en çok araştırma yapılan tipleri Ar/F ve XeCl lazerlerdir. Cam fiberlerden geçebilen ve su tarafından yeterli derecede absorbe edilebilen XeCl lazerlerin, kök kanal dezenfeksiyonunda kullanılabileceği (Frentzen ve Koort, 1990; Frentzen ve ark., 1992) ve atım süresi kısa olduğu için çevre dokulara zarar vermeden düşük enerji ile kök kanallarının genişletilebileceği belirtilmiştir (Wigdor ve ark., 1993).

Bu lazerlerin periodontolojide dental plak, diş taşı ve enfekte sementin uzaklaştırılmasında ve kemik cerrahisinde kullanılabileceği in vitro olarak gösterilmiştir (Frentzen ve Koort, 1990; Frentzen ve ark., 1992).

Ho:YAG Lazer

Kristal yapıda olan, optik fiberden geçebilen temaslı ve temassız şekilde kullanılabilen atımlı lazerlerdir. Görülebilir spektrumda olmayan bu lazerler içerisine konan kırmızı He-Ne gazı ile görülebilir hale getirilmiştir (Pick, 1993). Elektromanyetik spektrumun yakın kızıl ötesi bölümünde yer alan ve ortamında “yttrium aluminum garnet” kristali içeren bu lazerler 2100 nm dalga boyu üretir.

Sudaki absorpsiyonu Nd:YAG lazerden 100 kez daha fazla olan, sert ve kalsifiye dokuları etkileyebilecek derecede yüksek güçteki bu lazerler, aynı zamanda hemoglobin veya diğer doku pigmentlerini etkilemeyen yumuşak doku lazerleri olarak da kullanılırlar (Kautzky ve ark., 1997).

Diş hekimliğinde, Ho:YAG lazerlerin sağlam veya çürük mine ve dentinde, apikal rezeksiyonda, kök kanallarının dezenfeksiyonunda ve genişletilmesinde kullanılabileceği belirtilmiştir (Pick, 1993). Yine bu lazerlerden yumuşak dokularda ve artroskopik temporomandibular eklem cerrahisinde de yararlanılabileceği bildirilmiştir (Hendler ve ark., 1992; Pick, 1993).

Nd:YAG Lazer

İlk olarak 1961 yılında Snitzer tarafından kullanıma sunulan Nd:YAG (Neodymium-Yttrium-Aluminium-Garnet) lazerler, 1964 yılında Geusic tarafından geliştirilmiştir (Pick, 1993). Dalga boyu 1064 nm olan ve elektromanyetik spektrumun yakın kızıl ötesi bölgesinde yer alan bu lazerler, içerisine konan kırmızı He-Ne gazı ile görülebilir hale getirilmiştir (Pick, 1993; Kutsch, 1993; Pick ve Powell, 1993; Coluzzi, 2004). Atım süresi 100-200 µs, atım tekrarlama süresi 10-100 Hz ve her atımın sahip olduğu enerji 200 mJ'dür (Myers, 1991; Pick, 1993). Bu lazerler su tarafından iyi

absorbe edilememesine rağmen melanin, hemoglobin gibi pigmente dokular tarafından iyi absorbe edilirler (Pick, 1993; Kutsch, 1993; Miller ve Truhe, 1993).

Temaslı, temassız veya bir fiberoptik yardımıyla ağız içerisinde rahatlıkla kullanılabilirler (Pick, 1993). Temassız kullanıldığında sadece birkaç milimetre penetre olabildiği için hemostaz sağlama, aftöz ülser tedavisi veya pulpa hassasiyetini gidermek amacıyla kullanılabilir (Coluzzi, 2004). Nd:YAG lazer ışığı amalgam, titanyum ve değersiz metaller tarafından kolayca absorbe edildiğinden, bu materyallerin varlığında dikkatli bir şekilde çalışılması gerektiği bildirilmiştir (Kutsch, 1993).

Aranha ve arkadaşları (2005), kök yüzeyindeki dentin geçirgenliği üzerine Nd:YAG lazerin iki parametresi (1 W, 1 Hz ve 1.5 W, 1.5 Hz) ile Er:YAG lazerin (60mJ, 2 Hz, 4x20 sn, 6 mm mesafe) etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmada, Nd:YAG lazerin 1.5 W, 1.5 Hz uygulanması ile Er:YAG lazer arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığını, Nd:YAG lazerin 1 W, 1 Hz uygulanmasında ise daha az etkinlik görüldüğünü rapor etmişlerdir.

Camargo ve arkadaşları (2005), kök kanal duvarlarına iki farklı parametre (100 mJ, 15 Hz, 1.5 W ve 160 mJ, 15 Hz, 2.4 W) ve iki farklı yönde (dik ve paralel) uygulanan Nd:YAG lazerin etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmada, yüzeye dik ve paralel uygulama arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğunu, 160 mJ, 15Hz, 2.4 W uygulanan gruplarda yüzeye paralel yapılan uygulamada birkaç yerde erime gözlenirken dik uygulandığında tüm yüzeyde erimenin gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

Er:YAG Lazer

Elektromanyetik spektrumun yakın ve orta kızıl ötesi bölümünde bulunan ve dalga boyu 2940 nm olan bu lazerler “erbium” ile karıştırılmış katı “yttrium alüminyum garnet” kristali içerir. Argon, Diode ve Nd:YAG lazerlerden daha az esnek ve büyük çaplı fiberoptik kabloya sahip oldukları için uygulama sırasında soğutucu hava kullanımını gerektirirler. Sudaki absorpsiyonu en yüksek olan Er:YAG lazerlerin

hidroksiapatite karşı afinitesi de oldukça yüksektir. Yumuşak dokuların su içeriği yüksek olduğundan dolayı bu dokularda geniş uygulama alanı bulmuştur. Ancak; hemostatik etkisi sınırlıdır (Coluzzi, 2004).

Hibst ve Keller (1989) tarafından ortaya atılan Er:YAG lazerlerin etki mekanizması, dokudaki ve organik yapı içeriğindeki su tarafından absorbe edilen enerjinin oluşturduğu iç basınç ile dokunun parçalanıp uzaklaştırılmasını sağlayan mikro patlamalara dayanmaktadır. Sert dokunun uzaklaştırılmasında minimal termal etkinin oluşması nedeniyle çevre dokulara zarar vermeden güvenle kullanılabilen bir lazer tipidir (Hibst ve Keller, 1989; Wigdor ve ark., 1993). Son yıllarda endodontik tedavide kullanılmak üzere yeni Er:YAG lazer cihazının geliştirildiği bildirilmiştir (Stabholz ve ark., 2003).

Restoratif diş hekimliğinde; dişetine yakın olan çürük lezyonların tedavisinde, yumuşak dokuların tekrar şekillendirilmesinde (Coluzzi, 2004), hassasiyetin giderilmesinde; minenin pürüzlendirilmesinde; siman, kompozit gibi dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında (Frentzen ve Koort, 1990); kök kanal tedavisi sırasında dezenfeksiyonun sağlanmasında, smear tabakasının uzaklaştırılmasında; protetik olarak dişlerin kesilmesinde (Coluzzi, 2004), oral cerrahide; apisektomi, kistlerin osteotomisi, oral mukoza lezyonlarının çıkarılması ve periodontolojide diştışı temizlenmesi işlemlerinde (Frentzen ve ark., 1992; Wigdor ve ark., 1993) Er:YAG lazerin kullanılabileceği bildirilmiştir.

Takeda ve arkadaşları (1998a) smear tabakasını uzaklaştırma üzerine Argon, Er:YAG ve Nd:YAG lazerlerin etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmada, tüm lazerlerin smear tabakasını uzaklaştırdığını bildirmişlerdir.

Vezzani ve arkadaşları (2006), kontrol grubu olarak % 1 ve % 2.5'luk NaOCl kullandıkları çalışmada üç farklı frekansta (7, 10, 16 Hz) 100 mJ güçte uyguladıkları Er:YAG lazerin kök kanallarındaki bakteriyel etkinliklerini değerlendirmişlerdir. En etkili sonuçlar 16 Hz frekans uygulanan grupta gözlenmiştir ancak, kontrol grupları da

dahil tüm grupların etkinlik gösterdiği ve gruplar arasındaki istatistiksel farkın anlamlı olmadığı rapor edilmiştir.

Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler (Sulewski, 2000)

<u>Lazer Tipi</u>	<u>Dalga Boyu</u>
ArF Excimer	193 nm
KrF Excimer	248 nm
XeCl Excimer	308 nm
Frequency-Doubled Alexandrite	377 nm
Krypton Ion	407 nm
Argon Ion	488, 514 nm
Dye	507-510 nm
Frequency-Doubled Nd:YAG (KTP)	532 nm
Diode (Low Level)	600-908 nm
Gold Vapor	628 nm
Argon-Pumped Dye	630 nm
Copper Vapor Pumped Dye	630 nm
Helium-Neon	632 nm
Ruby	694.3 nm
Diode (GaAlAs, GaAs)	800-830, 904-950 nm
Nd:YLF	1.053 μ m
Nd:YAG	1.064 μ m
Nd:YAP	1.34 μ m
Ho:YAG	2.12 μ m
Er,Cr:YSGG	2.79 μ m
Er:YAG	2.94 μ m
Free Electron	3.0, 6.1, 6.45 μ m
Carbon Dioxide (CO ₂)	9.3, 9.6, 10.6 μ m

2.4.3.4. Diş Hekimliğinde Lazerlerin Kullanım Alanları (Convissar, 2004)

1. Periodontoloji
 - Başlangıç periodontal tedavi
 - Frenilektomi, gingivektomi, greft gibi yumuşak doku cerrahisi
 - Periodontal rejeneratif cerrahi
2. Sabit Protez
 - Yumuşak doku müdahalesi ile kuron boyu uzatma
 - Kemik müdahalesi ile kuron boyu uzatma
 - Yüzey pürüzlendirme
 - Pontik yerinin şekillendirilmesi
 - Ağartma
3. İmplantoloji
 - İmplant üstünün açılması
 - Peri-implantitis
4. Hareketli Protez
 - Epulis fissuratumun uzaklaştırılması
 - Protez stomatitinin tedavisi
 - Rezidüel kret düzeltilmesi
 - Tüber çıkıntılarının düzeltilmesi
 - Torus azaltılması
 - Yumuşak doku düzeltilmesi
5. Pedodonti/ Ortodonti
 - Dişin açığa çıkarılması
 - Ortodonti hastalarında yumuşak doku uygulamaları
6. Oral Cerrahi
 - Biopsi
 - Operkülektomi
 - Apikal rezeksiyon
 - Oral yumuşak doku patolojileri
7. Operatif Diş Hekimliği ve Endodonti
 - Süt dişlerinin tüm konservatif ve endodontik tedavilerinde
 - Daimi dişlerin tüm konservatif ve endodontik tedavilerinde

2.4.3.5. Lazerin endodontideki kullanım alanları:

Dentin hassasiyeti:

Açığa çıkan dentinde; soğuk, sıcak, dokunma, buharlaşma, ozmoz ve kimyasallar gibi uyaranlara cevap şeklinde meydana gelen kısa ve keskin ağrı ile karakterize pulpodental hastalıktır (Holland ve ark., 1997). Hatalı diş fırçalama, dişeti çekilmesi, uygun olmayan diyet ve diğer faktörlerin etkisi sonucu meydana gelir (Schuurs ve ark., 1995).

Dentin hassasiyeti tedavisinde kullanılan lazerler iki gruba ayrılır (Wilder-Smith, 1988a; Renton-Harper ve Midda, 1992):

- Düşük çıkış gücünde lazerler (He-Ne ve GaAlAs lazerler)
- Orta çıkış gücünde lazerler (Nd:YAG ve CO₂ lazerler)

Lazerlerin dentin hassasiyetini nasıl azalttığı tam olarak bilinmemekle birlikte, her bir lazerin farklı mekanizmalarla etkili olduğu kabul edilmektedir. He-Ne lazerin sinirlerin aksiyon potansiyeli üzerine etki gösterdiği (Rochkind ve ark., 1987), GaAlAs lazerin C lifi afferentlerin depolarizasyonunu bloke ederek ağrıyı baskıladığı (Wakabayashi ve ark., 1993), CO₂ lazerin ise orta seviyede kullanımı sonucunda dentin tübüllerini tıkayarak geçirgenliğini azalttığı (Bonin ve ark., 1991) bildirilmiştir.

Pulpal kan akımının teşhisi:

Mikrovasküler sistemdeki kan akımını belirlemek için üretilen Lazer Doppler Flowmetry, endodontide pulpanın sağlık durumunun değerlendirilmesinde teşhis aracı olarak kullanılmaktadır (Kimura ve ark., 2000; Cohen ve Liewehr, 2002). Hareketli kırmızı kan hücreleri tarafından yayılan 632,8 nm dalga boyuna sahip 1 veya 2 mW düşük çıkış gücündeki He-Ne lazer ışın demetinin çarptığı doku tarafından geri yansıtılması sonucu oluşan frekans değişimi ile kan akımının ölçülebilir bir sinyale dönüştürülmesi mekanizması ile uygulanır (Gazelius ve ark., 1986; 1987; Olgart ve ark., 1988; Wilder-Smith, 1988b; Matsumoto, 2000).

Pulpa kaplaması ve pulpotomi:

Lazerlerin, dokuyu buharlaştırma ve küçük kan damarlarını koagüle etme ve tıkama etkilerinden dolayı pulpa kaplaması ve pulpotomi tedavilerinde kansız ve steril bir çalışma sahası sağladıkları bildirilmiştir (Isermann ve Kaminski, 1979).

Yüksek enerjili lazer kullanımı tedavide başarısızlığa neden olacağından dolayı pulpa kaplaması ve pulpatomide uygun parametrelerde (örneğin 200 mJ, 3 Hz, 15 sn, susuz ve havasız çalışıldığında) (Hasheminia ve ark., 2008) lazerlerin seçilmesi önemlidir (Kimura, 2000).

Kök kanal duvarlarından smear tabakasının uzaklaştırılması:

Endodontik tedavide kök kanalların temizlenmesi ve şekillendirilmesi sırasında kanal duvarlarında biriken ve dentin geçirgenliğini azaltan smear tabakasının uzaklaştırılmasında lazerlerin kullanılabileceği bildirilmiştir (Fogel ve Pashley, 1990). Diş sert dokuları üzerine lazer ışınlamasının, lazerin tipine ve diş dokularına bağlı olarak morfolojik ve kimyasal değişikliklere sebep olduğu (Kıvanç ve ark., 2007), yine lazer ışığının güç, enerji modu, ışınlama zamanı, dağıtım sistemi gibi farklı parametrelerle aynı dokuda farklı etkiler oluşturabileceği (Goya ve ark., 2000) bildirilmiştir. Kök kanal duvarlarından debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında CO₂, Nd:YAG, Argon, Er,Cr:YSGG ve Er:YAG lazerlerden yararlanılan araştırmalar yapılmıştır (Saunders ve ark., 1995; Moshonov ve ark., 1995a; Anic ve ark., 1996; Takeda ve ark., 1998a; Yamazaki ve ark., 2001; Kimura ve ark., 2002).

Kök kanallarının şekillendirilmesinde Nd:YAG lazerlerin kullanıldığı çok sayıda çalışma mevcuttur (Dederich ve ark., 1984; Levy, 1992; Miserendino ve ark., 1995; Saunders ve ark., 1995). Harashima ve arkadaşları (1997) ve Koba ve arkadaşları (1998, 1999) kök kanallarından debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında uygun lazer parametreleri kullanılmasının gerektiğini belirtmişlerdir. Takeda ve arkadaşları (1998a) 100 mJ enerjili Er:YAG lazer ile 200 mJ enerjili Nd:YAG lazer ve 50 mJ enerjili Argon lazerlerin smear tabakasının kaldırılması üzerine yaptıkları çalışmada, Er:YAG lazerlerin daha etkili olduğunu rapor etmişlerdir.

Lazerin kök kanallarında kullanımında en önemli problem kanal içi ısı artışı ile periodontal dokular üzerinde oluşabilecek hasarlar sonucu doku nekrozları (Wang ve ark., 2005), kök rezorpsiyonları veya etkilenen dişlerde ankilozların (Bahcall ve ark., 1992) meydana gelmesidir. Bununla birlikte; lazer ışını doğru bir şekilde kullanıldığında sağlıklı periodontal dokular etrafında herhangi bir termal hasar oluşmayacağı da bildirilmiştir (White ve ark., 1994; Ramsköld ve ark., 1997).

Kök kanallarının dezenfeksiyonu:

Lazer sistemlerinde salınan enerjinin, güçlü bakterisidal etkiye sahip olduğu ve ince bir uç (Nd:YAG, Er,Cr:YSGG, Argon, Diode) veya hollow tüpü yardımıyla (CO₂, Er:YAG) kök kanal sistemine aktararak kanalların dezenfeksiyonunda kullanılabileceği belirtilmiştir (Stabholz ve ark., 2004). Ayrıca, lazerin kullanımı sırasında oluşan dumanın hasta ve hekimin bakteriyel kontaminasyonuna sebep olabileceğine dikkat çekilmiştir (Hardee ve ark., 1994). Bu etkiden korunmak için vakumlu aspirasyon sistemlerinin kullanımı önerilmiştir (McKinley ve Ludlow, 1994).

Kök kanallarının dezenfeksiyonu amacıyla CO₂ (Zakariasen ve ark., 1986) ve Nd:YAG (Rooney ve ark., 1994; Fegan ve Steiman, 1995; Moshonov ve ark., 1995b) lazerin kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur. Fiberoptik dağıtım sistemi içeren Nd:YAG lazerlerin kök kanal dezenfeksiyonunda kullanımının daha uygun olduğu bildirilmiştir (Moshonov ve ark., 1995b).

Kök kanallarının şekillendirilmesi ve doldurulması:

Endodontik tedavinin önemli bir aşaması olan kök kanallarının şekillendirilmesinde lazerlerin de kullanılabileceği bildirilmiştir. Er:YAG lazer kullanımı sonrasında yapılan incelemede kök kanal yüzeylerinin geleneksel yöntemlere göre daha düzgün olduğu görüntülenmiştir (Mazeki ve ark., 2003). Aynı şekilde Nd:YAG kullanarak da temiz ve düzgün kök kanal duvarları elde edilebildiği de belirtilmiştir (Levy, 1992).

Kök kanallarının doldurulması esnasında kullanılan kanfırkinon içerikli rezinin (Potts ve Petrou, 1990), AH-26'nın içeriğindeki rezinin (de Moura-Netto ve ark.,

2007) ve kompozit rezinin (Anic ve ark., 1995) polimerizasyonunda 477 ve 488 nm dalga boyundaki lazerlerin kullanılabileceği bildirilmiştir.

Endodontik cerrahide kullanımı:

Lazerlerin, küçük kan damarlarını tıkaması ve koagülasyonu sağlaması nedeniyle kansız bir cerrahi saha oluşturmalarının yanı sıra, uygulanan bölgede dezenfeksiyonu sağladığı da bildirilmiştir (Kimura ve ark., 2000). CO₂ ve Nd:YAG lazerlerin de kök ucu rezeksiyonu, retrograd endodontik kavite hazırlanması ve periapikal küretaj amacıyla kullanılabileceği belirtilmiştir (Friedman ve ark., 1991; Stabholz ve ark., 1992). Apikal cerrahide belirtilen avantajlarına rağmen geleneksel yöntemlere göre daha fazla zamana ihtiyaç duyulması lazerlerin kullanımının dezavantajlarından (Kimura ve ark., 2000).

Diğer uygulama alanları:

Kalsifiye dentikellerin uzaklaştırılmasında 540 nm dalga boyundaki atımlı Dye lazerin kullanılabileceği bildirilmiştir (Rocca ve ark., 1994). Kök kırıklarının tedavisi için CO₂ ve Nd:YAG lazerlerin kullanımının uygun olduğu (Arakawa ve ark., 1996) ve Ar, CO₂ ve Nd:YAG lazerlerin de dental aletlerin sterilizasyonu amacıyla kullanılabileceği rapor edilmiştir (Powell ve Whisenant, 1991). Diş hekimliğinin birçok alanında değişik tip lazerlerin kullanılabileceği ancak, etkilerinin ve kullanılabilecek tiplerinin kullanım öncesi çok iyi değerlendirilip, dikkatle uygulanması gerektiği bildirilmiştir. (Kimura ve ark., 2000).

2.5. Yüzey Görüntüleme Metodları

Son zamanlarda, sert cisimlerin ve dokuların yüzey değişikliğini incelemek amacıyla electron microscopy, profilometry, atomic force microscopy (AFM) ve X-ray photoelectron spectroscopy gibi birçok cihaz ve teknikten yararlanılmaktadır (Vanzillotta ve ark., 2004). Literatürde, bu tekniklerden biri olan elektron mikroskobu ile incelemede; Scanning electron microscopy (SEM) (Khedmat ve Shokouhinejad, 2008), Backscattered electron imaging (BSE) (Sriamornsak ve Thirawong, 2003), transmission electron microscopy (TEM) (Fromm ve ark., 2003), Scanning transmission

electron microscopy (STEM) (Saito ve ark., 2008), Energy dispersive spectrometer (EDS) (Shibli ve ark., 2005) gibi cihazların kullanıldığı bildirilmiştir.

Günümüzde çeşitli elektron mikroskopları bulunmakla birlikte dış hekimliğinde en çok SEM ve TEM kullanılmaktadır (Önal ve ark, 2003).

2.5.1. “Scanning electron microscope” (SEM)

SEM cihazı elektron mikroskopunun bir çeşidi olup doku, hücre ve organ yüzeylerinin yüksek büyütmelede görüntülenmesini sağlar. Çok ince (10 μm) bir elektron demetinin, incelenen yüzey boyunca bir noktadan diğer noktaya, ard arda hareket etmesi prensibiyle çalışır (Junqueira ve ark., 1992). Yüzeye çarpan elektronlar yüzeyden ikincil elektronların fırlamasına ve fırlayan elektronların kristal yüzeyine çarparak ani ışık oluşturmaya sebep olur. Kristalde ortaya çıkan parlamalar bir foto çoğaltıcı lamba aracılığıyla yüz binlerce kez yükseltilerek elektrik sinyaline dönüştürülür. Elektron sinyalindeki dalgalanmalar bir dedektör aracılığı ile tutulur. Katot ışınli lambanın ekranını tarayan demet ile mikroskopa incelenecek yüzeyi tarayan demetin eş zamanlı tarama yapması sağlanır. Böylece lamba ekranındaki bir noktanın parlaklığı, cisim yüzeyindeki bu noktaya karşılık gelen noktadan salınan ikincil elektronların sayısı ile orantılı olarak değişir. Sonuçta, ekranda incelenen yüzeyin yapısını gösteren bir görüntü elde edilir (Önal ve ark., 2003). Birçok alanda olduğu gibi dış hekimliğinde de uygulanan tedavinin doku cevabı (Abbott ve ark., 1991; Heard ve Walton, 1997; Peters ve Barbakow, 2000) ve kullanılan malzemelerin (Goldman ve ark., 1982; Guerisoli ve ark., 2002; Lim ve ark., 2003; Mozayeni ve ark., 2007) yüzeyde oluşturduğu değişikliklerin görüntülenmesinde SEM cihazından yararlanılmaktadır.

Bu in vitro çalışmanın amacı; kök kanallarındaki smear tabakasının uzaklaştırılmasında kök kanalı irrigasyon solüsyonları olan EDTA ve MTAD ile Er:YAG ve Nd:YAG lazerlerin etkinliklerini SEM cihazı kullanarak incelemektir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Örneklerin Hazırlanması

Çalışmamızda; periodontal nedenle çekilen 60 adet çürüksüz üst orta kesici insan dişi kullanıldı. Çekilen dişler çalışma süresi boyunca % 10'luk formalinde bekletildi. Dişler kök yüzeyleri üzerinde bulunan bütün doku artıkları ve debrisleri temizlemek için önce 24 saat boyunca % 5.25'lik NaOCl solüsyonunda bekletildi, daha sonra kalsifik birikintiler el küretleri yardımıyla temizlenerek pomza ile fırçalandı.

Dişlerin kök boyları eşit olacak şekilde (15 ± 1 mm), kuron kısımları mine-sement sınırından ince bir elmas separe (Gebr. Brasseler GmbH & Co., Lemgo, Germany) yardımıyla uzaklaştırıldı. Kök kanallarının bütünlüğünü ve kök kanalında ilerlemeyi önleyen bir kalsifikasyon varlığını belirlemek için dişlerden radyograf alındı.

Kök kanal içeriği turnerf (Vereinigte Dentalwerke GmbH & Co. KG, München, Germany) kullanılarak çıkarıldı. 15 nolu K tipi kanal eğesi (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) ile dişlerin apikal foramen'lerinden çıkılarak her bir kök kanalının çalışma boyutu ölçümden 1 mm kısa olarak belirlendi. Kök kanal preparasyonuna başlamadan önce bütün dişlerin apikal forameni kullanılacak sıvıların kök ucundan taşmaması ve debrislerin kök ucundan çıkışının önlenmesi amacıyla yumuşak mum ile kapatıldı. Daha sonra, kök kanalları K tipi kanal eğeleri kullanılarak apikal genişletme 40 numaraya kadar olacak şekilde 60 numaraya kadar step-back tekniği ile genişletildi ve kanalların koronal kısmının genişletilmesini sağlamak amacıyla 2-4 nolu Gates Glidden frezler (Mani Inc, Tochigi- Ken, Japan) kullanıldı. Kök kanalları her eyleme arasında 3 ml %5.25'lik NaOCl ile yıkandı.

Preparasyon tamamlandıktan sonra 60 diş kökü rastgele, her biri 12 dişten oluşan 5 gruba ayrıldı. Çalışmamızda; kök kanallarında oluşan smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla oluşturulan gruplar aşağıdaki şekildedir:

Grup 1: Yalnızca NaOCl solüsyonu uygulanan grup.

Grup 2: EDTA ve NaOCl'nin kombine uygulandığı grup.

Grup 3: Yalnızca MTAD solüsyonu uygulanan grup.

Grup 4: Yalnızca Er:YAG lazer uygulanan grup.

Grup 5: Yalnızca Nd:YAG lazer uygulanan grup.

Grup1: kontrol grubu olarak belirlendi. 3 ml % 5.25'lik NaOCl ile kök kanallarının yıkanmasını takiben NaOCl kristallerinin gelişmesini önlemek için, 3 ml steril distile su uygulandı. Ardından kök kanalları steril kağıt konlarla (Meta Dental Co., Ltd., Korea) kurulandı.

Grup 2: kök kanallarına en son yıkamada enjektör yardımıyla apikal foramenden 2 mm kısa olacak şekilde 5 dk boyunca 5 ml % 17'lik EDTA solüsyonu (Henry Schein Inc., Melville, USA) (şekil 3.1) uygulandı. Takibinde 3 ml % 5.25'lik NaOCl ile tüm kanallar yıkandı. Son olarak 3 ml steril distile su uygulanan kök kanalları steril kağıt konlarla kurulandı.



Resim 3.1. Çalışmamızda kullanılan EDTA solüsyonu

Grup 3: kök kanallarına en son yıkamada; tetrasiklin izomeri (doksisisiklin, Sigma-Aldrich Company, St. Louis, MO), asit (sitrik asit, Sigma-Aldrich) ve deterjan (Tween-80, Sigma-Aldrich) karışımı olan BioPure MTAD solüsyonundan (Dentsply, Tulsa Dental, Johnson City, Tulsa, OK, USA) 5 ml uygulandı (Şekil 3.2). MTAD solüsyonu paketinden çıkan likit toz şişesinin içerisine tamamen enjekte edildi ve şırınga çıkarılmadan şişe 60 sn boyunca yavaşça ileri geri hareket ettirilerek çalkalandı. Tamamen karışan solüsyon 5 ml'lik dağıtım şırıngası içerisine çekildi. Dağıtım şırıngası kanala apikalden 1-2 mm kısa kalacak şekilde yerleştirildi. İleri geri hareket ettirilerek kanalın içine 1 ml solüsyon yavaş bir şekilde enjekte edildi. 15 numaralı K tipi eğe çalışma boyutuna kadar yerleştirildi. Solüsyon eğe yardımıyla kanal içerisinde dairesel hareketlerle kanal duvarlarına temas ettirilerek karıştırıldı ve 5 dk süreyle bekletildi. Sonrasında boş bir enjektör yardımıyla solüsyon kanaldan aspire edildi. Kalan 4 ml'lik solüsyon ile kanal yıkandı. Solüsyon yıkanmadan steril kağıt konlar kullanılarak kanaldan uzaklaştırıldı. En son aşamada kanala 3 ml steril distile su uygulandı ve steril kağıt konlarla kurulandı.



Resim 3.2. Çalışmamızda kullanılan MTAD solüsyonu

Grup 4: kök kanallarına 28 mm'lik 40 numaralı fiber optik uç yardımıyla Er:YAG lazer (Kavo Key Laser III, Werthausen, Germany) (Şekil 3.3) uygulandı. Lazer cihazı üretici firmanın endodontik tedavide tavsiye ettiği parametreler olan 2940 nm dalga boyu; 1,8 W enerji; 120 mJ atım hızı; 15 Hz frekans hızı ve 381 J/cm² enerji yoğunluğu şeklinde ayarlandı. Işınlama boyunca optik fiber uç kesintisiz dairesel hareketlerle 20 sn boyunca apikal foramenden kanal ağzına doğru hareket ettirildi ve tekrar apikal foramen'e dönüldü. Aynı işlem toplam 40 sn süresince tekrarlandı. Işınlama boyunca su soğutucu sistemlerle 2 cc/dk hızla steril su uygulandı. Işınlama sonrasında kök kanalları 3 ml steril distile su ile yıkandı ve steril kağıt konlarla kurulandı.



Resim 3.3. Çalışmamızda kullanılan Er:YAG lazer cihazı

Grup 5: kök kanallarına 200 μm 'lik fiber optik uç yardımıyla Nd:YAG lazer (Deka Smarty A-10, Firenze, Italia) (Şekil 3.4) uygulandı. Lazer cihazı üretici firmanın endodontik tedavide tavsiye ettiği parametreler olan 1064 nm dalga boyu; 1 W enerji; 100 mJ atım hızı; 15 Hz frekans hızına ayarlandı. Optik fiber uç apikal foramenden 1mm kısa olarak yerleştirildi. Işınlama boyunca optik fiber uç kesintisiz dairesel hareketlerle 10 sn boyunca apikal foramenden kanal ağzına doğru hareket ettirildi ve tekrar apikal foramene dönüldü. Her ışınlama arasında 15 sn beklenerek bu işlem 4 kez tekrarlandı. Işınlama boyunca su soğutucu sistemlerle 2 cc/dk hızla steril su uygulandı. Işınlama sonrasında kök kanalları 3 ml steril distile su ile yıkandı ve steril kağıt konlarla kurulandı.



Resim 3.4. Çalışmamızda kullanılan Nd:YAG lazer cihazı

Çalışmamızdaki kontrol ve deney gruplarının oluşturulduğu materyallerin ve kullanım metodlarının özeti Tablo 3.1’de yer almaktadır.

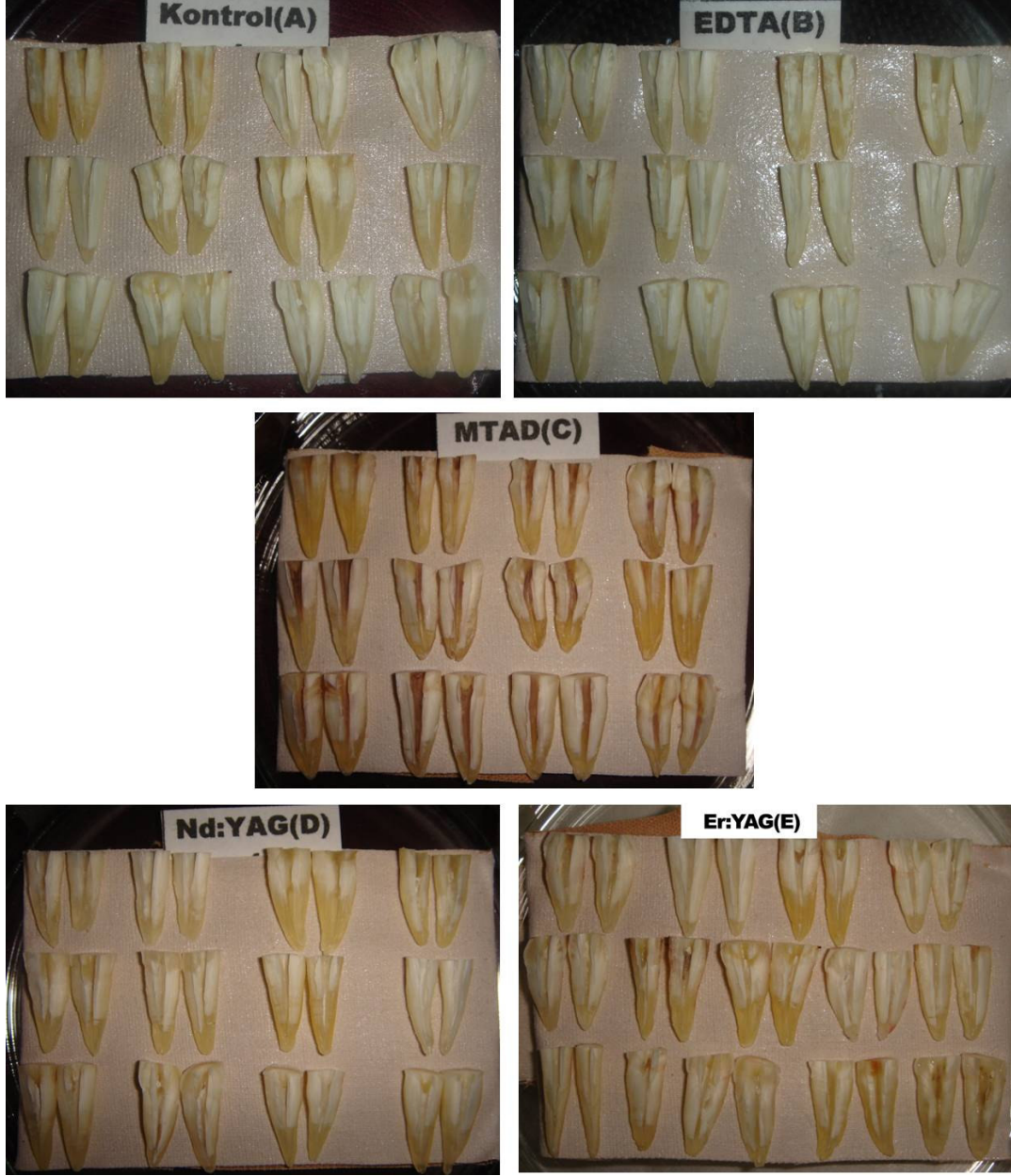
Tablo 3.1: Gruplarda uygulanan işlemler

Grup	Her eğe kullanımı sonrası	Son yıkamada
1	3 ml % 5.25’lik NaOCl	3 ml % 5.25’lik NaOCl + 3 ml Steril distile su
2	3 ml % 5.25’lik NaOCl	5 ml % 17’lik EDTA + 3 ml % 5.25’lik NaOCl + 3 ml Steril distile su
3	3 ml % 5.25’lik NaOCl	5 ml MTAD + 3 ml Steril distile su
4	3 ml % 5.25’lik NaOCl	Er:YAG lazer + 3 ml Steril distile su
5	3 ml % 5.25’lik NaOCl	Nd:YAG lazer + 3 ml Steril distile su

3.2. Örnek kesitlerinin hazırlanması

Bu amaçla, kök kanallarının iç yüzeyine dokunulmadan köklerin bukkal ve lingual yüzeylerine çok ince alev uçlu elmas frez yardımıyla su soğutması altında paralel oluklar açıldı. Daha sonra açılan bu oluklara yerleştirilen siman spatülü yardımıyla dişler iki parçaya ayrıldı (Şekil 3.5).

Tüm örnekler sırasıyla % 50, % 70, % 80 ve saf alkol şeklinde derecelendirilmiş etanol solüsyonu serisinin her birinde 1 saat bekletilerek dehidrate edildi. En son saf alkolden alınıp kurumaya bırakıldı.



Resim 3.5. Tüm örneklerden kesit alındıktan sonraki görünümü

3.3. SEM Cihazı ile Örneklerin Hazırlanması ve İncelenmesi

SEM incelemesinin yapılması için kurutma işleminin ardından Orta Doğu Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü bünyesinde yer alan kaplama cihazı (Balzers-SCd 050, Germany) (Şekil 3.6) kullanılarak her örnek 15-20nm kalınlığında altın-palladyum tabaka ile kaplandı (Şekil 3.7).



Resim 3.6. Sputter cihazı (Altın-palladyum kaplama cihazı)



Resim 3.7. Altın-palladyum kaplanan diş örnekleri

Hazırlanan örnekler, kök kanal yüzeyinden smear tabakasının kaldırılma derecesini tesbit etmek açısından Orta Doğu Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünde bulunan SEM cihazı (JSM-6400 V, JEOL, Tokyo, Japan) ile 20 kV'da incelendi (Şekil 3.8).



Resim 3.8. Çalışmamızda kullanılan SEM cihazı

Her grup için kök kanallarının koronal, orta ve apikal bölgelerinden $\times 2500$ büyütmede görüntü alındı. Alınan fotoğraflar smear tabakasının varlığı açısından değerlendirildi. Skorlama aşağıdaki gibi yapıldı:

Skor 0: Smear tabakası yok. Dentin tübülleri tamamen açık.

Skor 1: Azalmış smear tabakası var. Dentin tübüllerinin ana hatları görünür düzeyde.

Skor 2: Yüzeylerde ince bir smear tabakası var. Dentin tübüllerinin ana hatları görünmüyor.

Skor 3: Yoğun smear tabakası var. Dentin tübüllerinin sınırları hiç görünmüyor (Takeda ve ark., 1998b).

3.4. İstatistiksel Değerlendirme

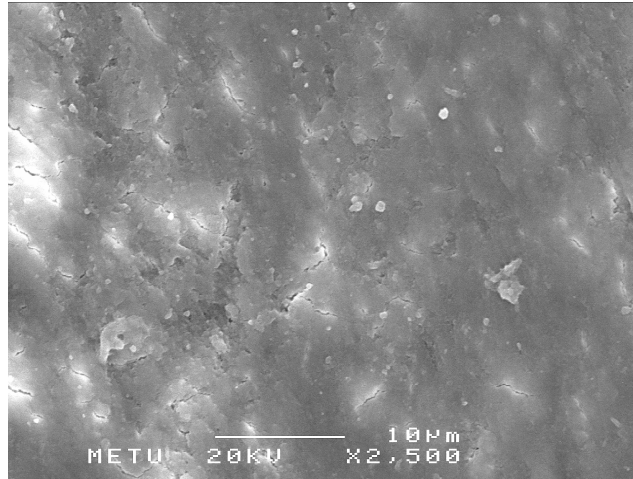
Sonuçların istatistiksel analizi, gruplar arasındaki farklılıkların ve grup içinde kanalların koronal, orta ve apikal bölgelerindeki farklılıkların değerlendirilmesi için Mann Whitney U ($p < 0.05$) ve Kruskal Wallis ($p < 0.05$) testi ile yapıldı.

4. BULGULAR

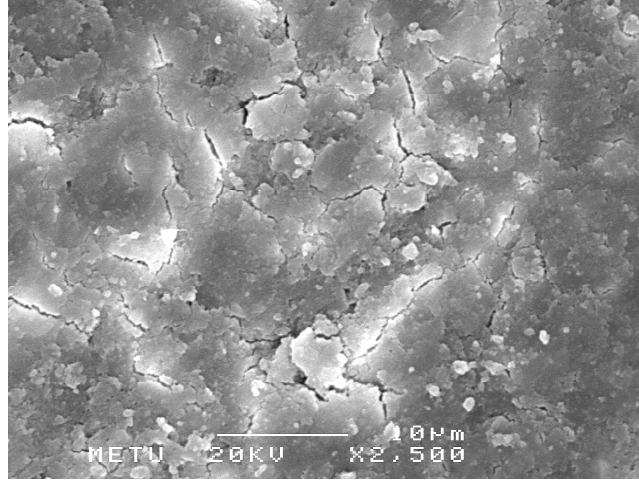
Bu çalışmada kök kanallarının koronal, orta ve apikal bölgelerinde smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla farklı işlemlerin uygulandığı beş çalışma grubuna ait sonuçlar SEM cihazı ile incelenmiştir.

4.1. SEM Cihazı ile Elde Edilen Görüntüler

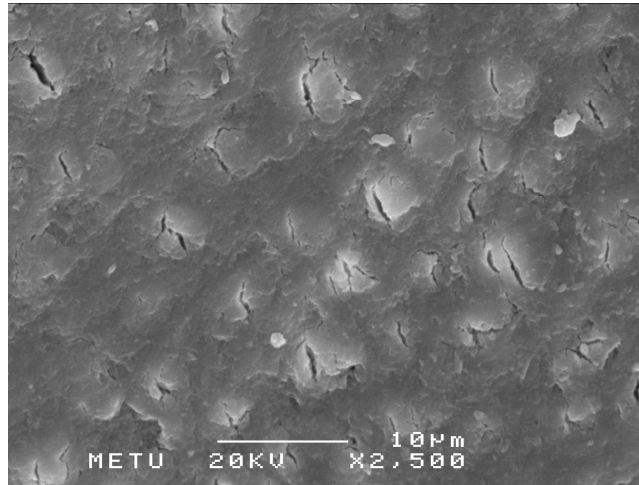
Grup 1 (Kontrol grubu): Son yıkama işleminin sadece % 5.25'lik NaOCl kullanılarak yapıldığı bu grupta; koronal, orta ve apikal üçte birlik bölgelerde tüm kök yüzeyini örten yoğun bir smear tabakası olduğu, yine bu bölgelerde dentin tübüllerinin tamamen smear tabakası ve debrisle tıkalı olduğu izlenmiştir. En fazla düzensiz smear tabakasının bu grupta olduğu ve apikal üçte birlik bölgede smear tabakasının daha yoğun bir hal aldığı da gözlenmiştir (Resim 4.1, 4.2, 4.3).



Resim 4.1: NaOCl ile irriye edilmiş kök kanal dentininin **koronal** üçte birlik bölgesinde yer alan yoğun smear tabakasının (**skor 3**) görünümü (x2500 orijinal büyütme)

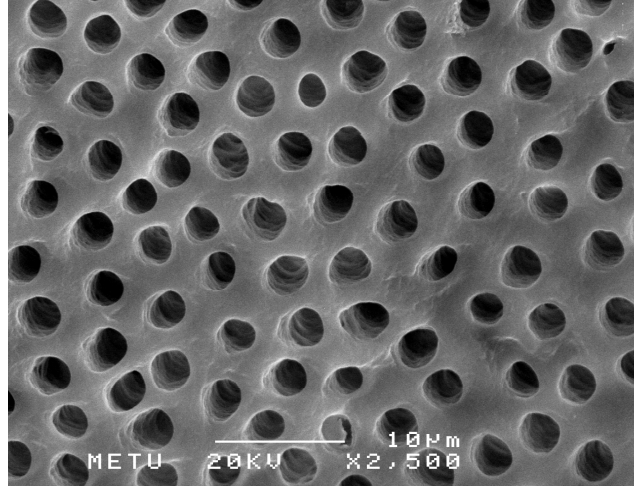


Resim 4.2: NaOCl ile irrigé edilmiş kök kanal dentininin **orta** üçte birlik bölgesinde yer alan yoğun smear tabakasının (**skor 3**) görünümü (x2500 orijinal büyütme)



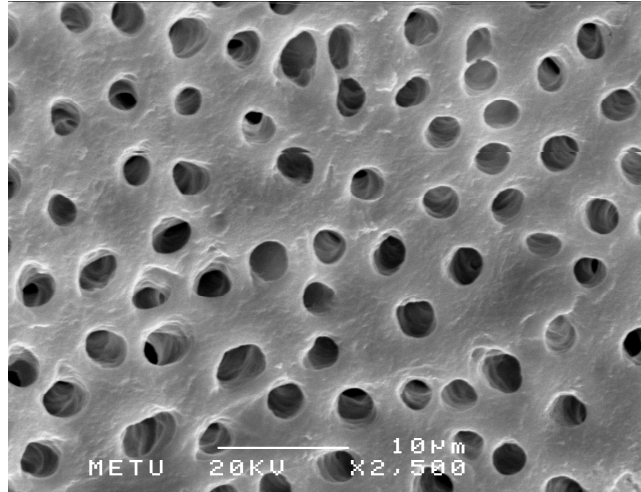
Resim 4.3: NaOCl ile irrigé edilmiş kök kanal dentininin **apikal** üçte birlik bölgesinde yer alan yoğun smear tabakasının (**skor 3**) görünümü (x2500 orijinal büyütme)

Grup 2 (EDTA grubu): Son yıkama işleminin % 17'lik EDTA ve ardından %5,25'lik NaOCl kullanılarak yapıldığı bu gruptaki örneklerin koronal üçte birlik bölgesindeki kök kanalı yüzeyindeki dentin tübüllerinin tamamen açık olduğu gözlenmiştir (Resim 4.4).



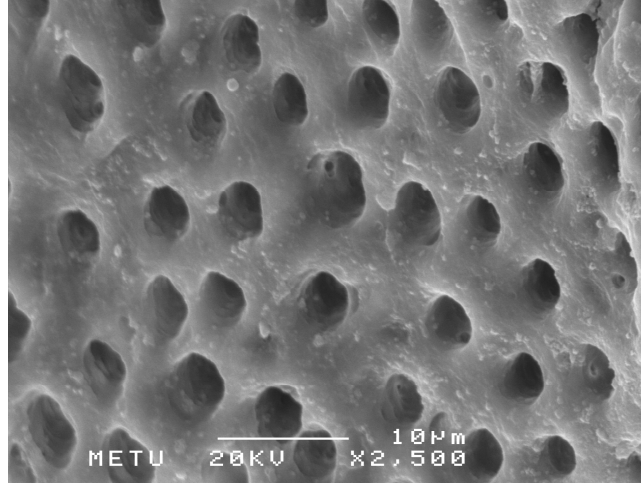
Resim 4.4: EDTA solüsyonu uygulanan kök kanal dentininin **koronal** üçte birlik bölgesinde tamamen açık dentin tübüllerinin (**skor 0**) görünümü (x2500 orijinal büyütme)

Kök kanallarının orta üçte birlik bölgesindeki dentin tübüllerinin de tamamen açık olduğu gözlenmiştir (Resim 4.5).



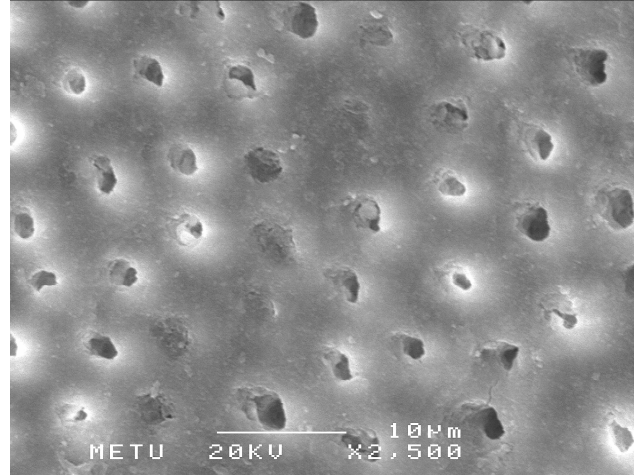
Resim 4.5: EDTA solüsyonu uygulanan kök kanal dentininin **orta** üçte birlik bölgesinde tamamen açık dentin tübüllerinin (**skor 0**) görünümü (x2500 orijinal büyütme)

Kök kanallarının apikal üçte birlik bölgesindeki dentin tübüllerinin çoğunlukla tamamen açık olduğu izlenmiştir (Resim 4.6).



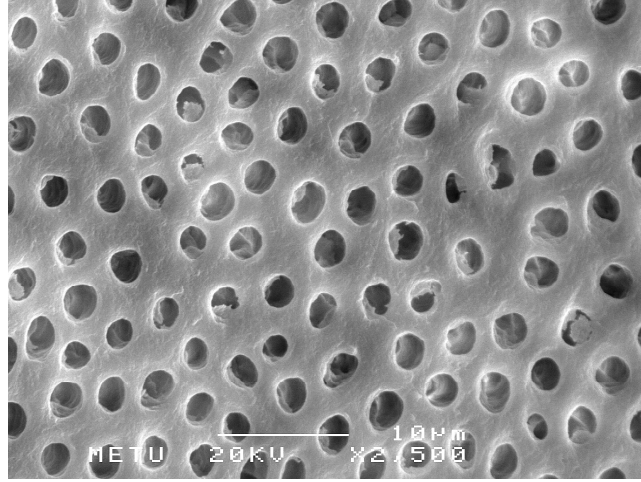
Resim 4.6: EDTA solüsyonu uygulanan kök kanal dentininin **apikal** üçte birlik bölgesinde tamamen açık dentin tübüllerinin (**skor 0**) görünümü (x2500 orijinal büyütme)

Ancak; bazı kök kanallarında smear tabakasının azaldığı ve dentin tübüllerinin ana hatlarıyla görüldüğü tespit edilmiştir (Resim 4.7).



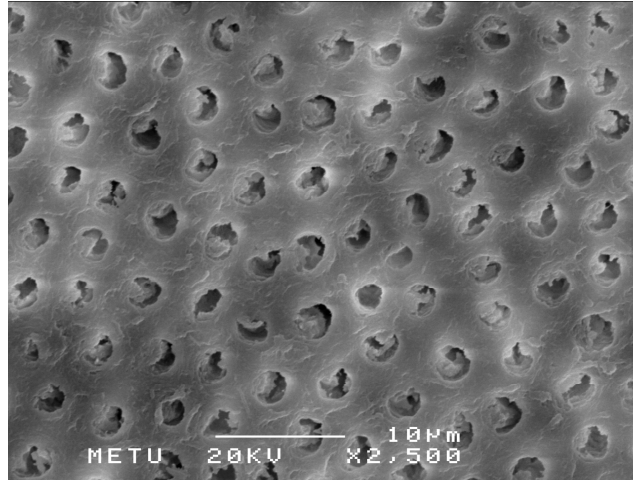
Resim 4.7: EDTA solüsyonu uygulanan kök kanal dentininin **apikal** üçte birlik bölgesinde uzaklaştırılamayan smear tabakası ile birlikte dentin tübüllerinin ana hatlarının (**skor 1**) görünümü (x2500 orijinal büyütme)

Grup 3 (MTAD grubu): Son yıkama işleminin MTAD kullanılarak yapıldığı bu gruptaki örneklerin koronal bölgesindeki kök kanalı yüzeyinde smear tabakasının çoğunlukla tamamen uzaklaştığı ve dentin tübüllerinin tamamen açık olduğu gözlenmiştir (Resim 4.8).



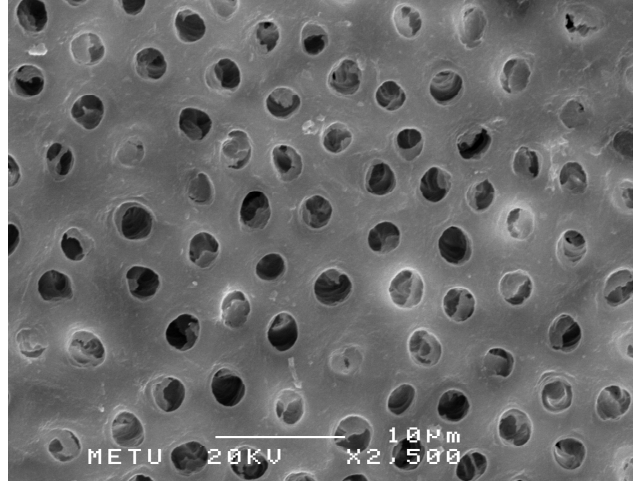
Resim 4.8: MTAD solüsyonu uygulanan kök kanal dentininin **koronal** üçte birlik bölgesinde tamamen açık dentin tübüllerinin (**skor 0**) görünümü (x2500 orijinal büyütme)

Kök kanallarının orta bölgesindeki dentin tübüllerinde çoğunlukla smear tabakasının azalmış olduğu ve dentin tübüllerinin ana hatlarıyla görüldüğü gözlenmiştir (Resim 4.9).



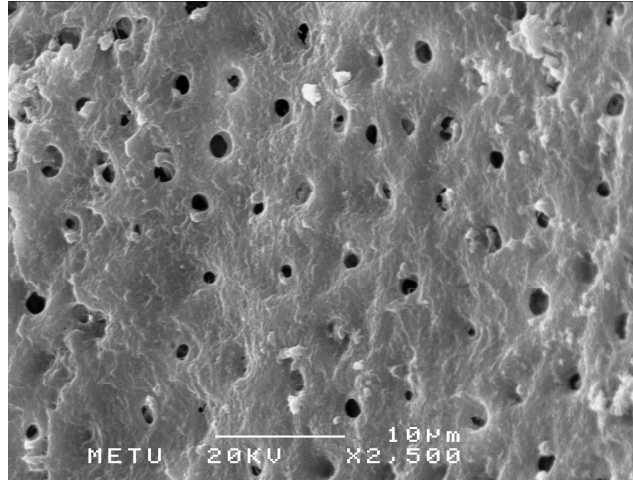
Resim 4.9: MTAD solüsyonu uygulanan kök kanal dentininin **orta** üçte birlik bölgesinde tamamen uzaklaştırılamayan smear tabakası ile birlikte dentin tübüllerinin ana hatlarının (**skor 1**) görünümü (x2500 orijinal büyütme)

Bazı örneklerde ise kök kanallarında smear tabakasının olmadığı ve dentin kanallarının net olarak izlendiği gözlenmiştir (Resim 4.10).



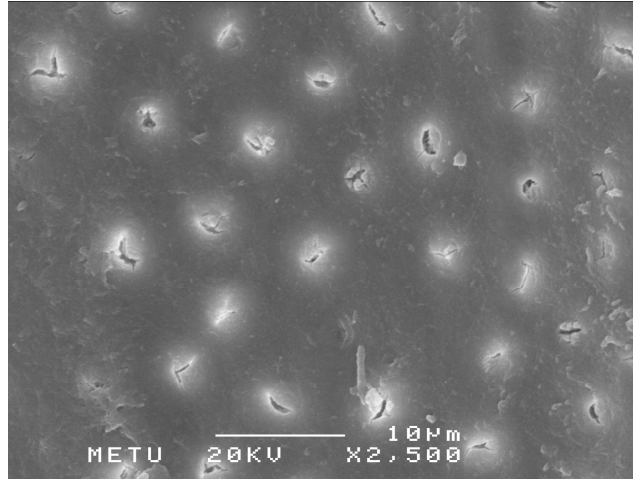
Resim 4.10: MTAD solüsyonu uygulanan kök kanal dentininin **orta** üçte birlik bölgesinde tamamen açık dentin tübüllerinin (**skor 0**) görünümü (x2500 büyütme)

Kök kanallarının apikal üçte birlik bölgesindeki dentin tübüllerinde çoğunlukla smear tabakasının azalmış olduğu ve dentin tübüllerinin ana hatlarıyla görüldüğü gözlenmiştir (Resim 4.11).



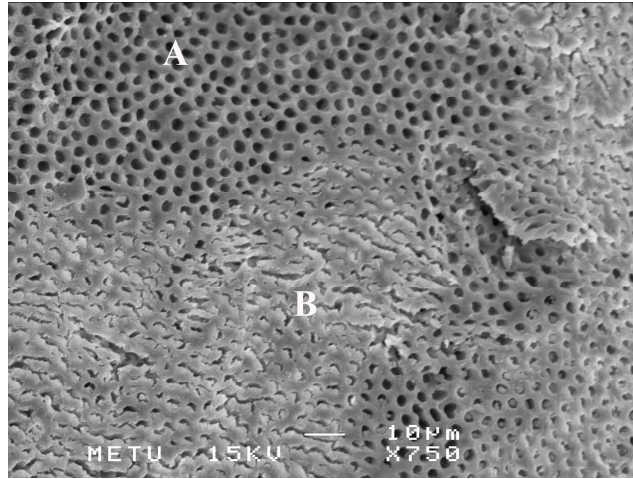
Resim 4.11: MTAD ile muamele edilen kök kanal dentininin **apikal** üçte birlik bölgesinde tamamen uzaklaştırılamayan smear tabakası ile birlikte dentin tübüllerinin ana hatlarının (**skor 1**) görünümü (x2500 orijinal büyütme)

Ancak; bazı örneklerde kök kanallarının yüzeyinde ince bir smear tabakası olduğu ve dentin kanallarının hatlarının net izlenemediği gözlenmiştir (Resim 4.12).



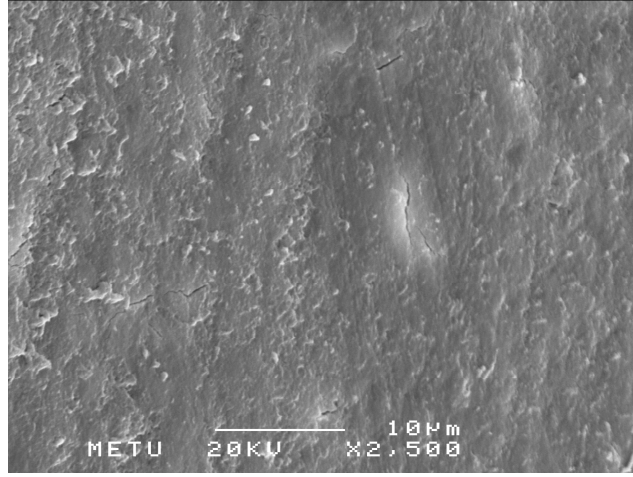
Resim 4.12: MTAD solüsyonu uygulanan kök kanal dentininin **apikal** üçte birlik bölgesinde uzaklaştırılmayan smear tabakası ile birlikte dentin tübül ağzlarının ince bir çatlak şeklindeki (**skor 2**) görünümü (x2500 orijinal büyütme)

Ayrıca bir kök kanalında da hem dentin tübüllerinin tamamen açık olduğu (A) hem de smear tabakasının tamamen uzaklaştırılmadığı (B) görüntüler bir arada gözlenmiştir (Resim 4.13).

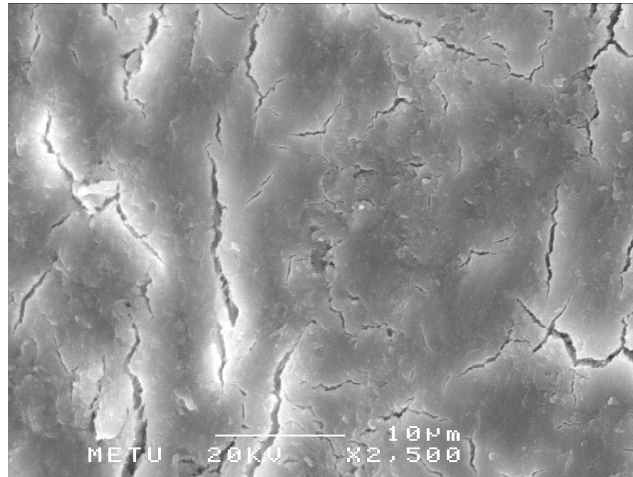


Resim 4.13: MTAD solüsyonu uygulanan kök kanal dentininin **koronal** üçte birlik bölgesinde uzaklaştırılmayan smear tabakası ile birlikte dentin tübüllerinin tamamen açık olduğu görüntü (x750 orijinal büyütme)

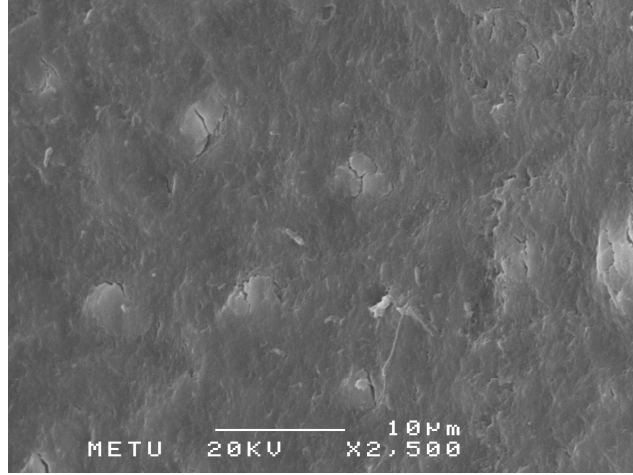
Grup 4 (Er:YAG grubu): Son aşamada Er:YAG lazerin uygulandığı bu grupta, örneklerin koronal, orta ve apikal bölgelerinde çoğunlukla tüm kök yüzeyini örten yoğun bir smear tabakasının mevcut olduğu gözlenmiştir. Kök kanallarının koronal, orta ve apikal bölgelerindeki dentin tübüllerinin de tamamen smear tabakası ve debrisle tıkalı olduğu belirlenmiştir (Resim 4.14, 4.15, 4.16).



Resim 4.14: Er:YAG lazer uygulandıktan sonra kök kanal dentininin **koronal** üçte birlik bölgesinde yer alan yoğun smear tabakasının (**skor 3**) görünümü (x2500 orijinal büyütme)

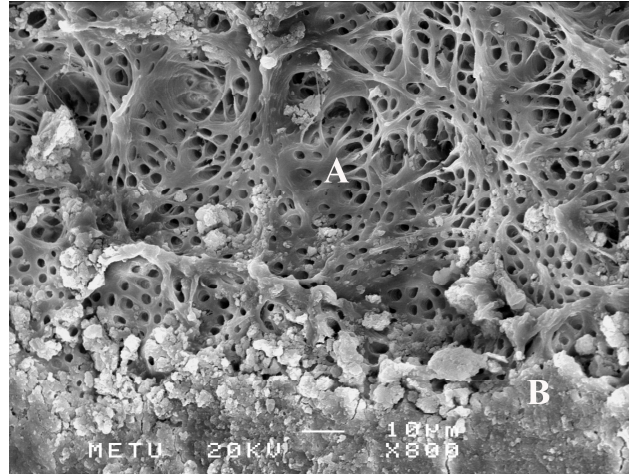


Resim 4.15: Er:YAG lazer uygulandıktan sonra kök kanal dentininin **orta** üçte birlik bölgesinde yer alan yoğun smear tabakasının (**skor 3**) görünümü (x2500 orijinal büyütme)



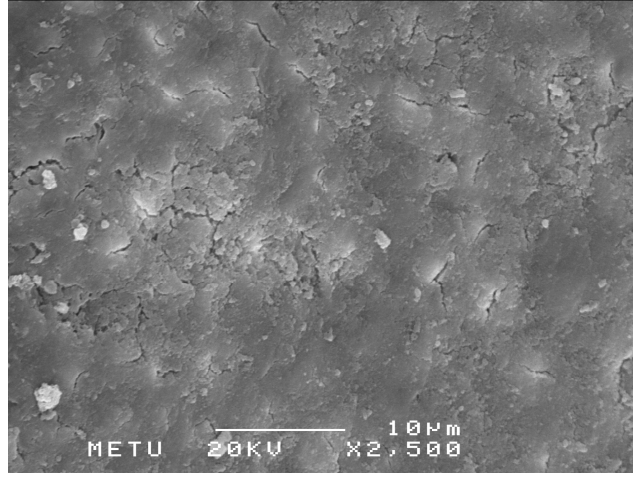
Resim 4.16: Er:YAG lazer uygulandıktan sonra kök kanal dentininin **apikal** üçte birlik bölgesinde yer alan yoğun smear tabakasının (**skor 3**) görünümü (x2500 orijinal büyütme)

Kök kanalında dentin yüzeyi tamamen smear tabakasıyla kaplı olduğu halde çok az sayıdaki örnekte bazı bölgelerde parsiyel erime sahaları (melting) tespit edilmiştir. Bu bölgelerde smear tabakasıyla kaplı ve erimiş olan dentin tübülleri birlikte görüntülenmiştir (Resim 4.17).

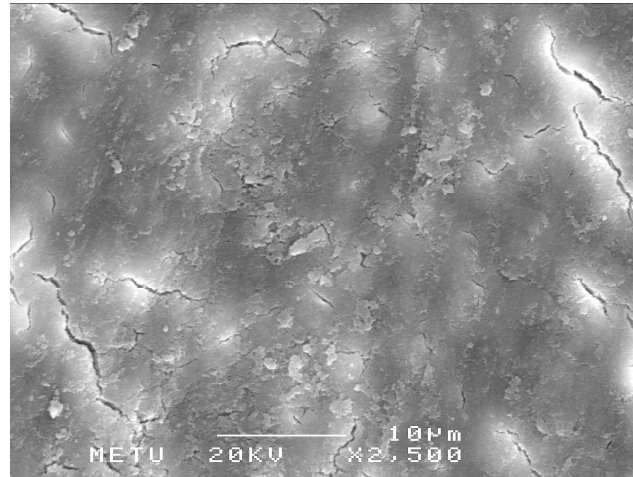


Resim 4.17: Er:YAG lazer uygulandıktan sonra dentin yüzeyinde hem yoğun smear tabakası (A) hem de parsiyel erime sahalarının (B) görünümü (x800)

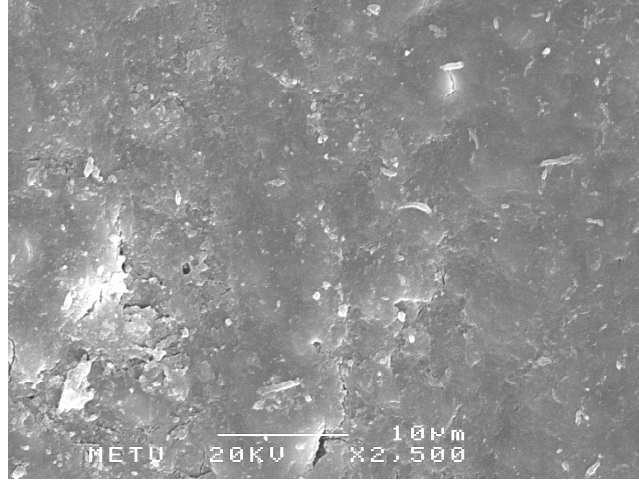
Grup 5 (Nd:YAG grubu): Son aşamada Nd:YAG lazerin uygulandığı bu grupta, örneklerin koronal, orta ve apikal bölgelerinde tüm kök yüzeyini örten yoğun bir smear tabakasının mevcut olduğu gözlenmiştir. Kök kanallarının koronal, orta ve apikal bölgelerindeki dentin tübüllerinin de tamamen smear tabakası ve debrisyle tıkalı olduğu belirlenmiştir (Resim 4.18, 4.19, 4.20).



Resim 4.18: Nd:YAG lazer uygulandıktan sonra kök kanal dentininin **koronal** üçte birlik bölgesinde yer alan yoğun smear tabakasının (**skor 3**) görünümü (x2500 orijinal büyütme)



Resim 4.19: Nd:YAG lazer uygulandıktan sonra kök kanal dentininin orta üçte birlik bölgesinde yer alan yoğun smear tabakasının (**skor 3**) görünümü (x2500 orijinal büyütme)



Resim 4.20: Nd:YAG lazer uygulandıktan sonra kök kanal dentininin **apikal** üçte birlik bölgesinde yer alan yoğun smear tabakasının (**skor 3**) görünümü (x2500 orijinal büyütme)

4.2. SEM Görüntülerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

İki farklı gruptan elde edilen skorların sıra ortalamalarının birbirlerinden anlamlı bir şekilde farklılık gösterip göstermediğini test etmek için Mann Whitney U-testi; üç veya daha fazla skorun birbirinden anlamlı bir şekilde farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için Kruskal Wallis H testi yapılmıştır.

4.2.1.Bölgelere göre gruplar arası farklılıkların değerlendirilmesi:

Kök kanallarının **koronal** üçte birlik bölgesinde yapılan değerlendirme;

En yüksek değerdeki smear tabakası varlığının Grup 1 (NaOCl), grup 4 (Er:YAG) ve grup 5 (Nd:YAG)'de görüldüğü ve bu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı gözlenmiştir ($p>0.05$). Yine aynı değerlendirmede, grup 2 (EDTA) ve grup 3 (MTAD) arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Ancak; Grup 1, grup 4 ve grup 5'e oranla grup 2 ve grup 3'te daha az smear tabakası görüldüğü ve bu gruplar (1, 4, 5 ile 2, 3) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$) (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Koronal bölge için Kruskal Wallis H testi ile yapılan çoklu karşılaştırma

Grup	Örnek sayısı	Sıra ortalaması
Grup 1 (NaOCl)	12	42.50 ^a
Grup 2 (EDTA)	12	11.00 ^b
Grup 3 (MTAD)	12	14.00 ^b
Grup 4 (Er:YAG)	12	42.50 ^a
Grup 5 (Nd:YAG)	12	42.50 ^a

*a ile b arasındaki farklılık % 5 ihtimal düzeyinde istatistiksel açıdan önemlidir.

Başka bir deyişle; kök kanallarının koronal bölgesinde yapılan değerlendirmede smear tabakasını uzaklaştırmada EDTA ve MTAD solüsyonlarının etkili olduğu; kontrol grubu, Er:YAG lazer uygulanan grup ve Nd:YAG lazer uygulanan grupta herhangi bir etki gözlenmediği tespit edilmiştir.

Kök kanallarının **orta** üçte birlik bölgelerinde yapılan değerlendirme;

Örnekler incelendiğinde en yoğun smear tabakası grup1, grup 4 ve grup 5'te görülmüş ve bunlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Aynı bölgede grup 2 ve grup 3'deki örnekler değerlendirildiğinde smear tabakasının grup 2'de grup 3'ten daha iyi uzaklaştırıldığı belirlenmiştir. Bu iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Orta bölge için Kruskal Wallis H testi ile yapılan çoklu karşılaştırma

Grup	Örnek sayısı	Sıra ortalaması
Grup 1 (NaOCl)	12	42.50 ^a
Grup 2 (EDTA)	12	9.50 ^b
Grup 3 (MTAD)	12	15.50 ^c
Grup 4 (Er:YAG)	12	42.50 ^a
Grup 5 (Nd:YAG)	12	42.50 ^a

* a ile b; a ile c ve b ile c arasındaki farklılık %5 ihtimal düzeyinde istatistiksel önemlidir.

Başka bir deyişle; kök kanallarının orta bölgesinde yapılan değerlendirmede smear tabakasının en iyi grup 2’de (EDTA) uzaklaştırıldığı, bunu grup 3’ün (MTAD) takip ettiği belirlenmiştir. Grup 1 (kontrol), grup 4 (Er:YAG) ve grup 5 (Nd:YAG)’in kök kanallarındaki smear tabakasını uzaklaştırmada hiçbir etki oluşturmadıkları tespit edilmiştir.

Kök kanallarının **apikal** üçte birlik bölgesinde yapılan değerlendirme;

Örnekler incelendiğinde en yoğun smear tabakası grup1, grup 4 ve grup 5’te görülmüş ve bunlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Bunu grup 3 ve grup 2 örnekleri izlemiştir. Aynı bölgede smear tabakasının grup 2’de grup 3’ten daha iyi uzaklaştırıldığı belirlenmiştir. Bu iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Apikal bölge için Kruskal Wallis H testi ile yapılan çoklu karşılaştırma

Grup	Örnek sayısı	Sıra ortalaması
Grup 1 (NaOCl)	12	42.50 ^a
Grup 2 (EDTA)	12	9.00 ^b
Grup 3 (MTAD)	12	16.00 ^c
Grup 4 (Er:YAG)	12	42.50 ^a
Grup 5 (Nd:YAG)	12	42.50 ^a

*a ile b; a ile c ve b ile c arasındaki farklılık % 5 ihtimal düzeyinde istatistiksel önemlidir.

Başka bir deyişle; kök kanallarının apikal bölgesinde yapılan değerlendirmede smear tabakasının en iyi grup 2’de (EDTA) uzaklaştırıldığı, bunu grup 3’ün (MTAD) takip ettiği belirlenmiştir. Grup 1 (kontrol), grup 4 (Er:YAG) ve grup 5 (Nd:YAG)’in kök kanallarındaki smear tabakasını uzaklaştırmada hiçbir etki oluşturmadıkları tespit edilmiştir.

4.2.2. Grup içi örneklerde bölgeler arası farklılıkların değerlendirilmesi:

Yapılan değerlendirmede grup 1, grup 4 ve grup 5'e ait örnekler incelendiğinde; koronal, orta ve apikal bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$) (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Grup 1, grup 4 ve grup 5 için Kruskal Wallis H testi ile yapılan çoklu karşılaştırma

Bölge	Örnek sayısı	Sıra ortalaması
Koronal	12	18.50 ^a
Orta	12	18.50 ^a
Apikal	12	18.50 ^a

Grup 2'deki örnekler arasında yapılan değerlendirmede koronal ve orta üçte birlik bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Ancak; orta ve apikal üçte birlik bölgeler arasındaki oluşan farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Ayrıca; koronal ve apikal üçte birlik bölgeler arasındaki farkın da istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Grup 2 için Kruskal Wallis H testi ile yapılan çoklu karşılaştırma

Bölge	Örnek sayısı	Sıra ortalaması
Koronal	12	14.50 ^a
Orta	12	17.50 ^{a,b}
Apikal	12	23.50 ^b

*a ile b arasındaki farklılık % 5 ihtimal düzeyinde istatistiksel açıdan önemlidir.

Sonuç olarak; grup 2'deki (EDTA) örneklerde smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin koronalden apikale doğru giderek azaldığı belirlenmiştir.

Grup 3 için yapılan değerlendirmede tüm bölgeler arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Grup 3 için Kruskal Wallis H testi ile yapılan çoklu karşılaştırma

Bölge	Örnek sayısı	Sıra ortalaması
Koronal	12	11.25 ^a
Orta	12	18.33 ^{a,b}
Apikal	12	25.92 ^b

*a ile b arasındaki farklılık % 5 ihtimal düzeyinde istatistiksel açıdan önemlidir.

Sonuçta; grup 3'deki (MTAD) örneklerde de smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin grup 2'deki gibi koronalden apikale doğru giderek azaldığı belirlenmiştir.

5. TARTIŞMA

Endodontik tedavinin en önemli basamaklarından biri; kök kanallarındaki nekrotik ve parçalanmış pulpa artıklarının, bakterilerin, smear tabakasının, predentin ve diğer organik materyallerin uzaklaştırılarak, kök kanallarının tam olarak temizlenmesi ve şekillendirilmesini sağlamaktır (Stewart ve ark., 1969; Guerisoli ve ark., 2002). Kök kanallarının şekillendirilmesi sonrasında kanal duvarlarında oluşan, organik ve inorganik yapıları içeren smear tabakası, dentin yüzeyinde oluşan yüzeysel tabaka ve dentin tübüllerinin içine uzanan derin tabaka olmak üzere iki tabakadan ibarettir (Cengiz ve ark., 1990; Sundqvist ve Figdor, 1998; Depraet ve ark., 2005).

Smear tabakasının uzaklaştırılıp uzaklaştırılmamasının kök kanal tedavisinin başarısı üzerine olan etkileri tartışılmaktadır. Pashley ve arkadaşları (1981) ile Dippel ve arkadaşları (1984), dentin geçirgenliğini azalttığı ve tübüller içerisine bakteri penetrasyonunu önlediği için smear tabakasının kaldırılmaması gerektiğini bildirmelerine rağmen; bazı araştırmacılar tarafından, bu tabakanın varlığının irrigasyon solüsyonlarının, ilaçların ve kök kanal dolgu maddelerinin dentin tübüllerine penetrasyonunu önlediği, bu nedenle kaldırılması gerektiği rapor edilmiştir (McComb ve Smith, 1975; Moodnik ve ark., 1976; Mader ve ark., 1984; Bystrom ve ark., 1985; Perez ve ark., 1993; Takeda ve ark., 1998a; 1999). Bystrom ve Sundqvist (1985) özellikle bakterilerin mevcut olduğu nekrotik dişlerde kök kanallarının medikasyonunu kolaylaştırmak için, smear tabakasının uzaklaştırılmasının çok önemli olduğunu bildirmişlerdir. Kemomekanik preparasyon ile ilgili mevcut görüş, eğelenen kök kanal yüzeylerine kimyasallar uygulanarak smear tabakasının uzaklaştırılması gerektiğidir. Dentinin yüzey morfolojisinde değişikliğe sebep olan bu materyallerin etkili olabilmesi için yüzeye direkt temas edecek şekilde uygulanması gerektiği rapor edilmiştir (Yamada ve ark., 1983).

Şimdiye kadar kök kanallarından smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla pek çok materyal kullanılmıştır. Bu çalışmada amacımız, genel olarak yapılan karşılaştırmalı çalışmalarda etkili olduğu bildirilen materyal ve teknikleri daha geniş bir çerçevede karşılaştırarak smear tabakasının kaldırılmasında en etkin metodu tespit

etmektedir. Böylelikle konu ile ilgili araştırmalarda değerlendirilerek literatüre ışık tutulacağı ve klinik uygulamalar sırasında ortak bir protokol sağlanacağı kanısındayız.

Smear tabakasının uzaklaştırılmasında hiçbir solüsyonun tek başına etkili olmadığı, bu amaçla irrigasyon solüsyonu olarak organik ve inorganik çözücülerin birlikte kullanılması gerektiği bildirilmiştir (McComb ve Smith, 1975; Moodnik ve ark., 1976; Goldman ve ark., 1981; 1982; Yamada ve ark., 1983; Bystrom ve Sundqvist, 1985; Berg ve ark., 1986; Baumgartner ve Mader, 1987; Takeda ve ark., 1998a).

Dentinin inorganik içeriğini demineralize etmek için EDTA solüsyonunun, organik matriksi çözmek için NaOCl solüsyonunun kullanımı önerilmiştir (Niu ve ark., 2002). Baumgartner ve Mader (1987) kök kanallarının irrigasyonu sırasında EDTA solüsyonunun tek başına kullanımının dentinin çözünmesini önlediğini ve kanal yüzeyinde organik materyallerin biriktiğini, bunun aksine; tek başına NaOCl kullanımı sonucu inorganik madde birikimi gözleendiğini belirtmişlerdir.

Organik doku çözücü özelliği ve mikrobiyal aktivitesi sebebiyle yaygın olarak kullanılan kök kanal irrigasyon ajanı NaOCl'nin, aktif kaynağı organik materyallerle etkileşime giren hipoklorik asit (HOCl) molekülleridir (Moorer ve Wesselink, 1982; Guerisoli ve ark., 2002). Çalışmamızda, günümüzde yaygın olarak kullanılan kök kanal irrigasyon solüsyonu NaOCl, tüm deney gruplarında şekillendirme ve temizleme esnasında her bir eğeleme sonrası kök kanallarının yıkanmasında ve smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla oluşturulan deney gruplarını karşılaştırmak için kontrol grubu olarak kullanılmıştır.

Kök kanal tedavisinde NaOCl solüsyonunun farklı konsantrasyonları farklı amaçlarla kullanılmasına rağmen (Abbott ve ark., 1991; Menezes ve ark., 2003; Sayın ve ark., 2007), smear tabakasının uzaklaştırılmasında %5.25'lik konsantrasyonunun birçok çalışmada kontrol grubu olarak veya kombine kullanılması önerilmiştir (Yamada ve ark., 1983; Takeda ve ark., 1999; Crumpton ve ark., 2005; Kıvanç ve ark., 2007; Mozayeni ve ark., 2007; Khedmat ve Shokoubinejad, 2008). Bu çalışmaları göz önüne

aldığımızda biz de çalışmamızda temizleme ve şekillendirme aşamasında ve kontrol grubu olarak NaOCl solüsyonunun % 5.25'lik konsantrasyonunu kullandık.

Özellikle dar kanallarda kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesini kolaylaştırmak için kullanılan EDTA solüsyonu, dentindeki kalsiyum iyonları ile şelasyon oluşturarak NaOCl'nin etkisini tamamlamaktadır. Şelasyon ajanı olan bu solüsyonun nötral pH' da etkili olduğu bildirilmiştir (Patterson, 1963; Guerisoli ve ark., 2002). Smear tabakasının inorganik bileşenleri üzerine etki eden EDTA solüsyonunun, peritübüler ve intertübüler dentinin dekalsifikasyonuna sebep olduğu, açığa çıkan kollajenleri serbestleştirdiği belirtilmiştir. Serbestleşen bu kollajenlerin NaOCl ile çözünmesi sonucu dentin tübüllerinin açığa çıktığı bildirilmiştir (Goldman ve ark., 1982; Baumgartner ve Mader, 1987; Menezes ve ark., 2003; Teixeira ve ark., 2005).

Ram (1980) yaptığı çalışmada, kök kanallarının temizlenme ve şekillendirilmesi sırasında % 2'lik NaOCl kullanımı sonrasında 15 dakikalık sürelerle uygulanan %15'lik EDTA, RC Prep ve Salvisol'ün smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini incelemiştir. Çalışma sonucunda % 15'lik EDTA'nın; smear tabakasının uzaklaştırılması, dentin tübüllerinin temizlenmesi ve düzgün dentin yüzeyinin elde edilmesi açısından diğer solüsyonlardan daha etkili olduğu bulunmuştur. Yine Verdelis ve arkadaşları (1999) % 15'lik EDTA'nın nötral solüsyonunun kök kanal duvarını RC-Prep'ten daha iyi temizlediğini ve dentin tübüllerinin daha net görüldüğünü göstermişlerdir.

Cengiz ve arkadaşlarının (1990), serum fizyolojik, EDTA ve NaOCl'nin smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini karşılaştırdıkları çalışmada; serum fizyolojinin smear tabakasını uzaklaştırmadığını, smear tabakasının en etkili EDTA ve NaOCl'nin birlikte kullanımı sonucu uzaklaştırıldığını göstermişlerdir.

Tatsuta ve arkadaşları (1999) yaptıkları çalışmada % 5.25'lik NaOCl ve %15'lik EDTA solüsyonunun birlikte kullanımının kök kanallarındaki smear tabakasını etkili bir şekilde uzaklaştırdığını bildirmişlerdir.

Takeda ve arkadaşları (1999) yaptıkları çalışmada temizleme ve şekillendirme sırasında % 5.25'lik NaOCl kullanımını takiben son yıkamada 5 dk boyunca % 17'lik EDTA, % 6'luk sitrik asit ve % 6'luk fosforik asit kullanımı arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığını bildirmişlerdir. Son yıkamada % 17'lik EDTA ve % 5.25'lik NaOCl kullanımının kök kanallarının orta bölgesinde smear tabakasını tamamen uzaklaştırdığını, apikal bölgede ise çok az smear tabakası gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

Menezes ve arkadaşları (2003), tek başına % 2.5'luk NaOCl, % 2'lik klorheksidin ile % 17'lik EDTA'nın kullanımı ile bu materyallerin kombine kullanımı sonucu kök kanal duvarlarından smear tabakasının uzaklaştırılmasını kontrol grubu olarak serum fizyolojik ile karşılaştırmışlardır. Tüm bölgelerde % 17'lik EDTA'nın kullanıldığı gruplarda smear tabakasının istatistiksel olarak önemli derecede azaldığını göstermişlerdir.

Dotto ve arkadaşlarının (2007), kök kanallarındaki smear tabakası ve debrisleri kaldırmak amacıyla % 1'lik NaOCl sonrası % 17'lik EDTA solüsyonu ve % 24'lük EDTA jelinin etkinliğini inceledikleri çalışmada, tek başına % 1'lik NaOCl'nin kullanıldığı kontrol grubunda smear tabakasının hiç uzaklaştırılmadığı, bununla birlikte EDTA solüsyonu ve EDTA jelinin etkili olduğu ve bu materyallerin etkinlikleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı gösterilmiştir.

Önceki yıllarda % 15'lik EDTA solüsyonunun kullanıldığı araştırmalar yerini günümüzde genel olarak % 17'lik EDTA solüsyonunu içeren araştırmalara bırakmıştır. Özellikle smear tabakasının kaldırılmasında NaOCl solüsyonu ile birlikte kullanıldığında başarılı sonuçlar veren EDTA solüsyonunu çalışmamızda % 17'lik konsantrasyonda kullandık.

Yamada ve arkadaşları (1983) kök kanallarındaki smear tabakasının uzaklaştırılması için EDTA'nın birkaç saniyelik uygulanmasının yeterli olacağını, Meryon ve arkadaşları (1987), % 10'luk EDTA'nın 1 dk uygulanmasıyla, Cergneux ve arkadaşları (1987) ise % 15'lik EDTA'nın 4 dk süreyle kullanılması ile smear tabakasının tamamen kaldırılabilceğini belirtmişlerdir.

Çalt ve Serper (2002), % 5'lik NaOCl kullanımını takiben % 17'lik EDTA solüsyonunun 1 ve 10 dakikalık sürelerle uygulanmasının dentinin yapısı ve smear tabakasının kaldırılması üzerine yaptıkları çalışmada, 1 dakikalık uygulamada smear tabakasının tamamen kaldırıldığını, 10 dk uygulandığında ise intertübüler ve peritübüler dentinde aşırı derecede erozyon oluştuğunu, dolayısıyla 1 dakikadan fazla uygulanmaması gerektiğini bildirmişlerdir.

Machado-Silveiro ve arkadaşları (2004) ve Scelza ve arkadaşları (2003) % 10'luk sitrik asit kök kanal dentinini 1 dakikadan daha fazla süreyle ve 1 mililitreden daha yüksek konsantrasyonda uygulandığında % 17'lik EDTA'ya oranla dentinde daha fazla dekalsifikasyon meydana geldiğini göstermişlerdir. Scelza ve arkadaşları (2004) yaptıkları bir başka çalışmada da EDTA-T, EDTA ve sitrik asiti 3, 10 ve 15 dk uygulama sürelerinde dekalsifiye etme etkinliği açısından karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda; en iyi etkinin 3 dk uygulama süresinde görüldüğünü ve dekalsifiye etme etkinliği açısından solüsyonlar arasında hiçbir fark bulunmadığını belirtmişlerdir.

Teixeira ve arkadaşları (2005), 1, 3 ve 5 dk süreyle 3 ml % 15'lik EDTA ve 3 ml % 1'lik NaOCl solüsyonlarını karşılaştırdıkları çalışmada, 1 dakika süreyle yapılan uygulamada kök kanallarındaki smear tabakasının apikal bölgede yeterince kaldırılamadığını, 3 ve 5 dakikalık uygulamaların koronal, orta ve apikal bölgelerde etkili olduğunu ve süreler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığını göstermişlerdir.

De-deus ve arkadaşları (2006), % 17'lik EDTA ve EDTAC ile % 10'luk sitrik asit solüsyonlarını 1, 3 ve 5 dakikalık sürelerle uygulayarak dentinin mikrosertliği üzerine etkilerini in vitro olarak incelemişlerdir. Sonuç olarak; 5 dakikalık uygulamada bütün solüsyonların 1 ve 3 dakikalık uygulamalardan daha etkili olduğunu ve bu sürenin klinik uygulamalar için önerilebileceğini rapor etmişlerdir.

İrrigasyon solüsyonlarının konsantrasyonları ve uygulama süresiyle ilgili farklı görüşler olmakla birlikte Takeda ve arkadaşları (1999), De-deus ve arkadaşları (2006)

ve Teixeira ve arkadaşlarının (2005) yaptıkları çalışmaların sonuçları dikkate alınarak çalışmamızda da % 17'lik EDTA solüsyonu 5 dakikalık süreyle uygulanmıştır.

Mello ve arkadaşları (2008), % 17'lik EDTA solüsyonunun 5, 10, 15 mililitresinin kök kanallarındaki smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmada, gruplar arasında istatistiksel olarak fark bulunmadığını ve son yıkamada 5 ml % 17'lik EDTA solüsyonunun smear tabakasını uzaklaştırmada yeterli olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları dikkate alınarak ve kullandığımız diğer materyal olan MTAD ile aynı miktarlarının kök yüzeyi ile temasının sağlanması açısından çalışmamızda da % 17'lik EDTA 5 mililitresi kullanılmıştır.

Literatürde EDTA içeren farklı preparatların da kök kanallarındaki smear tabakasını uzaklaştırma etkinlikleri araştırılmıştır. Goldman ve arkadaşları (1982) yaptıkları çalışmada; kök kanal preparasyonu sırasında % 5.25'lik NaOCl veya REDTA kullanımını takiben son yıkamada her iki solüsyonun ayrı ayrı ve birlikte kullanımı sonucu kök kanallarındaki smear tabakasının uzaklaştırılma derecesini incelemişlerdir. En etkili yöntemin kök kanal preparasyonu boyunca REDTA kullanımını takiben son yıkamada 10 ml REDTA ve 10 ml NaOCl solüsyonunun ard arda kullanımının olduğunu bildirmişlerdir.

Khedmat ve Shokouhinejad (2008) tarafından, kontrol grubu olarak % 5.25'lik NaOCl ile % 17'lik EDTA, % 10'luk sitrik asit ve SmearClear solüsyonlarının kök kanallarının koronal, orta ve apikal bölgesinde oluşan smear tabakasını uzaklaştırmada etkinliklerinin karşılaştırıldığı çalışmada, kök kanallarının hiçbir bölgesinde kontrol grubu hariç gruplar arasında önemli bir fark olmadığı gösterilmiştir.

Lim ve arkadaşlarının (2003) kök kanallarındaki smear tabakasını uzaklaştırmak için kontrol grubu olarak kullandıkları % 1'lik NaOCl ile % 17'lik EDTA ve GlydeTM File'in etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmada, % 17'lik EDTA ve GlydeTM File arasında önemli bir fark olmadığını ve bu solüsyonların kök kanallarını %1'lik NaOCl'den daha iyi temizlediğini bildirmişlerdir.

Endodontik tedavi esnasında kök kanallarından smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla son yıllarda farklı materyaller de araştırılmıştır. Haznedaroğlu ve Ersev (2001) tarafından yapılan çalışmada; eğelenmiş kök kanal yüzeylerinden smear tabakasının uzaklaştırılmasında % 50'lik sitrik asit ve % 1'lik tetrasiklin-HCl kullanılabileceği gösterilmiştir. Bu iki materyal arasında önemli bir fark rapor edilmemesine rağmen, peritübüler dentini % 1'lik tetrasiklin-HCl'ün % 50'lik sitrik asitten daha az demineralize ettiği belirtilmiştir.

Sadr Lahijani ve arkadaşları (2006) smear tabakasının uzaklaştırılmasında irrigasyon ajanı olarak % 2.5'luk NaOCl, papatya hidroalkolik özü ve çay ağacı yağının temizleme etkinliğini karşılaştırdıkları çalışmada, en etkili uzaklaştırmanın NaOCl kullanımı sonrası son yıkamada % 17'lik EDTA uygulanmasını takiben papatya özünün kullanımıyla meydana geldiğini bulmuşlardır.

Smear tabakasının uzaklaştırılmasında çeşitli irrigasyon solüsyonları ve ultrasonik sistemler kullanılsa da bunların hiçbirinin tek başına tamamen etkili olmadığı bildirilmiştir (Torabinejad, 2002; Torabinejad ve ark., 2003a). Yapılan araştırmalarda smear tabakasını uzaklaştırıp, dentin tübüllerini açarak antibakteriyel ajanların kök kanal sistemine girmesini sağlayan ve dolayısıyla kök kanallarını dezenfekte edebilen bir yöntem geliştirilmeye çalışılmıştır (Torabinejad ve ark., 2003b). Bu amaçla, Torabinejad ve arkadaşları (2003a); temizlenen ve şekillendirilen kök kanalları yüzeyine her eğe kullanımı sonrası % 5.25'lik NaOCl kullanımı sonrası son yıkama solüsyonu olarak 5 ml steril distile su, % 5.25'lik NaOCl, % 17'lik EDTA ve MTAD solüsyonlarını uygulamışlardır. Kök kanal yüzeyinde oluşan smear tabakasının kaldırılması üzerine etkilerini inceledikleri bu solüsyonlar arasında EDTA ve MTAD'nin smear tabakasını uzaklaştırmada diğer gruplara göre daha etkili olduğunu ve bu farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Mozayeni ve arkadaşlarının (2007) 5 ml steril distile su, % 5.25'lik NaOCl, %17'lik EDTA ve MTAD ile yapmış oldukları benzer bir çalışmada elde ettikleri sonuçların bu çalışmanın sonuçlarıyla uyumlu olduğu belirtilmiştir.

Torabinejad ve arkadaşlarının (2003a) ve Mozayeni ve arkadaşlarının (2007) yaptıkları bu çalışmalar dikkate alındığında, smear tabakasının uzaklaştırılmasında MTAD, diğer materyallerle karşılaştırıldığında daha etkili olması ve güncel bir materyal olması sebebiyle çalışmamızın deney grubuna dahil edilmiştir.

Torabinejad ve arkadaşları (2003b) kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi sırasında her ege kullanımı sonrasında distile su, % 0.65'lik; %1.3'lük; % 2.6'lık; % 5.25'lik NaOCl ve MTAD kullanımını takiben temizleme ve şekillendirme işlemi sonrası % 5.25'lik NaOCl, % 17'lik EDTA ve MTAD kullanımının kök kanallarındaki smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırmışlardır. Kök kanallarının koronal, orta ve apikal bölgelerinde kaldırılan debris miktarında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olduğunu belirtmişlerdir. İrrigasyon solüsyonu olarak %5.25'lik NaOCl sonrası % 17'lik EDTA ve % 5.25'lik NaOCl sonrası MTAD kullanılan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını, irrigasyon solüsyonu olarak % 0.65'lik NaOCl ile % 5.25'lik NaOCl sonrası MTAD kullanımı arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olduğunu bildirmişlerdir. % 1.3'lük; %2.6'lık ve % 5.25'lik konsantrasyonlardaki NaOCl'nin smear tabakasını uzaklaştırma etkinlikleri arasındaki fark ise istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır.

Torabinejad ve arkadaşlarının (2003b), bu çalışmalarında MTAD solüsyonunu uygulama öncesinde % 1.3'lük; % 2.6'lık ve % 5.25'lik konsantrasyonlardaki NaOCl kullanımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmaması ve yine Torabinejad ve arkadaşlarının (2003a) diğer bir çalışmalarında MTAD kullanımı öncesinde %5.25'lik NaOCl uygulamasını önermelerinden dolayı çalışmamızda MTAD kullanımı öncesinde % 5.25'lik NaOCl solüsyonu kullandık.

Son yıllarda eğelenen kök kanal duvarlarından debris ve smear tabakasının uzaklaştırılması ve dezenfeksiyon amacıyla kök kanal tedavilerinde lazer kullanımına başlanmıştır (Pashley ve ark., 1981; Önal ve ark., 1993; Harashima ve ark., 1998; Kıvanç ve ark., 2007). Endodontik tedavide lazer uygulamaları sonucu oluşan morfolojik değişiklikler birçok çalışmaya konu olmuştur (Anic ve ark., 1996; Takeda ve ark., 1998a; 1998b; 1999; Barbakow ve ark., 1999; Lan ve ark., 2000; Yamazaki ve

ark., 2001; Kumar ve ark., 2002; Khabbaz ve ark., 2004; da Costa Ribeiro ve ark., 2007). Biz de çalışmamızda literatürde yer alan çalışmalardan farklı olarak smear tabakasının etkin bir şekilde uzaklaştırılması amacıyla lazer kullanımının farklı irrigasyon solüsyonları ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesini amaçladık.

Biyomekanik preparasyonu takiben kök kanallarındaki smear tabakasını uzaklaştırmada, CO₂ lazer (Anic ve ark, 1996), Nd:YAG lazer (Saunders ve ark., 1995; Anic ve ark., 1996; Harashima ve ark., 1997), Argon lazer (Moshonov ve ark., 1995a; Anic ve ark., 1996), Er,Cr:YSGG lazer (Yamazaki ve ark., 2001), Er:YAG lazer (Takeda ve ark., 1998b; Kimura ve ark., 2002) tiplerinin etkili şekilde kullanılabileceği bildirilmiştir.

Endodontik tedavilerde smear tabakasının uzaklaştırılmasında en sık kullanılan lazer tipleri Er:YAG ve Nd:YAG lazerlerdir. Hidroksiapatite karşı yüksek afinitesi nedeniyle sert dokular üzerine etkili olan Er:YAG lazerler, dokudaki ve inorganik yapılar içerisindeki su tarafından absorbe edilerek doku içerisinde basınç oluşmasına ve dokuların parçalanmasına sebep olurlar (Sasaki ve ark., 2002; Lee ve ark., 2004a). Su tarafından iyi absorbe edilememesine rağmen, protein, pigmente dokular ve koyu renkli yüzeyler tarafından daha iyi absorbe edilen (Barbakow ve ark., 1999) Nd:YAG lazerin smear tabakasını uzaklaştırmada Er:YAG lazerlere göre daha az etkili olduğu rapor edilmiştir (Goya ve ark., 2000).

Takeda ve arkadaşlarının (1998a) % 17'lik EDTA solüsyonu ile Argon, Nd:YAG ve Er:YAG lazerlerin kök kanallarındaki smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinliklerini inceledikleri çalışmada, Argon (50 mJ, 1 W, 5 Hz), Nd:YAG (200 mJ, 2W, 20 Hz) ve Er:YAG (100 mJ, 1 W, 10 Hz) lazerlerin % 17'lik EDTA'dan daha etkili olduğu, bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu, lazer tipleri arasında ise Er:YAG lazerin daha etkili bulunmasına rağmen, farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir.

Takeda ve arkadaşları (1999) CO₂ ve Er:YAG lazer ile % 6'lık sitrik asit, %6'lık fosforik asit ve % 17'lik EDTA kullanımının kök kanallarındaki smear

tabakasını uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmada, temizlendirme ve şekillendirme sırasında % 5.25'lik NaOCl kullanmışlardır. Sonuçta; % 17'lik EDTA ile % 6'luk sitrik asit ve % 6'luk fosforik asit arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı, CO₂ ve Er:YAG lazer ile olan farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bildirilmiştir. Smear tabakasını uzaklaştırmada en etkili grubun Er:YAG lazer uygulanan grup olduğu belirtilmiştir.

Aranha ve arkadaşları (2005), kök yüzeyindeki dentin geçirgenliği üzerine Nd:YAG lazerin iki parametresi (1 W, 1 Hz ve 1,5 W, 1,5 Hz) ile Er:YAG lazerin (60mJ, 2 Hz, 4x20 sn, 6 mm mesafe) etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmada, Nd:YAG lazerin 1.5 W, 1.5 Hz uygulanması ile Er:YAG lazer arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığını, Nd:YAG lazerin 1 W, 1 Hz uygulanmasında ise daha az etkinlik görüldüğünü rapor etmişlerdir. Endodontik tedavide, farklı aşamalarda lazerlerin kullanımıyla ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların bir kısmı smear tabakasının uzaklaştırılması üzerine olup bu amaçla sıklıkla kullanımı tavsiye edilen Er:YAG ve Nd:YAG lazerdir. Literatürde bu iki lazerin etkinlikleri ile ilgili farklı sonuçlar bulunmasından dolayı çalışmamızda bu lazerlere yer verilmiştir.

Kök kanallarındaki smear tabakasının kaldırılması ile ilgili yapılan araştırmalar göz önüne alınarak kontrol grubu olarak % 5.25'lik NaOCl, deney grupları olarak % 17'lik EDTA ve MTAD solüsyonları ile Er:YAG ve Nd:YAG lazerler belirlenmiştir.

Çalışmamızda kullanılan materyallerin ve uygulama metodlarının açıklanmasının ardından çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde araştırma bulgularının sonuçları tartışılacaktır.

Menezes ve arkadaşları (2003) iki dakikalık sürelerle, tek başına % 2.5'luk NaOCl, % 2'lik klorheksidin ile % 17'lik EDTA'nın kullanılması ile yine NaOCl ve klorheksidinin EDTA ile birlikte kullanımı sonucu kök kanal duvarlarından smear tabakasının uzaklaştırılmasını kontrol grubu olarak serum fizyolojik ile karşılaştırmışlardır. Tek başına % 2'lik klorheksidin glukonatın smear tabakasını

uzaklaştırmadığını ve tüm bölgelerde % 17'lik EDTA'nın kullanıldığı gruplarda smear tabakasının istatistiksel olarak önemli derecede azaldığını göstermişlerdir.

Yamashita ve arkadaşları (2003) % 2'lik klorheksidin, % 2.5'luk NaOCl ve %2.5'luk NaOCl ile % 17'lik EDTA'nın kombine kullanımının kök kanallarındaki smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini inceledikleri çalışmada, klorheksidin veya %2.5'luk NaOCl kullanımının smear tabakasını uzaklaştırmada yetersiz olduğunu bildirmişlerdir. En etkili sonuçların % 2.5'luk NaOCl ve % 17'lik EDTA solüsyonlarının kombine kullanımında görüldüğünü rapor etmişlerdir.

Yamada ve arkadaşları (1983), kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi sırasında % 5.25'lik NaOCl kullanımını takiben son yıkamada %8.5'luk EDTA, % 17'lik EDTA, % 25'lik sitrik asit, % 8.5'luk EDTA ve % 5.25'lik NaOCl, % 17'lik EDTA ve % 5.25'lik NaOCl ile % 25'lik sitrik asit ve % 5.25'lik NaOCl kullanımının kök kanallarındaki smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırmışlardır. En etkili uzaklaştırmamanın son yıkamada % 17'lik EDTA uygulamasını takiben % 5.25'lik NaOCl'nin kullanıldığı grupta gözlemlendiği bildirilmiştir.

Çalışmamızda kök kanallarındaki smear tabakasının uzaklaştırılmasında %17'lik EDTA solüsyonunun ardından % 5.25'lik NaOCl uygulanan grubun en etkili yöntem olduğu ve bu sonuçların Yamada ve arkadaşları (1983), Yamashita ve arkadaşları (2003) ve Menezes ve arkadaşlarının (2003) sonuçlarıyla uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Torabinejad ve arkadaşları (2003a); temizlenen ve şekillendirilen kök kanalları yüzeyine son yıkama solüsyonu olarak 5 ml steril distile su, % 5.25'lik NaOCl, % 17'lik EDTA ve MTAD solüsyonlarını uygulamışlardır. Kök kanal yüzeyinde oluşan smear tabakasının kaldırılması üzerine etkilerini inceledikleri bu solüsyonlar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olduğunu belirtmişlerdir. Bu araştırmacılar, NaOCl ve kontrol grubu olarak distile suyun kullanıldığı gruplarda istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığını, ancak son yıkama solüsyonu olarak EDTA ve MTAD'nin

kullanıldığı gruplar ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu rapor etmişlerdir. Smear tabakasının kaldırılması için son yıkama solüsyonu olarak EDTA ve MTAD'nin kullanıldığı gruplarda kanalın koronal ve orta bölgesinde etkinlik açısından farklılık olmamasına rağmen, apikal bölgede MTAD'nin EDTA'dan daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. EDTA ve MTAD'nin kullanıldığı gruplarda erozyon miktarıyla ilgili yapılan değerlendirmede koronal ve orta bölgede EDTA kullanımının daha çok erozyona sebep olduğu, apikal bölgede ise gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olmadığını belirtmişlerdir.

Mozayeni ve arkadaşlarının (2007) 5 ml steril distile su, % 5.25'lik NaOCl, %17'lik EDTA ve MTAD ile yapmış oldukları benzer bir çalışmada elde ettikleri sonuçların bu çalışmanın sonuçlarıyla uyumlu olduğu belirtilmiştir.

Çalışmamızın bulgularında EDTA ve MTAD'nin koronal bölgede aynı derecede etkili olmasına rağmen, orta ve apikal bölgede EDTA'nın daha etkili olduğu, ayrıca EDTA'nın uygulandığı gruplarda erozyonun oluşmadığı gözlenmiştir. Torabinejad ve arkadaşlarının (2003a) ve Mozayeni ve arkadaşlarının (2007) yaptıkları çalışmalarda, tüm gruplardaki solüsyonlardan 1 ml kanala uygulandıktan sonra 4 dk beklenip 15 numaralı bir kanal eğesi ile kök kanalları karıştırılmıştır. Daha sonra kalan 4 ml solüsyon ile kök kanalları yıkanmış ve toplam uygulama süresi 5 dk olarak belirlenmiştir. Bizim çalışmamız da ise, MTAD solüsyonu Torabinejad ve arkadaşlarının uyguladığı gibi iki aşamada kanalı eğelenerek kullanılırken, EDTA solüsyonu farklı olarak klinik uygulamalar için sıklıkla tavsiye edilen protokole (Takeda ve ark., 1999; Crumpton ve ark., 2005; Khedmat ve Shokouhinejad, 2008) uygun şekilde kullanılmıştır. Bir başka deyişle, son yıkamada kök kanallarına 5 dk boyunca 5ml % 17'lik EDTA ve ardından % 5.25'lik NaOCl uygulanmıştır. Çalışmamızın sonuçları ile Torabinejad ve arkadaşlarının (2003a) ve Mozayeni ve arkadaşlarının (2007) sonuçları arasındaki farklılıkların, bu şekildeki solüsyonların kök kanallarına uygulama farklılığından kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Smear tabakasının uzaklaştırılmasında, değişik miktarlarda ve sürelerde irrigasyon solüsyonlarının kullanımında farklı sonuçlar olmasına rağmen, yapılan

çalışmalarda sıklıkla kök kanallarının koronal ve orta üçte birlik bölgesinde apikal bölgeye oranla daha etkili temizlemenin görüldüğü belirtilmiştir (Baumgartner ve Mader, 1987; White ve ark., 1987; Bitter, 1989; Çalt ve Serper, 2000; Torabinejad ve ark., 2003a; Khedmat ve Shokouhinejad, 2008). Kanalların koronal ve orta üçte birlik bölgelerdeki çapının apikal bölgeden daha geniş olması ve bu bölgelerde solüsyonun dentinle temasının ve akıcılığının daha iyi sağlanması nedeniyle bu sonuca varıldığı bildirilmiştir (Baumgartner ve Mader, 1987; Ciucchi ve ark., 1989; Takeda ve ark., 1999; Çalt ve Serper, 2000; Torabinejad ve ark., 2003a; Teixeira ve ark., 2005; Khedmat ve Shokouhinejad, 2008). Yine O'Connell ve arkadaşlarının (2000) yaptıkları çalışmada; son yıkamada üç farklı EDTA solüsyonu (% 15 disodyum EDTA'nın alkalın tuzu, % 15 tetrasodyum EDTA'nın asit tuzu ve % 25 tetrasodyum EDTA'nın alkalın tuzu) ve % 5.25'lik NaOCl kullanıldığında smear tabakası koronal ve orta üçte birlik bölgeden tamamen uzaklaştırılırken, bu etkinlik apikal üçte birlik bölgede azalmıştır.

Çalışmamızda, smear tabakasının uzaklaştırıldığı tespit edilen deney gruplarında (EDTA ve MTAD), koronal ve orta üçte birlik bölgede apikal üçte birlik bölgeden daha fazla etkinlik görüldüğü, bu yöndeki sonuçlarımızın diğer araştırmacıların sonuçları ile paralellik gösterdiği gözlenmiştir.

Lazerin endodontik tedavide kullanılması sonucu kök kanal duvarında eriyik alanlar (melting) ve rekristalize yapı varlığı rapor edilmektedir (Dederich ve ark., 1984; Stabholz ve ark., 1992; Lee ve ark., 2002; Kıvanç ve ark., 2007).

Zhang ve arkadaşları (1998) dentin geçirgenliği üzerine Nd:YAG lazerle birlikte öncü materyalin (mürekkep, % 38 $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{F}$) kullanılmasının lazerin etkinliğini artırıp arttırmadığını incelemişlerdir. Sonuçta; apikal bölgede gruplar arasında farklılığın olmadığı bildirilmiştir. Aynı zamanda, koronal ve orta bölgede Nd:YAG lazer kullanımından önce yüzeye öncü materyal uygulanan ve uygulanmayan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olduğu, yüzeye mürekkep veya % 38 $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{F}$ uygulanan gruplarda açık dentin tübülleri, eriyik alanlar görüldüğü ve smear tabakasının buharlaştığı belirtilmiştir.

Barbakow ve arkadaşları (1999) dentin yüzeyinde smear tabakası ve debrisin kaldırılması amacıyla Nd:YAG lazeri farklı enerji yoğunluklarında (159, 239 ve 318 J/cm²) uygulamışlardır. Sonuç olarak, kök kanallarının tüm bölgelerinde üç Nd:YAG lazer grupları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığını ve smear tabakasının Nd:YAG lazer ile uzaklaştırılmadığını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada, tüm grupların apikal üçte birlik bölgelerinde ve sadece 318 J/cm² enerji yoğunluğu uygulanan grubun koronal ve orta üçte birlik bölgelerinde rekristalize alanların oluştuğunu ve 318 J/cm² enerji yoğunluğu uygulanan grubun apikal üçte birlik bölgesinde ise ciddi oranda karbonizasyon alanlarının görüldüğünü rapor etmişlerdir.

Kıvanç ve arkadaşları (2007), kök kanallarındaki debris ve smear tabakasını uzaklaştırmasında Er:YAG (1.8 W, 120 mJ, 15 Hz, 381 J/cm², 2.94 µm, 20 sn) ve Nd:YAG (1.8 W, 120 mJ, 15 Hz, 381 J/cm², 1.064 µm, 40 sn) lazerlerin etkinliklerini ve oluşan rekristalizasyon alanlarını inceledikleri çalışmada, kontrol grubu olan %5,25'lik NaOCl ile lazer uygulanan gruplar arasında küçük farklılıklar görülmesine rağmen bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığını ve lazer ışığının debris ve smear tabakasını uzaklaştırmada etkili olmadığı bildirmişlerdir. Aynı çalışmada rekristalize dentin açısından da gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın bulunmadığı bildirilmiştir.

Lazerin güç seviyesi, enerji modu, dağıtım sistemi, ışınlama süresi (Goya ve ark., 2000), dokudaki absorpsiyon miktarı, kök kanalının geometrisi ve lazer ucu ile hedef doku arasındaki mesafe (Dederich ve ark., 1984; Moshonov ve ark., 1995a) gibi farklı parametrelerden dolayı aynı doku üzerinde farklı etkilerin oluşabileceği bildirilmiştir. Bu nedenle çalışmamızda, kök kanallarındaki smear tabakasının uzaklaştırılmasında üretici firmaların önerileri doğrultusunda 1.8 W, 120 mJ, 15 Hz, 381 J/cm², 2940 nm, 40 sn parametrelerinde Er:YAG lazer ve 1 W, 100 mJ, 15 Hz, 381 J/cm², 1064 nm, 40 sn parametrelerinde Nd:YAG lazer kullanılmıştır. Bu lazerlerle yapmış olduğumuz çalışmamızda, her iki lazer tipinin de smear tabakasının uzaklaştırılması üzerine etkili olmadığı gözlenmiştir. Bu sonuçlar; Barbakow ve arkadaşları (1999), Zhang ve arkadaşları (1998) ile Kıvanç ve arkadaşlarının (2007)

sonuçları ile uyumlu bulunmuştur. Ayrıca; çalışmamızda lazer uygulamaları sonucu kök kanallarında rekristalizasyon alanları ve karbonizasyon gözlenmemiştir.

Dezenfeksiyonun sağlanması ve smear tabakasının kaldırılması amacıyla kök kanallarına lazer uygulamaları sırasında oluşan kanal içi ısı artışının periodontal dokularda doku nekrozu, kök rezorpsiyonu veya ankiloza neden olabilen zararları bildirilmiştir (Wang ve ark., 2005). Ancak; lazer ışınının üretici firma önerileri doğrultusunda kullanımı ile dokularda bu zararın oluşmadığı gösterilmiştir (White ve ark., 1994; Ramsköld ve ark., 1997).

Lan (1999) çalışmasında, kök kanallarında farklı enerji yoğunluklarındaki Nd:YAG lazerin (50, 80, 100, 150 ve 200 mJ/atım; 20, 25 ve 30 atım/dk) kullanımı sırasında kök yüzeylerinde oluşan ısı değişikliklerini değerlendirmiş ve lazerin 2 sn süreyle, 100 mJ/atım ve 20 atım/dk altındaki enerjilerde ısı değişikliğinin 10 °C'yi geçmediğini bildirmiştir.

Kimura ve arkadaşları (2002) tarafından Er:YAG lazer (2 Hz, 136-184 ve 170-230 mJ/atım, 1 dk) uygulamaları sonrasında kök yüzeyinde oluşan ısı değişikliklerini ve periodontal bölgedeki ısısal etkiyi değerlendirdikleri çalışmada, ısı artışının apikal bölgede 6 °C' den, orta bölgede 3 °C' den az olduğunu, 1 dk süre ile ve 230 mJ/atım' dan az olan lazer uygulamalarında periodontal hasarın oluşmadığını bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar bu lazerin kök kanallarında oluşturduğu morfolojik değişiklikleri değerlendirdiklerinde, kök kanallarında smear tabakasının uzaklaştırıldığını ve herhangi bir erime sahası ve karbonizasyon oluşmadığını bildirmişlerdir.

Wigdor ve arkadaşları (1993) Er:YAG lazerin Nd:YAG ve CO₂ lazerden daha az termal zarara neden olduğunu belirtmişlerdir. Lazer uygulaması sırasında su soğutması kullanımının kök kanal dentinindeki sıcaklık artışını önlediği ve oluşan zararı azalttığı rapor edilmiştir (White ve ark., 1994; Armengol ve ark.; 1999; Takeda ve ark., 1999; Levy, 1992) Isısal hasarları önlemek için su soğutmasının gerekli olmasına rağmen fazla suyun absorpsiyonu etkileyebileceği ve lazerin ablasyon oranını azaltacağı belirtilmiştir (Lee ve ark., 2004b). Çalışmamızda da termal zararları önlemek için

Er:YAG ve Nd:YAG lazer uygulamalarında üretici firmanın uygun gördüğü şekilde 2cc/dk su spreyi kullanılmıştır. Er:YAG lazer 2 kez 20 sn, Nd:YAG lazer 4 kez 10 sn sürelerle toplamda 40 sn olacak şekilde uygulanmıştır.

Camargo ve arkadaşları (2005), kök kanal duvarlarına iki farklı parametre (100 mJ, 15 Hz, 1.5 W ve 160 mJ, 15 Hz, 2.4 W) ve iki farklı yönde (dik ve paralel) uygulanan Nd:YAG lazerin etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmada, yüzeye dik ve paralel uygulama arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu, 160 mJ, 15 Hz, 2.4 W uygulanan gruplarda yüzeye paralel yapılan uygulamada birkaç yerde, dik uygulandığında ise tüm yüzeyde erime sahalarının gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

Anic ve arkadaşları (1998) dentin yüzeyine lazer ışığının dik veya paralel uygulanması sonucu yüzeyinde oluşan morfolojik değişiklikleri inceledikleri çalışmada, lazer ışığının dik olarak uygulandığı durumlarda dentinde hiçbir etki görülmemesinden erimiş dentine kadar değişen birçok etkinin oluştuğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Santos ve arkadaşları (2005) kök kanal duvarlarına lazerin, optik fiber yardımıyla paralel olarak uygulanması sonucu etkinlik kaybının oluştuğunu belirtmişlerdir. Takeda ve arkadaşları (1998b) ve Khabbaz ve arkadaşları (2004) Er:YAG lazerin kanal yüzeyine dik uygulandığı zaman kök kanal duvarlarındaki smear tabakası ve debrisin daha iyi uzaklaştığını bildirmişlerdir. Dentin tarafından absorbe edilen enerji miktarının ve kök kanal yüzeyindeki morfolojik değişikliklerin lazer ışığının açısındaki farklılıklardan etkilendiğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, fiber optik uç kanala paralel olarak uygulandığında enerjinin yoğunlaştığı bölgelerde ısısal hasarların oluşabileceği tespit edilmiştir.

Çalışmamızda kullanılan Er:YAG ve Nd:YAG lazerlerin kök kanal duvarına uygulanması sonucu kanal duvarında genel olarak herhangi bir etki görülmezken, Er:YAG lazerin uygulandığı 12 örnekten sadece bir örnekte kök yüzeyinin koronal ve orta bölgelerinde noktasal erime sahaları görülmüştür. Bunun sebebinin lazer uygulaması sırasında operatörün tecrübe ve yeteneğine bağlı olarak oluşan, optik fiberin kanal yüzeyi ile yaptığı açisal farklılıktan kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Mevcut lazer fiber optik uçlarının kök kanallarına uygulanmasında lateral kanallara yeterince ulaşılabilmesi ve kanal yüzeyine lazer ışığının dik olarak gönderilememesi nedeniyle günümüzde kullanılabilecek yeni lazer uçlarının geliştirilmesi üzerine çalışmaların yoğunlaştığı bildirilmiştir (Stabholz ve ark., 2004).

Kök kanallarındaki smear tabakasının uzaklaştırılması ile ilgili görüntülerin incelenmesinde çok sayıda yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar arasında SEM cihazı ile görüntüleme yönteminin ayrıntılı bilgi veren (Stewart ve ark., 1969; Bitter, 1989; Ciucchi ve ark., 1989), güvenilir ve bu nedenle de en sık kullanılan yöntem olduğu (Ram, 1980; White ve ark., 1987; Baumgartner ve Cuenin, 1992; Hülsmann ve ark., 1997) bildirilmiştir. Smear tabakasının uzaklaştırılmasında irrigasyon solüsyonlarının ve Er:YAG ve Nd:YAG lazerlerin etkinliklerinin incelendiği çalışmamızda bu avantajlarından dolayı SEM cihazının kullanımı tercih edilmiştir.

Sonuç olarak, günümüzde kök kanallarındaki smear tabakasının uzaklaştırılması; irrigasyon solüsyonlarının, ilaçların ve kök kanal dolgu maddelerinin dentin tübüllerine penetrasyonunun sağlanması açısından önem taşımaktadır. Bu amaçla, birçok materyal ve uygulama tekniğinden yararlanılmıştır. Ancak şu ana kadar hiçbir materyal tek başına kök kanallarından smear tabakasını tam olarak uzaklaştıramamıştır. Smear tabakasının kaldırılması konusunda alternatif materyal ve tekniklerle ilerleme sağlansa da kök kanallarına EDTA ve ardından NaOCl solüsyonlarının uygulanması halen en çok tercih edilen yöntemdir. Son yıllarda kullanımı önerilen MTAD solüsyonu, Er:YAG ve Nd:YAG lazer cihazlarının smear tabakasının kaldırma etkinliklerinin geliştirmesi için yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kök kanallarındaki smear tabakasının uzaklaştırılmasında en etkili materyalin EDTA solüsyonu olduğu, bunu MTAD solüsyonunun takip ettiği gözlenmiştir.

Bu çalışmada belirtilen parametrelerde kanal duvarına paralel olarak kullanılan Er:YAG ve Nd:YAG lazerlerin smear tabakasını uzaklaştırmada etkili olmadığı bulunmuştur.

Smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkinliği tespit edilen EDTA ve MTAD solüsyonu uygulanan gruplarda, bu etkinliğin kanalda koronalden apikale doğru gidildikçe azaldığı belirlenmiştir.

Gelecekteki çalışmalarda bu lazerlerin farklı parametrelerinin ve kök kanal duvarına dik yönde de ışın gönderebilen lazer uçlarının kullanımı sonucu smear tabakasının uzaklaştırılma etkinliği değerlendirilmelidir.

7. KAYNAKLAR

- Abbott, P.V., Heijkoop, P.S., Cardaci, S.C., Hume, W.R., Heithersay, G.S. (1991). An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *International Endodontic Journal*, **24 (6)**, 308- 316.
- Abou-Rass, M., Piccinino, M.V. (1982). The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **54 (3)**, 323- 328.
- Ahmad, M., Pitt Ford, T.J., Crum, L.A. (1987). Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *Journal of Endodontics*, **13 (10)**, 490- 499.
- Aktener, B.O., Cengiz, T., Pişkin, B. (1989). The penetration of smear material into dentinal tubules during instrumentation with surface-active reagents: a scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics*, **15 (12)**, 588- 590.
- Aktener, B.O., Bilkay, U. (1993). Smear layer removal with different concentrations of EDTA-ethylenediamine mixtures. *Journal of Endodontics*, **19 (5)**, 228- 231.
- Alaçam, T. (2000). Kök kanal irrigasyonu. Endodonti. Barış Yayınları, Ankara, 289- 312.
- Anic, I., Shirasuka, T., Matsumoto, K. (1995). Scanning electron microscopic evaluation of two compaction techniques using a composite resin as a root canal filling material. *Journal of Endodontics*, **21 (12)**, 594- 598.
- Anic, I., Tachibana, H., Matsumoto, K. (1996). Permeability, morphologic and temperature changes of canal dentin walls induced by Nd:YAG, CO₂ and argon lasers. *International Endodontic Journal*, **29 (1)**, 13- 22.
- Anic, I., Segovic, S., Katanec, D., Prskalo, K., Najzar-Fleger, D. (1998). Scanning electron microscopic study of dentin lased with argon, CO₂, and Nd:YAG laser. *Journal of Endodontics*, **24 (2)**, 77- 81.
- Arakawa, S., Cobb, C.M., Rapley, J.W., Killoy, W.J., Spencer, P. (1996). Treatment of root fracture by CO₂ and Nd:YAG lasers: an in vitro study. *Journal of Endodontics*, **22 (12)**, 662- 667.

- Aranha, A.C., Domingues, F.B., Franco, V.O., Gutknecht, N., Eduardo, Cde. P. (2005). Effects of Er:YAG and Nd:YAG lasers on dentin permeability in root surfaces: a preliminary in vitro study. *Photomedicine and laser surgery*, **23 (5)**, 504- 508.

- Arcoria, C.J., Steele, R.E., Wagner, M.J., Judy, M.M., Matthews, J.L., Hults, D.F. (1991). Enamel surface roughness and dental pulp response to coaxial carbon dioxide-neodymium: YAG laser irradiation. *Journal of Dentistry*, **19 (2)**, 85- 91.

- 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. *Journal of Endodontics*, **30 (11)**, 792- 795.

- Ari, H., Erdemir, A. (2005). Effects of endodontic irrigation solutions on mineral content of root canal dentin using ICP-AES technique. *Journal of Endodontics*, **31 (3)**, 187- 189.

- Armengol, V., Jean, A., Rohanizadeh, R., Hamel, H. (1999). Scanning electron microscopic analysis of diseased and healthy dental hard tissues after Er:YAG laser irradiation: in vitro study. *Journal of Endodontics*, **25 (8)**, 543- 546.

- Bahcall, J., Howard, P.H., Miserendino, L., Walia, H. (1992). Preliminary investigation of the histological effect of laser endodontic treatment on the periradicular tissues in dogs. *Journal of Endodontics*, **18 (1)**, 47- 51.

- Baker, P.J., Evans, R.T., Coburn, R.A., Genco, R.J. (1983). Tetracycline and its derivatives strongly bind to and are released from the tooth surface in active form. *Journal of Periodontology*, **54 (10)**, 580- 585.

- Barbakow, F., Peters, O., Havranek, L. (1999). Effects of Nd:YAG lasers on root canal walls: a light and scanning electron microscopic study. *Quintessence International*, **30 (12)**, 837- 845.

- Barbosa, S.V., Safavi, K.E., Spangberg, S.W. (1994). Influence of sodium hypochlorite on the permeability and structure of cervical human dentine. *International Endodontic Journal*, **27 (6)**, 309- 312.

- Barkhordar, R.A., Watanabe, L.G., Marshall, G.W., Hussain, M.Z. (1997). Removal of intracanal smear by doxycycline in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **84 (4)**, 420- 423.

- Baumgartner, J.C., Brown, C.M., Mader, C.L., Peters, D.D., Shulman, J.D. (1984). A scanning electron microscopic evaluation of root canal debridement using saline, sodium hypochlorite, and citric acid. *Journal of Endodontics*, **10 (11)**, 525- 531.
- Baumgartner, J.C., Mader, C.L. (1987). A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *Journal of Endodontics*, **13 (4)**, 147- 157.
- Baumgartner, J.C., Cuenin, P.R. (1992). Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *Journal of Endodontics*, **18 (12)**, 605- 612.
- Bayırlı, G. (1985). Kök kanal tedavisi. Endodontik Tedavi. İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları, Yayın no: 57; Taş Matbaası, 162- 238.
- Beltz, R.E., Torabinejad, M., Pouresmail, M. (2003). Quantitative analysis of the solubilizing action of MTAD, sodium hypochlorite, and EDTA on bovine pulp and dentin. *Journal of Endodontics*, **29 (5)**, 334- 337.
- Berg, M.S., Jacobsen, E.L., BeGole, E.A., Remeikis, N.A. (1986). A comparison of five irrigating solutions: a scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics*, **12 (5)**, 192- 197.
- Berkiten, M., Berkiten, R., Okar, I. (2000). Comparative evaluation of antibacterial effects of Nd:YAG laser irradiation in root canals and dentinal tubules. *Journal of Endodontics*, **26 (5)**, 268- 270.
- Berkovitz, B.K.B., Holland, G.R., Moxham, B.J. (2002). Dentin. Oral Anatomy, Histology and Embryology, 3th Edition, Mosby, St. Louis, Sydney, Toronto, 125- 148.
- Berry, E.A. 3rd, von der Lehr, W.N., Herrin, H.K. (1987). Dentin surface treatments for the removal of the smear layer: an SEM study. *Journal of the American Dental Association*, **115 (1)**, 65- 67.
- Bitter, N.C. (1989). A 25% tannic acid solution as a root canal irrigant cleanser: a scanning electron microscope study. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **67 (3)**, 333- 337.

- Bjorvatn, K. (1982). Antibiotic compounds and enamel demineralization. An in vitro study. *Acta Odontologica Scandinavica*, **40 (5)**, 341- 352.
- Bogardus, J.B., Blackwood, R.K. Jr. (1979). Solubility of doxycycline in aqueous solution. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, **68 (2)**, 188- 194.
- Bonin, P., Boivin, R., Poulard, J. (1991). Dentinal permeability of the dog canine after exposure of a cervical cavity to the beam of a CO2 laser. *Journal of Endodontics*, **17 (3)**, 116- 118.
- Boyde, A., Knight, P.J. (1970). Scanning electron microscope studies of the preparation of the embrasure walls of class II cavities. *British Dental Journal*, **129 (12)**, 557- 564.
- Brannström, M., Nyborg, H. (1973). Cavity treatment with a microbicidal fluoride solution: growth of bacteria and effect on the pulp. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **30 (3)**, 303- 310.
- Brannström, M., Nyborg, H. (1974). Bacterial growth and pulpal changes under inlays cemented with zinc phosphate cement and Epoxylite CBA 9080. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **31 (5)**, 556- 565.
- Brannström, M., Nordenvall, K.J., Glantz, P.O. (1980). The effect of EDTA-containing surface-active solutions on the morphology of prepared dentin: an in vivo study. *Journal of Dental Research*. **59 (7)**, 1127- 1131.
- Bystrom, A., Sundqvist, G. (1983). Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **55 (3)**, 307- 312.
- Bystrom, A., Sundqvist, G. (1985). The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International Endodontic Journal*, **18 (1)**, 35- 40.
- 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. *Endodontics and Dental Traumatology*, **1 (5)**, 170- 175.
- Camargo, S.E., Valera, M.C., Camargo, C.H., Fonseca, M.B., Menezes, M.M. (2005). Effects of Nd:YAG laser irradiation on root canal dentin wall: a scanning electron microscopic study. *Photomedicine and laser surgery*, **23 (4)**, 399- 404.

- Cameron, J.A. (1983). The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *Journal of Endodontics*, **9** (7), 289- 292.
- Cameron, J.A. (1988). The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration; SEM study. *Australian Dental Journal*. **33** (3), 193- 200.
- Cameron, J.A. (1995). Factors affecting the clinical efficiency of ultrasonic endodontics: a scanning electron microscopy study. *International Endodontic Journal*, **28** (1), 47- 53.
- Cengiz, T., Aktener, B.O., Piksin, B. (1990). Effect of dentinal tubule orientation on the removal of smear layer by root canal irrigants. A scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*, **23** (3), 163- 171.
- Cengiz, T., Önal, B. (1991). Endodontik Lazer. *Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **15** (1-4), 61- 63.
- Cergneux, M., Ciucchi, B., Dietschi, J.M., Holz, J. (1987). The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *International Endodontic Journal*, **20** (5), 228- 232.
- Cernavin, I., Pugatschew, A., de Boer, N., Tyas, M.J. (1994). Laser applications in dentistry: a review of the literature. *Australian Dental Journal*, **39** (1), 28- 32.
- Chow, T.W. (1983). Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *Journal of Endodontics*, **9** (11), 475- 479.
- Ciucchi, B., Khettabi, M., Holz, J. (1989). The effectiveness of different endodontic irrigation procedures on the removal of the smear layer: a scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*, **22** (1), 21- 28.
- Clegg, M.S., Vertucci, F.J., Walker, C., Belanger, M., Britto, L.R. (2006). The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *Journal of Endodontics*, **32** (5), 434- 437.
- Cohen, S., Liewehr, F. (2002). Diagnostic procedures. In: Cohen S, Burns R.C., editors. *Pathways of the pulp*, **8th edition**, St. Louis (MO): Mosby; 3- 30.
- Coluzzi, D.J. (2000). An overview of laser wavelengths used in dentistry. *Dental clinics of North America*, **44** (4), 753- 765.
- Coluzzi, D.J. (2004). Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dental Clinics of North America*, **48** (4), 751- 770.
- Convissar, R.A. (2004). The biologic rationale for the use of lasers in dentistry. *Dental Clinics of North America*, **48** (4), 771- 794.

- Crumpton, B.J., Goodell, G.G., McClanahan, S.B. (2005). Effects on smear layer and debris removal with varying volumes of 17% REDTA after rotary instrumentation. *Journal of Endodontics*, **31** (7), 536- 538.
- Cruz-Filho, A.M., Sousa-Neto, M.D., Saquy, P.C., Pécora, J.D. (2001). Evaluation of the effect of EDTAC, CDTA, and EGTA on radicular dentin microhardness. *Journal of Endodontics*, **27** (3), 183- 184.
- Cunningham, W.T., Balekjian, A.Y. (1980). Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **49** (2), 175- 177.
- Cunningham, W.T., Martin, H., Forrest, W.R. (1982). Evaluation of root canal debridement by the endosonic ultrasonic synergistic system. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **53** (4), 401- 404.
- Cymerman, J.J., Jerome, L.A., Moodnik, R.M. (1983). A scanning electron microscope study comparing the efficacy of hand instrumentation with ultrasonic instrumentation of the root canal. *Journal of Endodontics*, **9** (8), 327- 331.
- Czonstkowsky, M., Wilson, E.G., Holstein, F.A. (1990). The smear layer in endodontics. *Dental Clinics of North America*. **34** (1), 13- 25.
- Çalışkan, K. (2006). Endodontik materyallerin biyoyumluluğu ve kök kanallarının irrigasyonu. *Endodontide Tanı ve Tedaviler*. Nobel Matbaacılık, İstanbul, 315- 350.
- Çalt, S., Serper, A. (2000). Smear layer removal by EGTA. *Journal of Endodontics*, **26** (8), 459- 461.
- Çalt, S., Serper, A. (2002). Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *Journal of Endodontics*, **28** (1), 17- 19.
- da Costa, Ribeiro, A., Nogueira, G.E., Antoniazzi, J.H., Moritz, A., Zzell, D.M. (2007). Effects of diode laser (810 nm) irradiation on root canal walls: thermographic and morphological studies. *Journal of Endodontics*, **33** (3), 252- 255.
- Dakin, H.D. (1915). On the use of certain antiseptic substances in the treatment of infected wounds. *British Medical Journal*, **2**, 809- 810, In: Çalışkan, K. (2002). Endodontik materyallerin biyoyumluluğu ve kök kanallarının irrigasyonu. *Endodontide Tanı ve Tedaviler*. Nobel Matbaacılık, İstanbul, 315- 350.
- Dederich, D.N., Zakariasen, K.L., Tulip, J. (1984). Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentin following neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. *Journal of Endodontics*, **10** (9), 428- 431.

- Dederich, D.N. (1993). Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue?. *Journal of the American Dental Association*, **124** (2), 57- 61.
- De-Deus, G., Paciornik, S., Mauricio, M.H. (2006). Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine. *International Endodontic Journal*, **39** (5), 401- 407.
- De Moura-Netto, C., de Freitas Carvalho, C., de Moura, A.A., Davidowicz, H., Antoniazzi, J.H. (2007). Influence of Nd:YAG and diode laser irradiation on apical sealing when associated with AH plus and EndoREZ endodontic cements. *Photomedicine and Laser Surgery*, **25** (5), 413- 417.
- Depraet, F.J.H.W., De Bruyne, M.A.A., De Moor, R.J.G. (2005). The sealing ability of an epoxy resin root canal sealer after Nd:YAG laser irradiation of the canal. *International Endodontic Journal*, **38** (5), 302- 309.
- Di Lenarda, R., Cadenaro, M., Sbaizero, O. (2000). Effectiveness of 1 mol L⁻¹ citric acid and 15% EDTA irrigation on smear layer removal. *International Endodontic Journal*, **33** (1), 46- 52.
- Dippel, H.W., Borggreven, J.M., Hoppenbrouwers, P.M. (1984). Morphology and permeability of the dentinal smear layer. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **52** (5), 657- 662.
- Doğan, H., Çalt, S. (2001). Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *Journal of Endodontics*, **27** (9), 578- 580.
- Dotto, S.R., Travassos, R.M., de Oliveira, E.P., Machado, M.E., Martins, J.L. (2007). Evaluation of ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) solution and gel for smear layer removal. *Australian Endodontic Journal*, **33** (2), 62- 65.
- Dunavant, T. R., Regan, J.D., Glickman, G.N., Solomon, E.S., Honeyman, A.L. (2006). Comparative evaluation of endodontic irrigants against enterococcus faecalis biofilms. *Journal of Endodontics*, **32** (6), 527- 531.
- Evans, J.T., Simon, J.H. (1986). Evaluation of the apical seal produced by injected thermoplasticized Gutta-percha in the absence of smear layer and root canal sealer. *Journal of Endodontics*, **12** (3), 100- 107.
- Fegan, S.E., Steiman, H.R. (1995). Comparative evaluation of the antibacterial effects of intracanal Nd:YAG laser irradiation: an in vitro study. *Journal of Endodontics*, **21** (8), 415- 417.
- Ferraz, C.C., Gomes, B.P., Zaia, A.A., Teixeira, F.B., Souza-Filho, F.J. (2001). In vitro assessment of the antimicrobial action and the mechanical ability of chlorhexidine gel as an endodontic irrigant. *Journal of Endodontics*, **27** (7), 452- 455.

- Finkbeiner, R.L. (1995). The results of 1328 periodontal pockets treated with the argon laser: selective pocket thermolysis. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, **13** (4), 273- 281.
- Floratos, D.L., de la Rosette, J.J.(1999). Lasers in urology. *British Journal of Urology*, **84** (2), 204- 211.
- Fogel, H.M., Pashley, D.H. (1990). Dentin permeability: effects of endodontic procedures on root slabs. *Journal of Endodontics*, **16** (9), 442- 445.
- Frentzen, M., Koort, H.J. (1990). Lasers in dentistry: new possibilities with advancing laser technology?. *International Dental Journal*, **40** (6), 323- 332.
- Frentzen, M., Koort, H.J., Thiensiri, I. (1992). Excimer lasers in dentistry: future possibilities with advanced technology. *Quintessence International*, **23** (2), 117- 133.
- Friedman, S., Rotstein, I., Mahamid, A. (1991). In vivo efficacy of various retrofills and of CO2 laser in apical surgery. *Endodontics and Dental Traumatology*, **7** (1), 19- 25.
- Fromm, J., Rockel, B., Lautner, S., Windeisen, E., Wanner, G. (2003). Lignin distribution in wood cell walls determined by TEM and backscattered SEM techniques. *Journal of Structural Biology*, **143** (1), 77- 84.
- Garberoglio, R., Brannström, M. (1976). Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Archives of Oral Biology*, **21** (6), 355- 362.
- Garberoglio, R., Becce, C. (1994). Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **78** (3), 359- 367.
- Gazelius, B., Olgart, L., Edwall, B., Edwall, L. (1986). Non-invasive recording of blood flow in human dental pulp. *Endodontics and Dental Traumatology*, **2** (5), 219- 221.
- Gazelius, B., Edwall, B., Olgart, L., Lundberg, J.M., Hökfelt, T., Fischer, J.A. (1987). Vasodilatory effects and coexistence of calcitonin gene-related peptide (CGRP) and substance P in sensory nerves of cat dental pulp. *Acta Physiologica Scandinavica*, **130** (1), 33- 40.
- Gilboe, D.B., Svare, C.W., Thayer, K.E., Drennon, D.G. (1980). Dentinal smearing: an investigation of the phenomenon. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **44** (3), 310- 316.
- Gilhooly, R.M.P., Hayes, S.J., Bryant, S.T., Dummer, P.M.H. (2000). Comparison of cold lateral condensation and a warm multiphase gutta-percha technique for

obturing curved root canals. *International Endodontic Journal*, **33** (5), 415-420.

- Goldberg, F., Abramovich, A. (1977). Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. *Journal of Endodontics*, **3** (3), 101- 105.
- Goldberg, F., Spielberg, C. (1982). The effect of EDTAC and the variation of its working time analyzed with scanning electron microscopy. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **53** (1), 74- 77.
- Goldman, L., Hornoby, P., Meyer, R., Goldman, B.(1964). Impact of the laser on dental caries. *Nature*, **25**, 203: 417.
- Goldman, L.B., Goldman, M., Kronman, J.H., Lin, P.S. (1981). The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **52** (2), 197- 204.
- Goldman, M., Goldman, L.B., Cavaleri, R., Bogis, J., Lin, P.S. (1982). The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: Part 2. *Journal of Endodontics*, **8** (11), 487- 492.
- Goldman, L. (1982). An introduction to lasers and laser systems. In: Applications of the Laser, Reprint Edition, CRC Pres, Inc, USA, 1- 15.
- Gordon, T.M., Damato, D., Christner, P. (1981). Solvent effect of various dilutions of sodium hypochlorite on vital and necrotic tissue. *Journal of Endodontics*, **7** (10), 466- 469.
- Goya, C., Yamazaki, R., Tomita, Y., Kimura, Y., Matsumato, K.(2000). Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on smear layer at the apical stop and apical leakage after obturation. *International Endodontic Journal*, **33** (3), 266- 271.
- Grandini, S., Balleri, P., Ferrari, M. (2002). Evaluation of Glyde File Prep in combination with sodium hypochlorite as a root canal irrigant. *Journal of Endodontics*, **28** (4), 300- 303.
- Guerisoli, D.M., Marchesan, M.A., Walmsley, A.D., Lumley, P.J., Pecora, J.D. (2002). Evaluation of smear layer removal by EDTAC and sodium hypochlorite with ultrasonic agitation. *International Endodontic Journal*, **35** (5), 418- 421.
- Gutierrez, J.H., Herrera, V.R., Berg, E.H., Villena, F., Jofre, A. (1990). The risk of intentional dissolution of the smear layer after mechanical preparation of root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **70** (1), 96- 108.
- Hahn, F.L., Reygadas, F. (1951). Demineralization of hard tissues. *Science*, **114** (2966), 462- 463.

- Harashima, T., Takeda, F.H., Kimura, Y., Matsumoto, K.(1997). Effect of Nd:YAG laser irradiation for removal of intracanal debris and smear layer in extracted human teeth. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery*, **15 (3)**, 131- 135.
- Harashima, T., Takeda, F.H., Zhang, C., Kimura, Y., Matsumoto, K. (1998). Effect of argon laser irradiation on instrumented root canal walls. *Endodontics and Dental Traumatology*, **14 (1)**, 26- 30.
- Hasheminia, S.M., Feizi, G., Razavi, S.M., Feizianfard, M., Gutknecht, N., Mir, M. (2008). A comparative study of three treatment methods of direct pulp capping in canine teeth of cats: a histologic evaluation. *Lasers in medical science*, <http://www.springerlink.com/content/v5030537p416173g/fulltext.pdf>, 23.01.2009, 15.08
- Haznedaroglu, F., Ersev, H.(2001). Tetracycline HCl solution as a root canal irrigant. *Journal of Endodontics*, **27 (12)**, 738- 740.
- Heard, F., Walton, R.E. (1997). Scanning electron microscope study comparing four root canal preparation techniques in small curved canals. *International Endodontic Journal*, **30 (5)**, 323- 331.
- Hendler, B.H., Gateno, J., Mooar, P., Sherk, H.H. (1992). Holmium:YAG laser arthroscopy of the temporomandibular joint. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **50 (9)**, 931- 934.
- Hibst, R., Keller, U. (1989). Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances: I. Measurement of the ablation rate. *Lasers in Surgery and Medicine*, **9 (4)**, 338- 344.
- Holland, G.R., Narhi, M.N., Addy, M., Gangarosa, L., Orchardson, R. (1997). Guidelines for the design and conduct of clinical trials on dentine hypersensitivity. *Journal of Clinical Periodontology*, **24 (11)**, 808- 813.
- Hottel, T.L., el-Refai, N.Y., Jones, J.J. (1999). A comparison of the effects of three chelating agents on the root canals of extracted human teeth. *Journal of Endodontics*, **25 (11)**, 716- 717.
- Huque, J., Kota, K., Yamaga, M., Iwaku, M., Hoshino, E. (1998). Bacterial eradication from root dentine by ultrasonic irrigation with sodium hypochlorite. *International Endodontic Journal*, **31 (4)**, 242- 250.
- Hülsmann, M., Rummelin, C., Schafers, F. (1997). Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *Journal of Endodontics*, **23 (5)**, 301- 306.
- Hülsmann, M., Heckendorff, M., Schafers, F. (2002). Comparative in-vitro evaluation of three chelator pastes. *International Endodontic Journal*, **35 (8)**, 668- 679.

- Hülsmann, M., Heckendorff, M., Lennon, A. (2003). Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International Endodontic Journal*, **36** (12), 810- 830.
- Ingle, J.I. (1985). *Endodontics*, 3rd edition, Philadelphia, PA, USA, Lea&Febiger, 178- 180.
- Isermann, G.T., Kaminski, E.J. (1979). Pulpal response to minimal exposure in presence of bacteria and Dycal. *Journal of Endodontics*, **5** (11), 322- 327.
- Jodaikin, A., Austin, J.C. (1981). The effects of cavity smear layer removal on experimental marginal leakage around amalgam restorations. *Journal of Dental Research*, **60** (11), 1861- 1866.
- Junqueira, L.C. (1992). *Study Designs In: Junqueira, L.C., Carneiro, J., Kelley, R.O. Basic Histology*. 7th edition, Appleton & Lange, Lange, 1- 17.
- Karagöz- Küçükay, I., Bayırlı, G. (1994). An apical leakage study in the presence and absence of the smear layer. *International Endodontic Journal*, **27** (2), 87- 93.
- Kaufman, A.Y., Binderman, I., Tal, M., Gedalia, I., Peretz, G. (1978). New chemotherapeutic agent for root canal treatment. A preliminary electron microscopic study on an in vivo and in vitro endodontically treated tooth. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **46** (2), 283- 295.
- Kaufman, A.Y. (1981). The use of dequalinium acetate as a disinfectant and chemotherapeutic agent in endodontics. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **51** (4), 434- 441.
- Kaufman, A.Y., Greenberg, I. (1986). Comparative study of the configuration and the cleanliness level of root canals prepared with the aid of sodium hypochlorite and bis-dequalinium-acetate solutions. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **62** (2), 191- 197.
- Kautzky, M., Susani, M., Steurer, M., Schenk, P. (1997). Soft-tissue effects of the holmium:YAG laser: an ultrastructural study on oral mucosa. *Lasers in Surgery and Medicine*, **20** (3), 265- 271.
- Kelsey, W.P., Blankenau, R.J., Powell, G.L., Barkmeier, W.W., Cavel, W.T., Whisenant, B.K. (1989). Enhancement of physical properties of resin restorative materials by laser polymerization. *Lasers in Surgery and Medicine*, **9** (6), 623- 627.
- Kennedy, W.A., Walker, W.A. 3rd, Gough, R.W. (1986). Smear layer removal effects on apical leakage. *Journal of Endodontics*, **12** (1), 21- 27.
- Khabbaz, M., Makropolou, M., Serafetinides, A., Papadopoulos, D., Papagiakoumou, E. (2004). Q-switched versus free- running Er:YAG laser efficacy of the root

canal walls of human teeth: a SEM study. *Journal of Endodontics*, **30** (8), 585-588.

- Khademi, A., Feizianfard, M. (2004). The effect of EDTA and citric acid on smear layer removal of mesial canals of first mandibular molars, a scanning electron microscopic study. *Journal of Research in Medical Sciences*, **2**, 27- 35.
- Khedmat, S., Shokouhinejad, N. (2008). Comparison of the efficacy of three chelating agents in smear layer removal. *Journal of Endodontics*, **34** (5), 599- 602.
- Kho, P., Baumgartner, J.C. (2006). A comparison of the antimicrobial efficacy of NaOCl/Biopure MTAD versus NaOCl/EDTA against *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics*, **32** (7), 652- 655.
- Kıvanç, B.H., Ulusoy, O.I., Görgül, G. (2007). Effects of Er:YAG laser and Nd:YAG laser treatment on the root canal dentin of human teeth: a SEM study. *Lasers in Medical Science*, **23** (3), 247- 252.
- Kimura, Y., Wilder-Smith, P., Matsumoto, K. (2000). Lasers in endodontics: a review. *International Endodontic Journal*, **33** (3), 173- 185.
- 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. *Journal of Endodontics*, **28** (2), 76- 78.
- Koba, K., Kimura, Y., Matsumoto, K., Takeuchi, T., Ikarugi, T., Shimizu, T. (1998). A histopathological study of the morphological changes at the apical seat and in the periapical region after irradiation with a pulsed Nd:YAG laser. *International Endodontic Journal*, **31** (6), 415- 420.
- Koba, K., Kimura, Y., Matsumoto, K., Takeuchi, T., Ikarugi, T., Shimizu, T. (1999). A histopathological study of the effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on infected root canals in dogs. *Journal of Endodontics*, **25** (3), 151- 154.
- Kumar, A.R., Rao, C.V., Parameswaran, A., Kishen, A., Lim, C.S. (2002). Scanning electron microscopic and energy dispersive spectrometric investigations on the effect of XeCl excimer laser on human dentin with smear layer. *Journal of Oral Rehabilitation*, **29** (10), 1003- 1009.
- Kuruvilla, J.R., Kamath, M.P. (1998). Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. *Journal of Endodontics*, **24** (7), 472- 476.
- Kutsch, V.K. (1993). Dental caries illumination with the Argon laser. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, **11** (66), 323- 327.

- Küçükay, I. (1990). Smear tabakasının varlığında ve yokluğunda doldurulan kök kanallarında apikal sızıntı incelenmesi. Doktora Tezi. İstanbul.
- Lan, W.H. (1999). Temperature elevation on the root surface during Nd:YAG laser irradiation in the root canal. *Journal of Endodontics*, **25 (3)**, 155- 156.
- Lan, W.H., Chen, K.W., Jeng, J.H., Lin, C.P., Lin, S.K. (2000). A comparison of the morphological changes after Nd-YAG and CO2 laser irradiation of dentin surfaces. *Journal of Endodontics*, **26 (8)**, 450- 453.
- Lee, B.S., Lin, C.P., Hung, Y.L., Lan, W.H. (2004a). Structural changes of Er:YAG laser-irradiated human dentin. *Photomedicine and Laser Surgery*, **22 (4)**, 330- 334.
- Lee, B.S., Jeng, J.H., Lin, C.P., Shoji, S., Lan, W.H. (2004b). Thermal effect and morphological changes induced by Er:YAG laser with two kinds of fiber tips to enlarge the root canals. *Photomedicine and Laser Surgery*, **22 (3)**, 191- 197.
- Lester, K.S., Boyde, A. (1977). Scanning electron microscopy of instrumented, irrigated and filled root canals. *British Dental Journal*, **143 (11)**, 359- 367.
- Levy, G. (1992). Cleaning and shaping the root canal with a Nd:YAG laser beam: A comparative study. *Journal of Endodontics*, **18 (3)**, 123- 127.
- Lim, T.S., Wee, T.Y., Choi, M.Y., Koh, W.C., Sae-Lim, V. (2003). Light and scanning electron microscopic evaluation of Glyde File Prep in smear layer removal. *International Endodontic Journal*, **36 (5)**, 336- 343.
- Lloyd, A., Thompson, J., Gutmann, J.L., Dummer, P.M. (1995). Sealability of the Trifecta technique in the presence or absence of a smear layer. *International Endodontic Journal*, **28 (1)**, 35- 40.
- Loel, D.A. (1975). Use of acid cleanser in endodontic therapy. *Journal of the American Dental Association*, **90 (1)**, 148- 151.
- Lumley, P.J., Walmsley, A.D., Walton, R.E., Rippin, J.W. (1992). Effect of precurving endosonic files on the amount of debris and smear layer remaining in curved root canals. *Journal of Endodontics*, **18 (12)**, 616- 619.

- Machado-Silveiro, L.F., Gonzalez-Lopez, S., Gonzalez-Rodriguez, M.P. (2004). Decalcification of root canal dentine by citric acid, EDTA and sodium citrate. *International Endodontic Journal*, **37** (6), 365- 369.
- Mader, C.L., Baumgartner, J.C., Peters, D.D. (1984). Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *Journal of Endodontics*, **10** (10), 477- 483.
- Maiman, T.H. Stimulated optical radiation in ruby. (1960). *Nature*, **187**, 493- 494.
- Martins, H.M., Martins, M.L., Dias, M.I., Bernardo, F. (2001). Evaluation of microbiological quality of medicinal plants used in natural infusions. *International Journal of Food Microbiology*, 68 (1- 2), 149- 153.
- Matsumoto, K. (2000). Lasers in endodontics. *Dental Clinics of North America*, 44 (4), 889- 906.
- Mazeki, K., Kimura, Y., Yokoyama, K., Matsumoto, K. (2003). Preparation of root canal orifices by Er:YAG laser irradiation: in vitro and clinical observations. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, **21** (2), 85- 91.
- McComb, D., Smith, D.C. (1975). A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *Journal of Endodontics*, **1**, 238- 242.
- McKinley, I.B. Jr., Ludlow, M.O. (1994). Hazards of laser smoke during endodontic therapy. *Journal of Endodontics*, **20** (11), 558- 559.
- Mello, I., Robazza, C.R., Antoniazzi, J.H. (2004). Influence of Er:YAG Laser Irradiation on Apical Sealing of Four Different Sealers. *Brazilian Dental Journal*, **15** (3), 190- 193.
- Mello, I., Robazza, C.R., Antoniazzi, J.H., Coil, J. (2008). Influence of different volumes of EDTA for final rinse on smear layer removal. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, **106** (5), 40- 43.
- Menezes, A.C., Zanet, C.G., Valera, M.C. (2003). Smear layer removal capacity of disinfectant solutions used with and without EDTA for the irrigation of canals: a SEM study. *Pesquisa Odontologica Brasileira*, **17** (4), 349- 355.
- Meryon, S.D., Tobias, R.S., Jakeman, K.J. (1987). Smear removal agents: a quantitative study in vivo and in vitro. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **57** (2), 174- 179.

- Michelich, V.J., Schuster, G.S., Pashley, D.H. (1980). Bacterial penetration of human dentin in vitro. *Journal of Dental Research*, **59** (8), 1398- 1403.
- Midda, M., Renton-Harper, P. (1991). Lasers in dentistry. *British Dental Journal*, **170** (9), 343- 346.
- Miller, M., Truhe, T. (1993). Lasers in dentistry: An overview. *Journal of the American Dental Association*, **124** (2), 32- 35.
- Miserendino, L.J., Levy, G.C., Rizioiu, I.M. (1995). Effects of Nd:YAG laser on the permeability of root canal wall dentin. *Journal of Endodontics*, **21** (2), 83- 87.
- Mjör, I.A., Nordahl, I. (1996). The density and branching of dentinal tubules in human teeth. *Archives of Oral Biology*, **41** (5), 405- 412.
- Moodnik, R.M., Dorn, S.O., Feldman, M.J., Levey, M., Borden, B.G. (1976). Efficacy of biomechanical instrumentation: a scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics*, **2** (9), 261- 266.
- Moorer, W.R., Wesselink, P.R. (1982). Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *International Endodontic Journal*, **15** (4), 187- 196.
- Morgan, L.A., Baumgartner, J.C. (1997). Demineralization of resected root-ends with methylene blue dye. *Oral Surgery Oral Medicine and Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*, **84** (1), 74- 78.
- Moser, J.B., Heuer, M.A. (1982). Forces and efficacy in endodontic irrigation systems. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **53** (4), 425- 428.
- Moshonov, J., Sion, A., Kasirer, J., Rotstein, I., Stabholz, A. (1995a). Efficacy of argon laser irradiation in removing intracanal debris. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **79** (2), 221- 225.
- Moshonov, J., Orstavik, D., Yamauchi, S., Pettiette, M., Trope, M. (1995b). Nd:YAG laser irradiation in root canal disinfection. *Endodontics and Dental Traumatology*, **11** (5), 220- 224.
- Mozayeni, M.A., Javaheri, G.H., Poorroosta, P., Ashari, M.A., Javaheri, H.H. (2007). Effect of %17 EDTA and MTAD on intracanal smear layer removal: A scanning electron microscopic study. *Australian Endodontic Journal*, <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/120174739/PDFSTART>, 23.01.2009, 15.13
- Myers, M.L. (1991). The effect of laser irradiation on oral tissues. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, **66** (3), 395- 397.

- Neev, J., Liaw, L.H., Raney, D.V., Fujishige, J.T., Ho, P.D., Berns, M.W. (1991). Selectivity, efficiency, and surface characteristics of hard dental tissues ablated with ArF pulsed excimer lasers. *Lasers in Surgery and Medicine*, **11** (6), 499-510.
- Niu, W., Yoshioka, T., Kobayashi, C., Suda, H. (2002). A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *International Endodontic Journal*, **35** (11), 934- 939.
- Nygaard-Qstby, B. (1957). Chelation in root canal therapy: ethylenediaminetetraacetic acid for cleaning and widening of root canals. *Odontologisk Tidskrift*, **65**, 3- 11; In: Hülsmann, M., Heckendorff, M., Lennon, A. (2003). Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International Endodontic Journal*, **36** (12), 810- 830.
- O'Connell, M.S., Morgan, L.A., Beeler, W.J., Baumgartner, J.C. (2000). A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *Journal of Endodontics*, **26** (12), 739- 743.
- Olgart, L., Brannström, M., Johnson, G. (1974). Invasion of bacteria into dentinal tubules. Experiments in vivo and in vitro. *Acta Odontologica Scandinavica*, **32** (1), 61- 70.
- Olgart, L., Gazelius, B., Lindh-Stromberg, U. (1988). Laser Doppler flowmetry in assessing vitality in luxated permanent teeth. *International Endodontic Journal*, **21** (5), 300- 306.
- Orstavik, D., Haapsalo, M. (1990). Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endodontics and Dental Traumatology*, **6** (4), 142- 149.
- Önal, B., Ertl, T., Siebert, G., Müller, 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. *Journal of Endodontics*, **19** (6), 272- 276.
- Önal, B., Özata, F., Diekwisch, T.G.H. (2003). Diş sert dokularında taramalı elektron mikroskopu atlası. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir.
- Pashley, D.H., Michelich, V., Kehl, T. (1981). Dentin permeability: effects of smear layer removal. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **46** (5), 531- 537.
- Pashley, E.L., Birdsong, N.L., Bowman, K., Pashley, D.H. (1985). Cytotoxic effects of NaOCl on vital tissue. *Journal of Endodontics*, **11** (12), 525- 528.
- Pashley, D.H., Tao, L., Boyd, L., King, G.E, Horner, J.A. (1988). Scanning electron microscopy of the substructure of smear layers in human dentine. *Archives of Oral Biology*, **33** (4), 265- 270.

- Pashley, D.H. (1992). Smear layer: overview of structure and function. *Proceedings of the Finnish Dental Society*, **88 Suppl 1**, 215- 224.
- Patterson, S.S. (1963). In vivo and in vitro studies of the effect of the disodium salt of ethylenediamine tetra-acetate on human dentine and its endodontic implications. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **16**, 83- 103.
- Pawlicka, H., Piatkowska, D., Hajdukiewicz, G. (1981). Effectiveness of cleansing agents in root canal preparation. A scanning electron microscopy study. *Stomatologie der DDR*, **31 (9)**, 684- 688.
- Perez, F., Calas, P., de Falguerolles, A., Maurette, A. (1993). Migration of a *Streptococcus sanguis* strain through the root dentinal tubules. *Journal of Endodontics*, **19 (6)**, 297- 301.
- Peters, O.A., Barbakow, F. (2000). Effects of irrigation on debris and smear layer on canal walls prepared by two rotary techniques: a scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics*, **26 (1)**, 6- 10.
- Pick, R.M. (1993). Using lasers in clinical dental practice. *Journal of the American Dental Association*, **124 (4)**, 37- 47.
- Pick, R.M., Powell, G.L. (1993). Laser in dentistry. Soft-tissue procedures. *Dental Clinics of North America*, **37 (2)**, 281- 296.
- Potts, T.V., Petrou, A. (1990). Laser photopolymerization of dental materials with potential endodontic applications. *Journal of Endodontics*, **16 (6)**, 265- 268.
- Powell, G.L., Whisenant, B.K. (1991). Comparison of three lasers for dental instrument sterilization. *Lasers in Surgery and Medicine*, **11 (1)**, 69- 71.
- Powell, G.L., Ellis, R., Blankenau, R.J., Schouten, J.R. (1995). Evaluation of Argon laser and conventional light-cured composites. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, **13 (5)**, 315- 317.
- Prati, C., Selighini, M., Ferrieri, P., Mongiorgi, R. (1994). Scanning electron microscopic evaluation of different endodontic procedures on dentin morphology of human teeth. *Journal of Endodontics*, **20 (4)**, 174- 179.
- Ram, Z. (1977). Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **44 (2)**, 306- 312.
- Ram, Z. (1980). Chelation in root canal therapy. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **49 (1)**, 64- 74.

- Ramsköld, L.O., Fong, C.D., Strömberg, T. (1997). Thermal effects and antibacterial properties of energy levels required to sterilize stained root canals with an Nd:YAG laser. *Journal of Endodontics*, **23** (2), 96- 100.
- Renton-Harper, P., Midda, M. (1992). Nd:YAG laser treatment of dentinal hypersensitivity. *British Dental Journal*, **172** (1), 13- 16.
- Rocca, J.P., Jasmin, J.R., Duprez, J.P. (1994). Removal of calcified attached denticle with a pulsed dye laser. A case report. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **77** (3), 281- 284.
- Rochkind, S., Nissan, M., Barr-Nea, L., Razon, N., Schwartz, M., Bartal, A. (1987). Response of peripheral nerve to He-Ne laser: experimental studies. *Lasers in Surgery and Medicine*, **7** (5), 441- 443.
- Rooney, J., Midda, M., Leeming, J. (1994). A laboratory investigation of the bactericidal effect of a NdYAG laser. *British Dental Journal*, **176** (2), 61- 64.
- Ruddle, C.J. (2002). Cleaning and shaping the root canal system. In: Pathways of the Pulp, Eight edition, Cohen, S., Burns, R.C. Mosby Inc, Philadelphia, USA, 231- 291.
- Sabbak, S.A., Hassanin, M.B. (1998). A scanning electron microscopic study of tooth surface changes induced by tannic acid. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, **79** (2), 169- 174.
- Sadr Lahijani, M.S., Raoof Kateb, H.R., Heady, R., Yazdani, D. (2006). The effect of German chamomile (*Marticaria recutita* L.) extract and tea tree (*Melaleuca alternifolia* L.) oil used as irrigants on removal of smear layer: a scanning electron microscopy study. *International Endodontic Journal*, **39** (3), 190- 195.
- Saito, M., Kimoto, K., Nagai, T., Fukushima, S., Akahoshi, D., Kuwahara, H., Matsui, Y., Ishizuka, K. (2008). Local crystal structure analysis with 10-pm accuracy using scanning transmission electron microscopy. *Journal of electron microscopy*, <http://jmicro.oxfordjournals.org/cgi/reprint/dfn023v1>, 23.01.2009, 15.15
- Santos, C., Sousa-Neto, M.D., Alfredo, E., Guerisoli, D.M., Pecora, J.D., Comelli Lia, R.F. (2005). Morphologic evaluation of the radicular dentine irradiated with Nd:YAG laser under different parameters and angles of incidence. *Photomedicine and Laser Surgery*, **23** (6), 590- 595.
- Sasaki, K.M., Aoki, A., Ichinose, S., Ishikawa, I. (2002). Ultrastructural analysis of bone tissue irradiated by Er:YAG Laser. *Lasers in Surgery and Medicine*, **31** (5), 322- 332.
- Saunders, W.P., Whitters, C.J., Strang, R., Moseley, H., Payne, A.P., McGadey, J. (1995). The effect of an Nd:YAG pulsed laser on the cleaning of the root canal

and the formation of a fused apical plug. *International Endodontic Journal*, **28** (4), 213- 220.

- Sayın, T.C., Serper, A., Çehreli, Z.C., Otlu, H.G. (2007). The effect of EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCl with and without subsequent NaOCl treatment on the microhardness of root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, **104** (3), 418- 424.
- Scarfe, W.C., Fana, C.R. Jr., Farman, A.G. (1995). Radiographic detection of accessory/lateral canals: use of RadioVisioGraphy and Hypaque. *Journal of Endodontics*, **21** (4), 185- 190.
- Scelza, M.F., Antoniazzi, J.H., Scelza, P. (2000). Efficacy of final irrigation - a scanning electron microscopic evaluation. *Journal of Endodontics*, **26** (6), 355- 358.
- Scelza, M.F., Teixeira, A.M., Scelza, P. (2003). Decalcifying effect of EDTA-T, 10% citric acid, and 17% EDTA on root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, **95** (2), 234- 236.
- Scelza, M.F., Pierro, V., Scelza, P., Pereira, M. (2004). Effect of three different time periods of irrigation with EDTA-T, EDTA, and citric acid on smear layer removal. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, **98** (4), 499- 503.
- Schuller, D.E. (1990). Use of the laser in the oral cavity. *Otolaryngologic Clinics of North America*, **23** (1), 31- 42.
- Schuurs, A.H., Wesselink, P.R., Eijkman, M.A., Duivenvoorden, H.J. (1995). Dentists' views on cervical hypersensitivity and their knowledge of its treatment. *Endodontics and Dental Traumatology*, **11** (5), 240- 244.
- Segura, J.J., Jiménez-Rubio, A., Guerrero, J.M., Calvo, J.R. (1999). Comparative effects of two endodontic irrigants, chlorhexidine digluconate and sodium hypochlorite, on macrophage adhesion to plastic surfaces. *Journal of Endodontics*, **25** (4), 243- 246.
- Senia, E.S., Marshall, F.J., Rosen, S. (1971). The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **31** (1), 96- 103.
- Shabahang, S., Torabinejad, M. (2003). Effect of MTAD on Enterococcus faecalis-contaminated root canals of extracted human teeth. *Journal of Endodontics*, **29** (9), 576- 579.
- Shabahang, S., Pouresmail, M., Torabinejad, M. (2003). In vitro antimicrobial efficacy of MTAD and sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*, **29** (7), 450- 452.

- Shibli, J.A., Marcantonio, E., d'Avila, S., Guastaldi, A.C., Marcantonio, E. Jr. (2005). Analysis of failed commercially pure titanium dental implants: a scanning electron microscopy and energy-dispersive spectrometer x-ray study. *Journal of Periodontology*, **76** (7), 1092- 1099.
- Shoji, S., Nakamura, M., Horiuchi, H. (1985). Histopathological changes in dental pulps irradiated by CO2 laser: a preliminary report on laser pulpotomy. *Journal of Endodontics*, **11** (9), 379- 384.
- Siqueira, J.F. Jr., Roças, I.N., Favieri, A., Lima, K.C. (2000). Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*, **26** (6), 331- 334.
- Sjögren, U., Figdor, D., Persson, S., Sundqvist, G. (1997). Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *International Endodontic Journal*, **30** (5), 297- 306.
- Slutzky-Goldberg, I., Maree, M., Liberman, R., Heling, I. (2004). Effect of sodium hypochlorite on dentin microhardness. *Journal of Endodontics*, **30** (12), 880- 882.
- Soukoulis, S., Hirsch, R. (2004). The effects of a tea tree oil-containing gel on plaque and chronic gingivitis. *Australian Dental Journal*, **49** (2), 78- 83.
- Spangberg, L. (2002). Instruments, materials, and devices. In: Pathways of the Pulp, Eight edition, Cohen, S., Burns, R.C. Mosby Inc, Philadelphia, USA, 521- 572.
- Sriamornsak, P., Thirawong, N. (2003). Use of back-scattered electron imaging as a tool for examining matrix structure of calcium pectinate. *International journal of pharmaceutics*, **267** (1- 2), 151- 156.
- Stabholz, A., Khayat, A., Weeks, D.A., Neev, J., Torabinejad, M. (1992). Scanning electron microscopic study of the apical dentine surfaces lased with Nd:YAG laser following apicectomy and retrofill. *International Endodontic Journal*, **25** (6), 288- 291.
- Stabholz, A., Neev, J., Liaw, L.H., Stabholz, A., Khayat, A., Torabinejad, M. (1993). Effect of ArF- 193nm excimer laser on human dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **75** (1), 90- 94.
- Stabholz, A., Zeltser, R., Sela, M., Peretz, B., Moshonov, J., Ziskind, D., Stabholz, A. (2003). The use of lasers in dentistry: principles of operation and clinical applications. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, **24** (12), 935- 948.

- Stabholz, A., Sahar- Helft, S., Moshonov, J. (2004). Lasers in endodontics. *Dental Clinics of North America*, **48 (4)**, 809- 832.
- Stern, R.H., Sougnaes, R.F.(1964). Laser beam effect on dental hard tissue. *Journal of Dental Research*, **43**, 873.
- Stewart, G.G. (1955). The importance of chemomechanical preparation of the root canal. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **8 (9)**, 993- 997.
- Stewart, G.G., Kapsimalas, P., Rappaport, H. (1969). EDTA and urea peroxide for root canal preparation. *Journal of the American Dental Association*, **78 (2)**, 335- 338.
- Strang, R., Moseley, H., Carmichael, A. (1988). Soft lasers--have they a place in dentistry?. *British Dental Journal*, **165 (6)**, 221- 225.
- Sulewski, J.G. (2000). Historical survey of laser dentistry. *Dental Clinics of North America*, **44 (4)**, 717- 752.
- Sundqvist, G., Figdor, D. (1998). Endodontic treatment of apical periodontitis. In: Qrstavik, D., Pitt Ford, T.R. *Essential Endodontology*, UK: Blackwell Science, s. 242- 277.
- Şen, B.H., Safavi, K.E., Spangberg, L.S. (1999). Antifungal effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine in root canals. *Journal of Endodontics*, **25 (4)**, 235- 238.
- Şen, B.H., Wesselink, P.R., Türkün, M. (1995). The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *International Endodontic Journal*, **28 (3)**, 141- 148.
- Takeda, F.H., Harashima, T., Kimura, Y., Matsumoto, K. (1998a). Comparative study about the removal of smear layer by three types of laser devices. *Journal of Clinial Laser Medicine and Surgery*, **16 (2)**, 117- 122.
- Takeda, F.H., Harashima, T., Kimura, Y., Matsumoto, K. (1998b). Efficacy of Er:YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. *Journal of Endodontics*, **24 (8)**, 548- 551.
- Takeda, F.H., 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. *International Endodontic Journal*, **32 (1)**, 32- 39.
- Tatsuta, C.T., Morgan, L.A., Baumgartner, J.C., Adey, J.D. (1999). Effect of calcium hydroxide and four irrigation regimens on instrumented and uninstrumented canal wall topography. *Journal of Endodontics*, **25 (2)**, 93- 98.

- Tay, F.R., Pashley, D.H., Loushine, R.J., Doyle, M.D., Gillespie, W.T., Weller, R.N., King, N.M. (2006). Ultrastructure of smear layer-covered intraradicular dentin after irrigation with BioPure MTAD. *Journal of Endodontics*, **32** (3), 218- 221.
- Teixeira, C.S., Felipe, M.C., Felipe, W.T. (2005). The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *International Endodontic Journal*, **38** (5), 285- 290.
- Terranova, V.P., Franzetti, L.C., Hic, S., DiFlorio, R.M., Lyall, R.M., Wikesjö, U.M., Baker, P.J., Christersson, L.A., Genco, R.J. (1986). A biochemical approach to periodontal regeneration: tetracycline treatment of dentin promotes fibroblast adhesion and growth. *Journal of Periodontal Research*, **21** (4), 330- 337.
- Torabinejad, M. (1994). Passive step-back technique. A sequential use of ultrasonic and hand instruments. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **77** (4), 402- 405.
- Torabinejad, M., Handysides, R., Khademi, A.A., Bakland, L.K. (2002). Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surgery Oral Medicine and Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*, **94** (6), 658- 666.
- Torabinejad, M., Johnson, W.B. Irrigation solution and methods for use. (2003). US Patent & Trademark Office. United States Patent Application 20030235804; December 25
- Torabinejad, M., Khademi, A.A., Babagoli, J., Cho, Y., Johnson, W.B., Bozhilov, K., Kim, J., Shabahang, S. (2003a). A new solution for the removal of the smear layer. *Journal of Endodontics*, **29** (3), 170- 175.
- Torabinejad, M., Cho, Y., Khademi, A.A., Bakland, L.K., Shabahang, S. (2003b). The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. *Journal of Endodontics*, **29** (4), 233- 239.
- Torabinejad, M., Shabahang, S., Aprecio, R.M., Kettering, J.D. (2003c). The antimicrobial effect of MTAD: an in vitro investigation. *Journal of Endodontics*, **29** (6), 400- 403.
- Trepagnier, C.M., Madden, R.M., Lazzari, E.P. (1977). Quantitative study of sodium hypochlorite as an in vitro endodontic irrigant. *Journal of Endodontics*, **3** (5), 194- 196.
- Tronstad, L., Barnett, F., Schwartzben, L., Frasca, P. (1985). Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Endodontics and Dental Traumatology*, **1** (2), 69- 76.

- Turek, T., Langeland, K. (1982). A light microscopic study of the efficacy of the telescopic and the Giromatic preparation of root canals. *Journal of Endodontics*, **8 (10)**, 437- 443.
- van Hillegersberg, R. (1997). Fundamentals of laser surgery. *The European Journal of Surgery*, **163 (1)**, 3- 12.
- Vanzillotta, P.S., Soares, G.A., Bastos, I.N., Simoa, R.A., Kuromoto, N.K. (2004). Potentialities of some surface characterization techniques for the development of titanium biomedical alloys. *Materials Research*, **7 (3)**, 437- 444.
- Verdelis, K., Eliades, G., Oviir, T., Margelos, J. (1999). Effect of chelating agents on the molecular composition and extent of decalcification at cervical, middle and apical root dentin locations. *Endodontics and Dental Traumatology*, **15 (4)**, 164- 170.
- Vezzani, M.S., Pietro, R., Silva-Sousa, Y.T., Brugnera-Junior, A., Sousa-Neto, M.D. (2006). Disinfection of root canals using Er:YAG laser at different frequencies. *Photomedicine and laser surgery*, **24 (4)**, 499- 502.
- Vojinovic, O., Nyborg, H., Brannström, M. (1973). Acid treatment of cavities under resin fillings: bacterial growth in dentinal tubules and pulpal reactions. *Journal of Dental Research*, **52 (6)**, 1189- 1193.
- Wakabayashi, H., Hamba, M., Matsumoto, K., Tachibana, H. (1993). Effect of irradiation by semiconductor laser on responses evoked in trigeminal caudal neurons by tooth pulp stimulation. *Lasers in Surgery and Medicine*, **13 (6)**, 605- 610.
- Walker, T.L., del Rio, C.E. (1989). Histological evaluation of ultrasonic and sonic instrumentation of curved root canals. *Journal of Endodontics*, **15 (2)**, 49- 59.
- Walmsley, A.D. (1987). Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *International Endodontic Journal*, **20 (3)**, 105- 111.
- Walton, R.E., Rivera, E.M. (2002). Cleaning and shaping, "Principles and Practice of Endodontics" (Ed. Walton RE ve Torabinejad M)'de 3. baskı, WB Saunders Company, Philadelphia, s. 206- 239.
- Wang, X., Sun, Y., Kimura, Y., Kinoshita, J., Ishizaki, N.T., Matsumoto, K. (2005). Effects of diode laser irradiation on smear layer removal from root canal walls and apical leakage after obturation. *Photomedicine and Laser Surgery*, **23 (6)**, 575- 581.
- Wayman, B.E., Kopp, W.M., Pinero, G.J., Lazzari, E.P. (1979). Citric and lactic acids as root canal irrigants in vitro. *Journal of Endodontics*, **5 (9)**, 258- 265.

- Weichman, J.A., Johnson, F.M. (1971). Laser use in endodontics. A preliminary investigation. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **31 (3)**, 416-420.
- Weine, F.S., Kelly, R.F., Lio, P.J. (1975). The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *Journal of Endodontics*, **1 (8)**, 255- 262.
- Weller, R.N., Brady, J.M., Bernier, W.E. (1980). Efficacy of ultrasonic cleaning. *Journal of Endodontics*, **6 (9)**, 740- 743.
- Wesselink, P., Bergenholtz, G. (2003). Treatment of the necrotic pulp. In: Bergenholtz, G., Horsted-Bindslev, P., Reit, C. Text book of endodontology. Oxford, Blackwell Munksgaard, USA, 156- 174.
- White, R.R., Goldman, M., Lin, P.S. (1984). The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *Journal of Endodontics*, **10 (12)**, 558- 562.
- White, R.R., Goldman, M., Lin, P.S. (1987). The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials. Part II. *Journal of Endodontics*, **13 (8)**, 369- 374.
- White, J.M., Fagan, M.C., Goodis, H.E. (1994). Intrapulpal temperatures during pulsed Nd:YAG laser treatment of dentin, in vitro. *Journal of Periodontology*, **65 (3)**, 255- 259.
- White, R.R., Hays, G.L., Janer, L.R. (1997). Residual antimicrobial activity after canal irrigation with chlorhexidine. *Journal of Endodontics*, **23 (4)**, 229- 231.
- Wigdor, H., Abt, E., Ashrafi, S., Walsh, J.T. (1993). The effect of lasers on dental hard tissues. *Journal of the American Dental Association*, **124 (2)**, 65- 70.
- Wilder-Smith, P. (1988a). The soft laser: therapeutic tool or popular placebo?. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, **66 (6)**, 654- 658.
- Wilder-Smith, P.E. (1988b). A new method for the non-invasive measurement of pulpal blood flow. *International Endodontic Journal*, **21 (5)**, 307- 312.
- Yamada, R.S., Armas, A., Goldman, M., Lin, P.S. (1983). A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *Journal of Endodontics*, **9 (4)**, 137- 142.
- Yamashita, J.C., Tanomaru Filho, M., Leonardo, M.R., Rossi, M.A., Silva, L.A. (2003). Scanning electron microscopic study of the cleaning ability of chlorhexidine as a root-canal irrigant. *International Endodontic Journal*, **36 (6)**, 391- 394.

- Yamazaki, R., Goya, C., Yu, D.G., Kimura, Y., Matsumoto, K. (2001). Effect of erbium, chromium: YSGG laser irradiation on root canal walls: a scanning electron microscopic and thermographic study. *Journal of Endodontics*, **27** (1), 9- 12.
- Zakariasen, K.L., Dederich, D.N., Tulip, J., DeCoste, S., Jensen, S.E., Pickard, M.A. (1986). Bactericidal action of carbon dioxide laser radiation in experimental dental root canals. *Canadian Journal of Microbiology*, **32** (12), 942- 946.
- Zhang, C., Kimura, Y., Matsumoto, K., Harashima, T., Zhou, H. (1998). Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on root canal wall dentin with different laser initiators. *Journal of Endodontics*, **24** (5), 352- 355.
- Zhang, W., Torabinejad, M., Li, Y. (2003). Evaluation of cytotoxicity of MTAD using the MTT-tetrazolium method. *Journal of Endodontics*, **29** (10), 654- 657.

ÖZGEÇMİŞ

1979 Yılında Rize’de doğdum. İlköğrenimimi Malatya Derme İlkokulu ve Samsun İlkadım İlköğretim Okulunda, lise öğrenimimi Samsun Namık Kemal Lisesi’nde tamamladım. 1997 yılında girdiğim Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’nden 2002 yılında mezun oldum. Eylül 2003 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı’nda doktora eğitimine başladım. 2005 yılında araştırma görevlisi kadrosuna atandım. Halen aynı anabilim dalında görev yapmaktayım. Yabancı dilim İngilizce’dir.