

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KIRKKALE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI METOTLARLA AKTİVE EDİLEN İRRİGASYON
SOLÜSYONLARININ SMEAR TABAKA, DENTİN MİNERAL
İÇERİĞİ, DENTİN DEBRİS UZAKLAŞTIRMA VE
BAĞLANMA DAYANIMINA ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

Dt. Şefika Nur AKYÜZ

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Ali ERDEMİR**

2013-KIRIKKALE

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KIRKKALE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI METOTLARLA AKTİVE EDİLEN İRRİGASYON
SOLÜSYONLARININ SMEAR TABAKA, DENTİN MİNERAL
İÇERİĞİ, DENTİN DEBRİS UZAKLAŞTIRMA VE
BAĞLANMA DAYANIMINA ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

Dt. Şefika Nur AKYÜZ

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Ali ERDEMİR**

**Bu Tez Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından
2012-93 numaralı proje ile desteklenmiştir.**

2013-KIRIKKALE

Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Endodonti Doktora Programı çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 04 /07/2013



İmza

Prof.Dr. Mete ÜNGÖR

Başkent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi

Jüri Başkanı

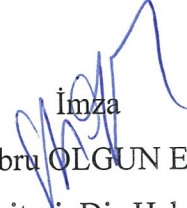


İmza

Prof.Dr. Ali ERDEMİR

Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi

Üye



İmza

Prof.Dr. Ebru OLGUN ERDEMİR

Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi

Üye

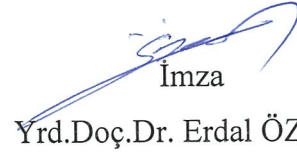


İmza

Doç.Dr. Ayçe ÜNVERDİ ELDENİZ

Selçuk Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi

Üye



İmza

Yrd.Doç.Dr. Erdal ÖZCAN

Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi

Üye

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

İÇİNDEKİLER.....	iii
ÖNSÖZ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
TABLolar DİZİNİ.....	xii
ÖZET	1
SUMMARY	4
GİRİŞ	7
1.1. Smear Tabakası.....	9
1.2. Smear Tabakasının Uzaklaştırılması.....	11
1.3. Smear Tabakasının Uzaklaştırılmasında İrrigasyonun Önemi.....	13
1.4. Endodontide Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları.....	15
1.4.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl).....	16
1.4.2. Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA).....	19
1.5. İrrigasyon Solüsyonlarının Aktive Edilme Yöntemleri.....	21
1.5.1. Sonik ve Ultrasonik Sistemler.....	21
1.5.1.1. Ultrasonik Cihazların Endodontideki Kullanım Alanları.....	24
1.5.1.2. Pasif Ultrasonik İrrigasyonun Mekanizması.....	27
1.5.1.2.1. Frekans ve Şiddet.....	27
1.5.1.2.2. Akustik Dalgalanma.....	27
1.5.1.2.3. Kavitasyon ve Kavitasyonel Mikro Dalgalanma.....	28

1.5.2. Lazerler	29
1.5.2.1. Lazer Fiziği	30
1.5.2.2. Lazer Doku Etkileşimi	33
1.5.2.3. Lazer Sistemlerinin Sınıflandırılması	37
1.5.2.4. Diş Hekimliğinde Lazerlerin Kullanım Alanları	39
1.5.2.5. Lazerlerin Diş Hekimliğine Getirdiği Avantaj ve Dezavantajlar	41
1.5.2.6. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler	41
1.5.2.6.1. Er:YAG Lazer	42
1.5.2.6.2. Nd:YAG Lazer	46
1.5.2.6.3. Diyot Lazer	49
1.5.2.7. Lazerlerin Endodontideki Kullanım Alanları	51
1.5.3. Kök Kanal İrrigasyon Sistemleri	55
2. GEREÇ VE YÖNTEM.....	58
2.1. Örneklerin Hazırlanması.....	58
2.2. Smear Uzaklaştırma ve SEM-EDX Analizi	58
2.2.1. Kök Kanallarının Preparasyonu.....	58
2.2.2. Örnek Kesitlerin Hazırlanması	68
2.2.3. Sem Cihazı İçin Örneklerin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi	68
2.2.4. SEM-EDX Analizi	73
2.3. Dentin Debrisi Uzaklaştırma Etkinliği	73
2.3.1. Dentin Debrisi Uzaklaştırma Etkinliğinin Değerlendirilmesi	76
2.4. Push Out Bağlanma Dayanımı Testi.....	79
2.4.1. Push Out Test Düzeneği	81
2.4.2. Kopma Tipinin Belirlenmesi	83
2.5. İstatistiksel Analizler	835

3. BULGULAR	836
3.1. Smear Tabaka Uzaklaştırma Etkinliği	83
3.1.1. Gözlemciler Arasındaki ve Farklı Zaman Aralıklarındaki Uyumun Değerlendirilmesi.....	83
3.1.2. Farklı Tekniklerin Smear Tabaka Uzaklaştırma Etkinliği.....	83
3.2. EDX Analizine Ait Bulgular	102
3.3. Dentin Debrisi Uzaklaştırma Etkinliği	107
3.4. Push Out Bağlanma Dayanımı Testi.....	108
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	111
5. KAYNAKLAR	137
ÖZGEÇMİŞ	171

ÖNSÖZ

Beş yıllık asistanlık ve dört yıllık doktora öğrenciliğimi takiben uzun, yorucu ve titiz bir çalışma süresi sonunda doktora tez çalışmamı tamamlamış olmanın mutluluğunu ve verdiği gururu emeği geçen ve desteklerini esirgemeyen hocalarım, arkadaşlarım ve ailemle paylaşmak isterim.

Doktora eğitimim ve tez çalışma sürem boyunca benden bilgi, tecrübe ve desteğini esirgemeyen değerli danışmanım ve ana bilimdalı başkanımız Prof. Dr. Ali ERDEMİR'E sonsuz sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca,

Prof.Dr. İrfan ALBAYRAK'a stereomikroskopu kullanma imkanını sağladığı ve düzeneğin hazırlanmasındaki yardımları için,

Biyoloji bölümü yüksek lisans öğrencisi Engin YILMAZ'a dentin kesitlerinin mikroskopik görüntülerinin fotoğraflanmasındaki yardımları için,

K.K.U SEM laboratuvarı çalışanlarına gerekli ortam ve cihazları kullanmamdaki katkıları için,

Medikadent Diş Polikliniği'ne ve Diş Hekimi Zafer KAZAK'a gerekli ortam ve lazer cihazlarının kullanılmasındaki katkıları için,

Bahadır Uğur AYLIKÇI'ya istatistiksel analizler konusundaki yardımları için,

Kubeyse UĞURLU, Merve ÖZGÜVEN ve Ali TÜRKYILMAZ'a bu yorucu dönemde beni yalnız bırakmadıkları ve destek oldukları için,

K.K.U Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'ne mali desteği için teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatımın her anında desteklerini ve yanımda olduklarını hissettiğim canım aileme ve sabrı, desteği ve sevgisi için Hayat Arkadaşım'a sonsuz teşekkürler...

SİMGELER ve KISALTMALAR

ANP	: Apical Negative Pressure
Al₂O₃	: Alüminyum oksit
Ar	: Argon
Ca	: Kalsiyum
Ca(OH)₂	: Kalsiyum hidroksit
Ca/P	: Kalsiyum fosfor oranı
CO₂	: Karbondioksit
CW	: Continious Mode
CFD	: Bilgisayarlı Akış Dinamiği
dk	: Dakika
EDS	: Energy Dispersive Spectrometer
EDTA	: Ethylenediamine Tetra-acetic Acid
Er,Cr:YSGG	: Erbium Chromium Yttrium Scandium Gallium Garnet
Er:YAG	: Erbium Yttrium Alüminyum Garnet
FDA	: Food and Drug Administration
Ga-Al-As	: Galyum-Aluminum-Arsenide
Ga-As	: Galyum-Arsenide
gr	: Gram
H₂O₂	: Hidrojen peroksit
H₂SO₄	: Sülfirik asit
He-Ne	: Helium-Neon
Hz	: Hertz
HCl	: Hidroklorik asit
HOCl	: Hipoklorik asit
Ho:YAG	: Holmium Yttrium Aluminum Garnet
ISO	: International Organization for Standardization
kHz	: Kilohertz
J	: Joule
kV	: kilovolt
LASER	: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
LAI	: Laser Activated Irrigation
LDF	: Lazer Doppler Flowmetry

MASER	: Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation
MDA	: Manuel Dinamik Aktivasyon
MPa	: Megapaskal
Mg	: Magnezyum
mJ	: milijoule
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
µm	: Mikrometre
mW	: Miliwatt
MTAD	: Mixed Tetracycline Acid Detergent
N	: Newton
Na	: Sodyum
NaOCl	: Sodyum hipoklorit
Nd:YAG	: Neodymium Yttrium Aluminum Garnet
Nd:YAP	: Neodymium Yttrium Aluminum Perovskite
Nd:YLF	: Neodymium Yttrium Lithium Fluoride
nm	: Nanometre
P	: Fosfor
PDT	: Foto Dinamik Tedavi
PIPS	: Photon Induced PhotoAcoustic Streaming
PUI	: Pasif ultrasonik irrigasyon
pps	: Pulse per second
REDTA	: Roth's Ethylenediamine Tetra-acetic Acid
SEM	: Scanning electron microscope
sn	: Saniye
Tetrasiklin-HCl	: Tetrasiklin hidroklorür
UI	: Ultrasonik irrigasyon
W	: Watt
%	: Yüzde
°C	: Santigrad derece

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No:

Şekil 1.1.	Lazer Işığının Dokuda Meydana Getirdiği Fiziksel Olaylar	34
Şekil 2.1.	Çalışmamızda Kullanılan 30 Gauge'luk Endodontik İrrigasyon İğnesi	59
Şekil 2.2.	Çalışmamızda Kullanılan Paslanmaz Çelik Ultrasonik Uç	61
Şekil 2.3.	Çalışmamızda Kullanılan Ultrasonik Sistem.....	61
Şekil 2.4.	Endovac İrrigasyon Sistemi.....	62
Şekil 2.5.	Endovac İrrigasyon Sistemine Ait Mikrokanül	62
Şekil 2.6.	Çalışmamızda Kullanılan Diyet Lazer	63
Şekil 2.7.	Diyet Lazer'e Ait 300 µm'lik Fiber Optik Uç.....	63
Şekil 2.8.	Çalışmamızda Kullanılan Nd:YAG ve Er:YAG Lazer	64
Şekil 2.9.	Nd:YAG Lazer'e Ait 300 µm'lik Fiber Optik Uç	65
Şekil 2.10.	Çalışmamızda Kullanılan Nd:YAG Lazer'e Ait Parametreler	65
Şekil 2.11.	Er:YAG Lazer'e Ait 300 µm'lik Fiber Optik Uç	66
Şekil 2.12.	Çalışmamızda Kullanılan Er:YAG Lazer'e Ait Parametreler	66
Şekil 2.13.	PIPS Sistemi İle Beraber Kullanılan Er:YAG Lazer.....	67
Şekil 2.14.	Er:YAG Lazer'e Ait 300 µm'lik PIPS Fiber Optik Uç	67
Şekil 2.15.	İki Parçaya Ayrılan Diş Örneği	68
Şekil 2.16.	Sputter Cihazı (Altın-Palladyum Kaplama Cihazı).....	69
Şekil 2.17.	Altın-Palladyum Kaplanan Diş Örnekleri	70
Şekil 2.18.	Çalışmamızda Kullanılan SEM Cihazı	70
Şekil 2.19.	Skor 0.....	71
Şekil 2.20.	Skor 1.....	71
Şekil 2.21.	Skor 2.....	72
Şekil 2.22.	Skor 3.....	72
Şekil 2.23.	EDX Mikroanaliz Cihazı	73

Şekil 2.24. Dentin Debrisi Uzaklaştırma Etkinliğinin Değerlendirildiği Örnekler	74
Şekil 2.25. Kanal Uzantılarından Elde Edilen Dentin Debrisi	75
Şekil 2.26. Çalışmamızda Kullanılan Dijital Kamera	75
Şekil 2.27. Tekrar Birleştirilen Diş Örnekleri	76
Şekil 2.28. Skor 0: Oluk Boş	77
Şekil 2.29. Skor 1: Oluğun Yarısından Daha Az Bir Kısmı Dentin Debrisi İle Dolu	77
Şekil 2.30. Skor 2: Oluğun Yarısından Daha Fazla Kısmı Dentin Debrisi İle Dolu	78
Şekil 2.31. Skor 3: Oluk Tamamen Dentin Debrisi İle Dolu	78
Şekil 2.32. Kesme Makinesi	80
Şekil 2.33. Push Out Deneyinde Elde Edilen Kesit.....	80
Şekil 2.34. Çalışmamızda Kullanılan Universal Test Cihazı	81
Şekil 2.35. Push Out Deneyinde Kullanılan 1.2 mm, 1 mm ve 0.8 mm Çaplarındaki Metal Uçlar	82
Şekil 2.36. Push Out Test Düzeneği	82
Şekil 2.37. Fiber Post ve Rezin Siman Arasında Tip 1 Adeziv Başarısızlık (C/P).....	83
Şekil 2.38. Rezin Siman ve Kök Kanal Dentini Arasındaki Tip 2 Adeziv Başarısızlık (C/D)	84
Şekil 2.39. Rezin Siman/Fiber Post Arasındaki Kopmaya İlaveten Rezin Siman/Kök Kanal Dentini Arasındaki Tip 3 Başarısızlık (M)	84
Şekil 3.1. Tüm Gruplardaki Örneklerin SEM İncelemesi Sonucunda Elde Edilen Ortalama ve Standart Sapmaların Grafikselleştirilmesi.....	88
Şekil 3.2. Grup 1'den X500, X1000, X1500 ve X2500 Maknifikasyonla Elde Edilen Örnek Görüntüleri	89
Şekil 3.3. Grup 2'den X500, X1000, X1500 Ve X2500 Maknifikasyonla Elde Edilen Örnek Görüntüleri.....	90

Şekil 3.4.	Grup 3'den X500, X1000, X1500 ve X2500 Maknifikasyonla Elde Edilen Örnek Görüntüler.....	91
Şekil 3.5.	Grup 4'den X500, X1000, X1500 ve X2500 Maknifikasyonla Elde Edilen Örnek Görüntüler	92
Şekil 3.6.	Grup 5'den X500, X1000, X1500 ve X2500 Maknifikasyonla Elde Edilen Örnek Görüntüler.....	93
Şekil 3.7.	Grup 6'dan X500, X1000, X1500 ve X2500 Maknifikasyonla Elde Edilen Örnek Görüntüler.....	94
Şekil 3.8.	Grup 7'den X500, X1000, X1500 ve X2500 Maknifikasyonla Elde Edilen Örnek Görüntüler.....	95
Şekil 3.9.	Grup 8'den X500, X1000, X1500 ve X2500 Maknifikasyonla Elde Edilen Örnek Görüntüler.....	96
Şekil 3.10.	Grupların Koronal Bölgelerine Ait Görüntüler	98
Şekil 3.11.	Grupların Orta Bölgelerine Ait Görüntüler	99
Şekil 3.12.	Grupların Apikal Bölgelerine Ait Görüntüler	101
Şekil 3.13.	Bağlanma Dayanımına Ait Bulguların Grafıksel Görünümü	110

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No:

Çizelge 1.1 Isının Hedef Dokuya Etkisi	38
Çizelge 1.2 Farklı Lazer Sistemleri ve Dalga Boylarına Ait Tablo.....	45
Çizelge 2.1 İrrigasyon Prosedürlerine Ait Çizelge	60

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No:

Tablo 3.1. Farklı Tekniklerin Smear Tabaka Uzaklaştırma Etkinliği	87
Tablo 3.2. Grupların Ca Değerlerine Ait Bulgular	103
Tablo 3.3. Grupların P Değerlerine Ait Bulgular	104
Tablo 3.4. Grupların Ca/P Değerlerine Ait Bulgular	105
Tablo 3.5. Grupların Mg Değerlerine Ait Bulgular	106
Tablo 3.6. Debris Skorları Arasındaki Farklılıklarının İstatistiksel Olarak Değerlendirmesi ve Skor Yüzdeleri	108
Tablo 3.7. Bağlanma Dayanımına Ait Bulgular	109
Tablo 3.8. Kırık Tiplerinin Gruplara Göre Dağılımı	110

ÖZET

Farklı Metotlarla Aktive Edilen İrrigasyon Solüsyonlarının Smear Tabaka, Dentin Mineral İçeriği, Dentin Debris Uzaklaştırma ve Bağlanma Dayanımına Etkisinin İncelenmesi

İrrigasyon solüsyonlarının kök kanallarındaki etkinliğini artırmak amacıyla farklı irrigasyon teknikleri kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı farklı metotlarla aktive edilen irrigasyon solüsyonlarının smear tabaka, dentin mineral içeriği, dentin debris uzaklaştırma ve bağlanma dayanımına etkisini incelemektir. Çalışmada 192 adet çekilmiş tek köklü ön grup insan dişi kullanıldı. Çalışma boyunca kök kanalları genişletildikten sonra tüm dişler farklı irrigasyon aktivasyon metotlarına göre 8 gruba ayrıldı. 1. Grupta distile su, diğer gruplarda %2.5 NaOCl ve %17 EDTA irrigasyon solüsyonları kök kanallarına uygulandı. 2. Grup: Manuel irrigasyon, 3. Grup: Pasif ultrasonik irrigasyon, 4. Grup: EndoVac irrigasyon sistemi, 5. Grup: GaAlAs Diyot lazer (Cheese™, Gigaa, China), 6. Grup: Nd:YAG lazer (Fidelis, Fotona, Ljubljana-Slovenia), 7. Grup: Er:YAG lazer (Fidelis, Fotona, Ljubljana-Slovenia), 8. Grup: Er:YAG lazerle (LightWalker, Fotona, Ljubljana-Slovenia) birlikte Foton İndüklenmiş Fotoakustik Dalgalanma (PIPS™) tekniği olacak şekilde belirlendi.

İrrigasyon prosedürlerini takiben, kökler longitudinal olarak ikiye ayrıldı ve smear tabakasının varlığı $\times 1,000$ büyütmede elde edilen görüntüler üzerinde kökün üç ayrı bölgesinde değerlendirildi. Aynı örneklerde dentinin kimyasal içeriğinde meydana getirdiği değişiklikleri değerlendirmek amacıyla SEM-EDX yöntemi kullanıldı.

Standardize kök kanallarında açılan oluklardaki dentin debris uzaklaştırma etkinliğini değerlendirmek için deneysel kök kanal modeli kullanıldı. İrrigasyon prosedürünü takiben oluklar fotoğraflandı ve kök kanalında kalan debris miktarları skorlandı.

Bağlanma dayanımını değerlendirmek için push out testi kullanıldı. Fiber postların kök kanal dentinine simantasyonunda adeziv rezin siman (Panavia F 2.0) kullanıldı. Kesme makinası kullanılarak kalınlıkları yaklaşık $1,00 \pm 0,05$ mm olacak

şekilde tüm dişlerden 6'şar kesit alındı her gruptan 24 adet örnek elde edildi. Disklere, universal test cihazında 0,5 mm/dk hız ile kuvvet uygulanarak elde edilen veriler Megapaskal (MPa) olarak hesaplandı. Kopma tipleri adeziv, koheziv ve mix olarak sınıflandırıldı.

Smear tabakası varlığı Kruskal-Wallis ve Mann-Whitney U testi kullanılarak değerlendirildi. En yoğun smear tabakası Grup 1'de gözlemlendi ve diğer gruplarla arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p < 0,05$). En az smear tabakası Grup 8'de gözlemlendi ve Grup 1; Grup 2 ve Grup 5'le arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p < 0,05$). Ayrıca Grup 2 ile Grup 5 ve Grup 6 arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ($p > 0,05$). Tüm deneysel irrigasyon teknikleri smear tabakasını koronal ve orta bölgelerde apikal bölgelerden daha iyi uzaklaştırdı.

SEM-EDX analizi MANOVA ve Tamhane T2 çoklu karşılaştırma testi kullanılarak değerlendirildi. Diyet lazer uygulanan grupta ağırlıkça Ca yüzdesinin arttığı P ve Ca/P yüzdesinin azaldığı belirlendi. Diğer grupların Ca/P yüzdeleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı belirlendi ($p < 0,05$).

Debris uzaklaştırma etkinliği; Kruskal-Wallis ve Mann-Whitney U testi kullanılarak değerlendirildi ($\alpha = 0,05$). Sonuçlar incelendiğinde; Grup 1, diğer gruplara göre daha yüksek debris skorlarına sahipken; Grup 3'ün en düşük skorlara sahip olduğu ve Grup 2, 5 ve 6'ya göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha iyi debris uzaklaştırma etkinliğine sahip olduğu belirlendi. Dentin debris uzaklaştırma etkinliği açısından Grup 1 ve Grup 3 dışındaki diğer tüm gruplar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p > 0,05$).

Push out bağlanma testi sonucunda elde edilen veriler (MPa) iki yönlü varyans analizi ve Tamhane T2 çoklu karşılaştırma testi kullanılarak değerlendirildi. Grup 8, diğer gruplara göre en yüksek bağlanma dayanımı gösterdi ve en düşük bağlanma dayanımı Grup 1'de gözlemlendi. Diğer gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p > 0,05$).

Bu çalışmanın sınırları içerisinde, Ultrasonik, EndoVac, Nd:YAG Lazer, Er:YAG Lazer ve PIPS teknikleri ile irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonu smear

tabakasının ve dentin debrisinin uzaklaştırılmasında etkin yöntemlerdir. Smear tabakasının varlığı fiber postların bağlanma dayanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Endodontik tedavi esnasında apikal bölgenin temizlenebilirliği oldukça zordur.

Anahtar Sözcükler: Diyet lazer, EndoVac, Er:YAG Lazer, Nd: YAG Lazer, Ultrasonik

SUMMARY

Evaluation of the Efficiency of Different Irrigation Activation Techniques on Smear Layer, Mineral Content of Dentin, Debris Removal and Push-Out Bond Strength

Different irrigation techniques have been proposed to increase the flow and distribution of irrigating solutions within the root canal system. The aim of this in vitro study was to compare efficiency of different irrigation activation techniques on smear layer, mineral content of dentin, debris removal and push-out bond strength. 192 extracted single rooted anterior human teeth were used in this study. The root canals were prepared at working length and all of the teeth were randomly divided into eight groups according to the final irrigant activation protocols; distilled water was used as an irrigant in Group 1, 2.5% NaOCL and 17% EDTA were used in the other groups. Group 2: Manual syringe irrigation, Group 3: Passive ultrasonic irrigation, Group 4: EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA), Group 5: GaAlAs Diode laser (Cheese™, Gigaa, China), Group 6: Nd:YAG laser (Fidelis, Fotona, Ljubljana-Slovenia), Group 7: Er:YAG laser (Fidelis, Fotona, Ljubljana-Slovenia) and Group 8: Er:YAG laser (LightWalker, Fotona, Ljubljana-Slovenia) using with Photon Induced Photoacoustic Streaming (PIPS™) technique.

After irrigation procedures, the roots were split longitudinally and the amount of smear layer in each third of roots was evaluated using SEM micrographs at $\times 1,000$. Chemical elements of these surfaces were also analyzed by energy dispersive x-ray spectroscope (SEM-EDX).

The experimental root canal model was used for evaluating the removal of dentin debris from artificially made grooves in standardized root canals. After each irrigation procedure, the groove was photographed, and the residual amount of dentin debris was scored.

Bond strength was measured by the push-out test. Adhesive resin cement (Panavia F 2.0) was used for cementation of the fiber posts to the root canal dentin. All of the specimens were set and sectioned perpendicularly along the long axis of

the post using a saw. Six discs (thickness of $1\pm 0,05\text{mm}$) were obtained from each post-core sample; finally, each group consisted of 24 samples. Pushout tests were performed using a universal testing machine at a crosshead speed of 0.5 mm/min. The data were calculated as MPa. Failure patterns were classified as adhesive, cohesive and mixed.

The existence of the smear layer in the root canal were analyzed using Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U tests. The most intense smear layer was observed in group 1, and the difference between the other groups were statistically significant ($p < 0,05$). The best smear layer removal was achieved in Group 8 and there was a statistically significant difference between Group 1, 2 and 5 ($p < 0,05$). There was no statistically significant difference among Group 2 with 5 and 6 ($p > 0,05$). All experimental irrigation techniques removed smear layer more effectively at the coronal and middle levels compared to the apical level ($p < 0,05$).

Analysis of SEM-EDX was statistically analyzed using MANOVA and the Tamhane T2 post hoc test. The level of Ca were increased and P, Ca/P ratio were decreased significantly in the diode laser ($p < 0,05$). There were no significant differences between the Ca/P ratio in other groups ($p > 0,05$).

Debridement efficiency was analysed with using Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U tests ($\alpha = 0,05$). Group 1 was showed significantly ($p \leq 0,05$) more debris inside the canals than the other protocols, while ultrasonic irrigation was the most effective ($p < 0,05$) for debris removal than Group 2, Group 5 and Group 6. Regarding the removal of dentin debris removal, there was no statistically significant difference ($p > 0,05$) among the other irrigant activation protocols except for Group 1 and 3 ($p \leq 0,05$).

Push out test results (MPa) were statistically analyzed using two-way analysis of variance and the Tamhane T2 post hoc test. The greatest mean push-out bond strength was obtained in Group 8 and the lowest bond strength values were obtained in Group 1 and there was no statistically significant difference ($p > 0,05$) between the other irrigation activation protocols.

Within the limits of this study, the irrigation activation with Ultrasonic, EndoVac, Nd:YAG Laser, Er:YAG Laser and PIPS technique has been demonstrated to be effective in removing smear layer and dentin debris even in the apical third which is described as the hardest area to clean during endodontic treatment. Smear layer has a negative effect on the bond strength of the fiber posts.

Keywords: Diode laser, EndoVac, Er:YAG laser, Nd: YAG laser, Ultrasonic.

GİRİŞ

Endodontik tedavi; pulpa dokusunun kök kanal sisteminden uzaklaştırılmasını takiben kök kanallarının mekanik olarak genişletilmesi, irrigasyon solüsyonları ile dezenfeksiyonu ve koronalden apikale üç boyutlu olarak hiçbir şekilde sızıntıya olanak sağlamayacak şekilde doldurulması işlemidir. Kök kanal tedavisinin başarısı, literatürde ‘‘Endodontik triad’’ olarak isimlendirilen bu üç ana prensibin tam olarak yerine getirilmesine bağlıdır (Seltzer ve Bender, 1965).

Kök kanal sisteminin temizlenmesi ve şekillendirilmesi, kök kanalının sterilizasyonu için gereken en önemli tedavi basamağıdır. Mekanik preparasyonla kök kanalındaki tüm nekrotik dokuların, ideal kanal şekillendirmesi için gerekli olan miktarda sert dokunun, aynı zamanda mikrobiyolojik açıdan irrigasyon işlemi ile kök kanal sistemindeki mikroorganizmaların yok edilip uzaklaştırılması hedeflenmektedir.

İrrigasyon solüsyonlarının kullanımı, kök kanal sisteminin dezenfeksiyonunda ve debrislerin uzaklaştırılmasındaki rolüyle kök kanal preparasyonunun ayrılmaz bir parçasıdır. Kullanım amaçları; enfekte sert dokuların ve yumuşak dokuların foramen apikale bölgesinde birikmesini ve periapikal bölgeye yayılmasını engellemek, mekanik genişletme sırasında oluşan dentinal debrisyi uzaklaştırırken aynı zamanda antimikrobiyal etki göstermek ve kanal preparasyonu esnasında kayganlaştırıcı etkisi ile daha etkin bir kanal preparasyonu yapılmasını sağlamaktır (Alacam, 2000; Goldman et al., 1982).

Kök kanallarının mekanik olarak genişletilmesi sırasında kök kanal duvarlarında dentin talaşları, vital ya da nekrotik artıklar, pulpa dokusu kalıntıları, tükürük, odontoblastik uzantılar ve bazen de mikroorganizmalardan oluşan kalınlığı 0,5 µm.'den 15 µm.'ye kadar değişen bir tabakanın meydana geldiği rapor edilmiştir (Brannstrom ve Johnson, 1974; Eick et al., 1970; Sen et al., 1995). Mine ve dentin üzerinde kesilen dokunun tipine bağlı olarak biriken bu tabakaya ‘smear tabakası’ denilmektedir (Czonstkowsky et al., 1990).

Smear tabakasının kök kanalında varlığının endodontik tedaviyi nasıl etkileyeceği tam olarak bilinmemekle birlikte, dentin kanalcıklarının ağzını tıkayabilmesi, tıkanan kanallarda olası bakterilerin kolayca üreyebilmesi ve kök

kanal dolgu maddesinin kanal duvarına temas etmesini engelleyip apikal sızıntıya neden olabileceği düşünülerek daimi kanal dolgusundan önce kök kanalından uzaklaştırılması gerektiği birçok araştırmacı tarafından ileri sürülmüştür (Brannstrom, 1984; Goldberg ve Spielberg, 1982; Rome et al., 1985; Vojinovic et al., 1973; Yamada et al., 1983).

Yapılan çalışmalar, geleneksel mekanik temizliğe ilave olarak kullanılan çok sayıdaki irrigasyon solüsyonunun gerçekte, kök kanal sisteminden smear tabakasını tam olarak uzaklaştırıpamadığını göstermiştir (Bystrom ve Sundqvist, 1985; Moodnik et al., 1976). Smear tabakasının organik ve inorganik içeriğe sahip olması nedeniyle, tek bir solüsyonun bu tabakayı tamamen uzaklaştırmada yetersiz kaldığı gösterilmiştir (Stewart, 1998). Sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonunun organik yapıların uzaklaştırılmasında kullanımı yeterli olurken (Barbosa et al., 1994), inorganik yapıların uzaklaştırılmasında Sitrik asit (Wayman et al., 1979), Tannik asit (Bitter, 1989a), Poliakrilik asit (Berry et al., 1987), Fosforik asit (Garberoglio ve Becce, 1994), Ethylenediamine Tetra-acetic Acid (EDTA) (Lim et al., 2003), Roth's Ethylenediamine Tetra-acetic Acid (REDTA) (Berg et al., 1986) gibi selasyon ajanları kullanılmasının gerektiği bildirilmiştir. Mevcut kanal genişletmesinde kullanılan tekniklerin ve bilinen irrigasyon solüsyonlarının smear tabakasını kaldırmada yetersizliği göz önünde bulundurularak, araştırmacılar yeni sistemlerin etkinliği yönünde çalışmalarına devam etmektedirler (Di Lenarda et al., 2000; Hulsmann et al., 2001). Son yıllarda kök kanallarında irrigasyon solüsyonlarının aktive edilmesiyle smear tabakasının ve debrislerin daha iyi uzaklaştırılabileceğini öne süren çalışmalar mevcuttur (De Moor et al., 2010; Peters et al., 2011). Smear tabakasını ve dentin debrislerini uzaklaştırmak için organik asitlerin yanı sıra ultrasonik aletlerin (Cameron, 1983; 1988a), irrigasyon sistemlerinin (Cheung ve Stock, 1993; Nielsen ve Craig Baumgartner, 2007) ve lazerlerin (Takeda et al., 1998b; 1999) kullanımı tavsiye edilmektedir.

Richman tarafından 1957 yılında endodontik uygulamalarda kullanılmaya başlayan ultrasonikler, günümüzde irrigasyon solüsyonunun etkinliğini artırmak için kök kanallarının irrigasyonunda aktivasyon amacıyla kullanılan yöntemlerden birisidir (Richman, 1957). Ultrasonik irrigasyon yönteminin smear tabaka ve dentin debrislerini uzaklaştırmada etkili bir yöntem olduğu rapor edilmiştir (Ahmad et al.,

1987b). Literatürde eş zamanlı (ultrasonik enstümantasyon) ve pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) olmak üzere iki tip ultrasonik irrigasyon yöntemi tanımlanmaktadır. PUI yönteminin temizleme etkisi dentin debris, mikroorganizma ve organik dokunun daha etkin şekilde uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır. Bu yöntemin geleneksel şırınga ile karşılaştırıldığı çalışmalarda pasif ultrasonik irrigasyon yönteminin pulpa dokusu artıklarını, dentin debrisini ve planktonik bakterileri daha etkin uzaklaştırdığı gözlemlenmiştir (Ahmad et al., 1987b).

EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA) kök kanalı içerisinde negatif basınç oluşturarak irrigasyon solüsyonu ile kök kanalının yıkanmasını gerçekleştiren bir sistemdir. Yapılan çalışmalarda, EndoVac sisteminin dentin debrislerini uzaklaştırmada geleneksel şırınga ile irrigasyon yöntemine göre daha etkin bir yöntem olduğu rapor edilmiştir (Nielsen ve Craig Baumgartner, 2007).

Günümüzde lazer dişhekimliğinin çeşitli alanlarında uygulama alanı bulmuştur. Kök kanal tedavisinde de özellikle kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesinde, smear tabakasının ve debrislerin uzaklaştırılmasında, irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonunda ve bakterilerin yok edilmesinde kullanılabilirliği rapor edilmiştir (De Moor et al., 2010; Dederich, 1993; Koba et al., 1998; Kutsch, 1993; Miller ve Truhe, 1993; Myers, 1991; Pick ve Powell, 1993).

1.1. Smear Tabakası

Kök kanallarının temizleme ve şekillendirme işlemleri sırasında kullanılan aletler, kanal duvarlarında tamamen uzaklaştırılması mümkün olmayan amorf ve irregüler bir tabaka oluşturmaktadırlar. Organik ve inorganik komponentlerden oluşan bu tabaka *smear tabakası* olarak isimlendirilmektedir (McComb et al., 1976). Organik kısmı mikroorganizmalar, kan hücreleri, koagüle olmuş proteinler, canlı veya nekrotik pulpa artıkları ve odontoblast uzantılarının parçalarını, inorganik kısmı ise dentinal talaşları içermektedir.

Eick ve ark. (1970), smear tabakasının 0.5–15 µm kalınlığındaki partiküllerden oluştuğunu rapor etmişlerdir. Mader ve ark. (1984) smear tabakasının kalınlığının genellikle 1-2 µm, Goldman ve ark. (1981) ise smear tabakasının kalınlığının 1 µm ve prepare edilen kanal yüzeylerinde çoğunlukla inorganik

kompozisyondan oluştuğunu rapor etmişlerdir (Cameron, 1983). Mader ve ark. (1984) bu tabakanın ilki yüzeysel ikincisi dentinal tübüller içerisine gömülü olmak üzere iki farklı tabakadan oluştuğunu bildirmişlerdir. Yüzeysel smear tabakası 1-2 µm kalınlığında olup dentin dokusunun üzerinde gevşekçe tutunmakta ve dentin tübül ağzları ile intertübüller dentini kaplayarak tıkamaktadır. Derin smear tabakası ise dentin tübüllerinde 6-40 µm derinliğe kadar ulaşabilmektedir (Cameron, 1983; Mader et al., 1984). Aktener ve ark. (1989), smear tabakasının penetrasyon derinliğinin 110 µm'ye kadar artabildiğini rapor etmişlerdir. Cengiz ve ark. (1990) ise bu penetrasyonun nedenini, dentin tübüllerini ve smear tabakası arasında oluşan kapiller kuvvetlere bağlamışlardır.

Smear tabakasının kalınlığı; temizleme ve şekillendirme sırasında kullanılan aletlerin tipine, kök kanallarının ıslak veya kuru olarak genişletilmesine, kök kanalının şekline ve genişliğine, irrigasyon solüsyonunun yapısı ve miktarına göre değişiklik gösterebilmektedir (Mader et al., 1984; Pashley, 1984). Elmas frezler çelik frezlere göre daha kalın bir smear tabakası oluşturmaktadır (Czonstkowsky et al., 1990). Kök kanallarında gates-glidden veya post drilleri gibi tura takılan aletlerin kullanılması sonucu oluşan smear tabakası miktarının el ile yapılan mekanik preparasyona oranla daha fazla olduğu rapor edilmiştir (Mader et al., 1984; Pashley, 1984).

Smear tabakasının varlığı ilk olarak Boyde ve Knight (1970) tarafından kesilmiş mine yüzeyinde gösterilirken, kök kanal dentini yüzeyindeki varlığı ise McComb ve ark. (1975) tarafından bildirilmiştir. Bu araştırmacılar, bu tabakanın kron kısmında oluşan smear tabakasına benzediğini belirtmişlerdir. Yapılan Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) çalışmalarında dentin kesildiğinde dentin duvarlarının yüzeyi üzerinde sıklıkla çamurumsu bir tabakanın oluştuğu tespit edilmiştir (Boyde ve Knight, 1970; Mader et al., 1984; Moodnik et al., 1976; Torabinejad et al., 2002). SEM araştırmalarında dentin duvarının yüzeyi incelendiğinde smear tabakasının şekilsiz, düzensiz ve tanecikli bir görünüme sahip olduğu tespit edilmiştir (Brannstrom, 1984; Pashley et al., 1988; Yamada et al., 1983). Pashley (1984), kök kanallarının mekanik preparasyonu sırasında dentin yüzeysel bileşenlerinin koparak dentinin derinlerine yerleşmesinin bu görüntüye neden olabileceğini belirtmiş ve smear tabakasını testere ile kesilen bir ahşaptan çıkan ıslak talaşa benzetmiştir.

Yapılan başka bir elektron mikroskobu çalışmasında da (Prati et al., 1994) granüler bir yapıda görülen smear tabakasının ağaç kabuğu görünümünde olduğu bildirilmiştir.

Enstrümantasyonun ilk safhalarında kök kanalında bulunan nekrotik ve canlı pulpa dokusundan dolayı kök kanal duvarlarındaki smear tabakası oldukça yüksek oranda organik içeriğe sahiptir (Cameron, 1988a). Yapılan bir araştırmada tungsten karbit veya elmas frezlerle yapılan kavite preparasyonunun dentinal artıklardan oluşan bir smear tabakası meydana getirdiği ve bu tabakanın varlığında dentin permeabilitesinin %35 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Dippel et al., 1984).

1.2. Smear Tabakasının Uzaklaştırılması

Smear tabakasının kök kanallarında bırakılması ya da uzaklaştırılması ile ilgili birbirinden farklı görüşler mevcuttur (Drake et al., 1994; Shahravan et al., 2007). Bazı araştırmacılar smear tabakasının, bakteri metabolitlerine karşı bir engel görevi gördüğünü ve dentin tübülleri içine diğer iritanların ve mikroorganizmaların invazyonunu önlediği için kaldırılmaması gerektiği görüşünü savunmaktadırlar (Barbosa et al., 1994; Drake et al., 1994; Michelich et al., 1980).

Pashley (1985) eğer kanallar yeterince dezenfekte edilemiyorsa ya da kanal preparasyonundan sonra bakteriyel kontaminasyon oluşmuşsa smear tabakasının varlığının dentin tübüllerine bakteriyel invazyonunu önleyebildiğini savunmaktadır. Yapılan başka çalışmalar da bu hipotezi desteklemektedir (Barbosa et al., 1994; Pashley et al., 1981). Williams ve Goldman (1985), smear tabakasının *Proteus vulgaris*'in penetrasyonunu geciktirdiğini, fakat bu bakteri için total bir bariyer oluşturmadığını bildirmişlerdir. Nissan ve ark. (1995) da bu tabakanın mikroorganizmalara karşı etkin bir bariyer olmadığını rapor etmiştir.

Bu görüşlerin tersine bazı araştırmacılar da smear tabakasının şu gerekçelere dayanarak kaldırılması gerektiğini savunmaktadırlar;

1. Smear tabakasının yoğunluğu ve kalınlığı tam olarak bilinmemektedir ve bunun büyük bir kısmını su oluşturmaktadır. Bu da stabilitesinin düşük olmasına neden olmaktadır. Bu tabakanın homojen olmaması ve

yoğunluğunun da düşük olması sızıntıya neden olabilmektedir (Cergneux et al., 1987).

2. Nekrotik doku içeriği, bakteri ve bunların yan ürünleri gibi organik ve inorganik içeriğe sahiptir (McComb et al., 1976; Yamada et al., 1983). Bu durum, bakterilerin yaşaması, çoğalması (Brannstrom ve Nyborg, 1973) ve dentin tübüllerinin içine diffüze olmasına (Akpata ve Blechman, 1982; Meryon et al., 1986; Olgart et al., 1974) neden olabilmektedir.
3. Bakteriler için substrat görevi gösterebilmekte ve böylelikle bakterilerin dentin tübüllerinin daha da derinlerine ulaşmasına neden olabilmektedir (George et al., 2005).
4. İrrigasyon solüsyonlarının ve dezenfeksiyon ajanlarının optimum penetrasyonunu sınırlandırmakta ve bloke etmektedir (Baumgartner et al., 1984; McComb ve Smith, 1975; Wayman et al., 1979; Yamada et al., 1983).
5. Smear tabakası, dolgu materyali ve kanal duvarları arasında bariyer oluşturmakta ve bu kök kanal dolgu kalitesinin olumsuz etkilenmesine neden olabilmektedir (Cergneux et al., 1987; Czonstkowsky et al., 1990; Lester ve Boyde, 1970).
6. Dentinal duvarlarla gevşek bağlantı oluşturması, sızıntı için potansiyel bir kaynaktır ve kök kanal dolgusu ile dentin duvarları arasında bakteriyel kontaminasyona neden olabilmektedir (Cameron, 1987b; Mader et al., 1984; Meryon et al., 1986).

Yapılan bazı çalışmalarda smear tabakasının uzaklaştırılması ile irrigasyon solüsyonunun dentin tübülleri içinde daha derine penetre olarak bakteri ve endotoksinlerinin uzaklaştırılmasının daha kolay olacağı bildirilmiştir (Pashley, 1984). Smear tabakasının varlığının, kanal içine uygulanan irrigan ve medikamentler gibi antimikrobiyal ajanların dentin tübülleri içindeki mikroorganizmalara etki etmesini geciktirebildiği hatta engellediği bildirilmiştir (Bystrom ve Sundqvist, 1985; Nissan et al., 1995; Schein ve Schilder, 1975). Bu tabakanın iatrojen yolla oluşturulmuş bir kavite örtücüsü olduğu ve dolgu maddesinin içeriğindeki kimyasal iritanlara karşı mekanik bir engel oluşturduğu savunulmaktadır (Pashley, 1984).

Shahravan (2007) tarafından yapılan meta-analiz ve sistematik araştırmada, *ex vivo* ortamda smear tabakasının uzaklaştırıldığı dişlerde kök kanal dolgusunu takiben sızıntının azaldığı rapor edilmiştir. Ayrıca smear tabakası uzaklaştırılmış dentin yüzeyi ile kanal dolgusu arasında adaptasyonun daha iyi olduğunu bildiren çalışmalar da mevcuttur (Gutmann, 1993; Orstavik ve Haapasalo, 1990). SEM cihazı kullanarak yapılan bir çalışmada ise smear tabakası varlığında dentin tübülleri içine kök kanal dolgu materyallerinin girişinin önlendiği ve bu tabakanın, kök kanal dolgu materyali ile dentin duvarı arasında sızıntıya sebep olması sebebiyle kök kanalları doldurulmadan önce uzaklaştırılması gerektiği bildirilmiştir (Orstavik ve Haapasalo, 1990). Bu tabakanın uzaklaştırılması sonucunda, kök kanal dolgu materyallerinin dentin tübüllerinin içine ve yan kanallara penetrasyonunun arttığı (Gutierrez et al., 1990) ve apikal mikrosızıntının önemli oranda azaldığı rapor edilmiştir (Karagoz-Kucukay ve Bayirli, 1994). Okşan ve ark. (1993) smear tabaka kaldırılmadığında kullanılan patların dentin tübüllerinin içerisine penetrasyonunun olmadığını, smearın kaldırılmasıyla penetrasyon derinliğinin 40-60 μm 'e ulaştığını saptamışlardır. Ayrıca smear tabakasının bütünlüğünün bozulmasının retrograt dolguların da başarısızlığına neden olabileceğini ileri süren çalışmalar da mevcuttur (Greer ve White, 1987; Shahravan et al., 2007).

Orstavik ve Haapasalo (1990) tarafından yapılan *in vitro* bir çalışmada ise, smear tabakasının uzaklaştırılması sayesinde kanal içi ilaçların dezenfekte edici etkisini sağlamak için gerekli sürenin kısaldığı bildirilmiştir. Pashley ve Deepew (1986) smear tabakanın kaldırılmasıyla mikrosızıntının azaldığını, fakat dentin permeabilitesinin arttığını bildirmişlerdir.

1.3-Smear Tabakasının Uzaklaştırılmasında İrrigasyonun nemi

Kök kanallarının mekanik genişletmesi esnasında kök kanallarının yapısında mevcut olabilen yan kanalların, dallanmaların ve dentin tübüllerinin dezenfeksiyonunu, etkin bir şekilde yapmak mümkün değildir. Endodontik tedavide artık dokuların ve nekrotik materyalin uzaklaştırılması için bakteri eliminasyonu ve toksin inaktivasyonunu sağlamak amacıyla mekanik genişletmenin yanında irrigasyon

işleminde de yararlanması gerekir. Bu şekilde kök kanalında aletlerin ulaşamadığı alanlara irrigasyon solüsyonları ile ulaşılması hedeflenmektedir. Bu yüzden kök kanallarının mekanik preparasyonu öncesinde, sırasında ve sonrasında sık aralıklarla nekrotik materyali çözücü antimikrobiyal özellikte bir solüsyon uygulanması gerektiği bildirilmiştir (Goldman et al., 1981; Goldman et al., 1982).

Kök kanal tedavisinde irrigasyon işleminin sağladığı yararlar şu şekilde sıralanabilir:

1. Enfekte materyal, yumuşak ve sert doku artıkları irrigasyon işlemi ile fiziksel ve kimyasal olarak uzaklaştırılabilir.
2. Kök kanal sistemindeki artık organik materyali çözerek mikroorganizmaların sayılarını azaltmakta ve endotoksinlerin nötralizasyonunu sağlamaktadır.
3. İrrigasyon solüsyonları kullanılarak smear tabakası ve dentin talaşları uzaklaştırılabilmektedir. Dentin talaşlarının apikal bölümde birikmesi ve kök kanallarını tıkama olasılığını azaltmaktadır.
4. Kök kanalında lubrikasyonu sağlayarak kanal aletlerinin çalışmaları kolaylaştırılmakta ve oluşabilecek işlemsel hatalar azalmaktadır.

İdeal bir irrigasyon solüsyonunda bulunması gereken özellikler de şu şekilde sıralanabilir; (Alacam, 2000; Chow, 1983; Torabinejad et al., 2002)

1. Kök kanal aletlerinin ulaşamadıkları bölgelerde irrigasyon solüsyonu yumuşak doku veya sert doku artıklarını eritmeli ve uzaklaştırabilmelidir.
2. Kök kanal dentininin organik ve inorganik yapılarını etkileyerek smear tabakasını tamamen kaldırmalıdır. Smear tabakayı uzaklaştırırken dentin dokusunun fiziksel özelliklerine olumsuz bir etki göstermemelidir.
3. Düşük yüzey gerilimi sergilemelidir. Böylece mekanik preparasyonla ulaşılabilen bölgelere akışı artırmalıdır.
4. Dentin tübüllerine diffüze olabilmeli ve kök kanal sistemini dezenfekte edebilmelidir.
5. Kanalda kolay nötralize olmamalıdır ve kullanımdan sonra rezidüel antibakteriyel aktivitesini devam ettirebilmelidir.

6. Lubrikasyon özelliği göstererek enstrümanların kanalda ilerlemelerini kolaylaştırmalıdır.
7. Kanal dolgu maddesine ve restoratif maddelere olumsuz etkisi olmamalıdır. Pulpa odasına, kavite duvarlarına ve kök kanalına bağlanmalarını olumsuz etkilememelidir.
8. Dişin çevre dokularına antijenik, toksik ve karyojenik etki göstermemelidir. Periradiküler dokuları irrite etmemeli ve böylece kullanıcıya zarar vermemelidir.
9. Dişin rengini değiştirmemelidir.
10. Uygulanması kolay olmalıdır.
11. Maliyeti düşük olmalıdır.
12. Saklanması kolay olmalıdır.
13. Raf ömrü uzun olmalıdır.

İrrigasyon solüsyonlarının etkinliği yalnızca solüsyonun kimyasal özelliğine değil, miktarı, ısısı, temas süresi, irrigasyon iğnesinin yerleştirilme derinliği, iğnenin tip ve çapı ile solüsyonun tazeliğine bağlıdır (Estrela et al., 2002; Moorer ve Wesselink, 1982).

Smear tabakasının uzaklaştırılması ve dentin tübüllerinin girişinin açık olması irrigasyon ajanlarının dezenfeksiyon etkinliğini artırması bakımından önem taşımaktadır (Orstavik ve Haapasalo, 1990).

1.4. Endodontide Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları

Günümüze kadar endodontik tedavilerde birçok farklı irrigasyon solüsyonları kullanılmıştır. Bunlardan bazıları; NaOCl, serum fizyolojik, şelasyon ajanları, asitler, proteolitik enzimler, oksitleyici ajanlar ve alkalin solüsyonlar olarak sayılabilir (McComb ve Smith, 1975). Geçmişte, dentinin inorganik matriksini yumuşatarak kök kanal preparasyonunu kolaylaştırmak amacı ile hidroklorik asit (HCl) ve sülfirik asit (H₂SO₄) kullanılmıştır. Daha sonra aynı amaç ile dokulara asitlerden daha az zararlı ve dentin üzerinde daha etkili olduğu düşünölen şelasyon ajanları kullanılmaya başlanmıştır (McComb ve Smith, 1975). Günümüzde ise sıklıkla

kullanılan irrigasyon solüsyonları arasında; NaOCl, şelasyon ajanları, klorheksidin ve “mixed tetracycline acid detergent” (MTAD) sayılabilir.

1.4.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)

Endodontide NaOCl'in kullanımı ilk defa Walker (1936) tarafından önerilmiştir. 1941'de yapılmış bir çalışmada %3'lük NaOCl solüsyonunun 20 dakika ile 2 saat arasında pulpa dokusunu çözmeye çok etkili olduğu bulunmuştur (Grossman ve Meiman, 1941). Ağartıcı ajan olarak kullanılan Clorox'un (Clorox Corp. Oakland CA) kullanımı ilk kez Lewis (1954) tarafından önerilmiş olup günümüze kadar geniş kabul göreyerek kullanılmaya başlanmıştır.

NaOCl, yeşilimsi sarı renkli, kuvvetli klor kokusuna sahip, suda eriyen ve ışııkta dekompoze olan bir sıvıdır. Ayrıca günümüzde endodonti pratiğinde en sık kullanılan kök kanalı yıkama solüsyonlarından birisidir (Alacam, 2000). Kemomekanik preparasyon esnasında organik artıklara karşı çözücü etki göstermesi, antiseptik olması, düşük yüzey gerilimi ile dentin duvarlarına kolayca diffüze olabilmesi, kolay elde edilebilmesi ve ucuz olması bu solüsyonun tercih edilmesinin başlıca nedenlerindedir (Alacam, 2000).

Yapılan çalışmalarda, smear tabakasını tek başına uzaklaştıramaması (Spangberg, 1973), NaOCl'in konsantrasyonuyla ilişkili olarak periapikal dokulara taşıdığı toksisite göstermesi (Gordon et al., 1981), kokusunun ve tadının kötü olması (Segura et al., 1999), dar ve yan kanalların yıkanmasında yetersiz olması (Ram, 1977), enfekte kök kanallarında bulunan bakterileri tamamen yok edememesi (Sjogren et al., 1997), in vivo koşullarda enflamatuvar eksuda ve doku artıkları gibi organik dokuların varlığına bağlı olarak etkinliğinin azalması (Haapasalo et al., 2000) gibi dezavantajlarının olduğu da rapor edilmiştir.

NaOCl, suda sodyum (Na^+) ve hipoklorit (OCl^-) iyonlarına ayrışır, hipoklorik asit (HOCl) oluşturarak denge sağlar. Asidik ve nötral pH'da klor, HOCl formunda iken, pH 9 ve üzerindeyken OCl^- iyonu halindedir. Hipoklorik asit, antibakteriyel etkiden sorumludur ve mikroorganizmaların hücresel fonksiyonlarını bozarak hücrenin ölümüne neden olur (Siqueira et al., 2000).

NaOCl piyasada iki şekilde bulunur; (Trepagnier et al., 1977)

- Birinci sınıf solüsyonların aktif klor miktarları %12-15 arasında değişmektedir ve genellikle sanayide kullanılmaktadır.

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

NaOCl'in endodontide %0,5 ve %5,25 arasında değişen konsantrasyonları kullanılmaktadır (Haapasalo et al., 2000). NaOCl'in kullanılması gereken konsantrasyonu ile ilgili yapılan birçok çalışma bulunmaktadır ve hangi konsantrasyonun etkin olduğu yönünde ortak bir görüş birliğine varılamamıştır. Pashley ve ark, (1985) %0.5 ile %5 arasında antimikrobiyal etkinlik açısından fark bulunmadığını belirtirken, Ayhan ve ark., (1999) %0.5'lik NaOCl'in %5.25'lik konsantrasyonuna oranla oldukça düşük antimikrobiyal etkinlikte olduğunu savunmaktadırlar. Siqueira ve ark., (2000) yapmış oldukları çalışmalarında NaOCl'in sulandırıldığında etkisinin belirgin olarak azaldığını ileri sürerek bu bulguları desteklemektedir. Yapılan bazı çalışmalarda da yıkama solüsyonunun konsantrasyonu düştükçe nekrotik dokuları çözebilme özelliğinin de belirgin oranda azaldığı bildirilmiştir (Hand et al., 1978; Johnson ve Remeikis, 1993).

Bu bulguların aksine Dakin (1915), %0.5'lik NaOCl'in nekrotik dokuları çözmede yeterli etkinliğe sahip olduğunu aynı zamanda da toksisitesinin düşük olduğunu bildirmiştir. Aynı konsantrasyondaki NaOCl'in nekrotik dokuyu çözme etkinliğinin incelendiği bir çalışmada ise, 12 gün sonunda solüsyonun etkisiz bulunduğu bildirilmiştir (Hasselgren et al., 1988).

Zach ve Kaufman (1983) yaptıkları bir çalışmada %2,5'lik ve %5'lik konsantrasyondaki NaOCl solüsyonununun her iki konsantrasyonda da dentinin organik matriksinde yer alan kollajeni çözdüğünü saptamışlardır. Baumgartner ve Cuenin (1992) de şekillendirilmemiş kanal duvarlarından pulpa artıklarının ve predentinin uzaklaştırılmasında %0.5, 1, 2.5 ve 5.25'lik NaOCl konsantrasyonlarının tümünün bu dokuları tamamen uzaklaştırdığını göstermiştir. Byström ve Sundqvist (1985) bu durumu özellikle düşük konsantrasyonlarda NaOCl ile temas eden organik materyallerin irrigasyon solüsyonu içerisindeki serbest klorin miktarını azalttığı ve bununla da antimikrobiyal aktiviteyi düşürdüğü şeklinde açıklamışlardır.

İrrigasyon solüsyonlarının nekrotik dokuyu çözme özelliği kök kanal sisteminin karmaşık anatomik yapısı nedeniyle endodontik tedavide büyük önem taşımaktadır (Peters et al., 2001). 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 olarak NaOCl'in dokuları çözme etkinliğinin farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Gordon et al., 1981).

Lester ve Boyde (1977) örneklerin %5'lik NaOCl içinde üç gün bekletilmesinin bile smear tabakasını uzaklaştırmada yetersiz kaldığını belirtmişlerdir.

Endodontik tedavide kullanılacak irrigasyon solüsyonlarının etkinliklerinin değerlendirilmesinde, antimikrobiyal etkinliklerine ilave olarak enfekte dentin kanallarına difüzyon yeteneği ve smear tabakasını kaldırabilmeleri de önem taşır. Fakat günümüzde klinik uygulamalarda kullanılan hiçbir solüsyonun tek başına bu özellikleri bir arada taşımadığı bilinmektedir. NaOCl'in güçlü bir organik doku eritici olduğu ve mekanik preparasyon sırasında ortaya çıkan dentin debrisini uzaklaştırabildiği halde, kanal duvarında oluşan smear tabakasını tek başına kaldıramadığı gösterilmiştir (Baumgartner et al., 1984; Orstavik ve Haapasalo, 1990).

NaOCl, etkili bir organik çözücü olmasına rağmen kök kanalında bulunan inorganik doku üzerinde yeterli etkiyi gösterememesi ve smear tabakasını tek başına uzaklaştıramaması nedeniyle şelasyon ajanları ile kullanılması önerilmektedir (Ari et al., 2004). Smear tabakasının kök kanal sisteminden uzaklaştırılması amacıyla şelasyon ajanlarından önce organik asitler de (sitrik, sülfürik, fosforik, formik, askorbik, tannik, hidroklorik, laktik asit) kullanılmıştır (Bowen et al., 1984; Hulsmann et al., 2003; Sen et al., 1995). Şelasyon ajanları dentin yapısındaki kalsiyum iyonu (Ca^{2+}) ile şelasyon yaparak kök kanalında bulunan inorganik dokunun uzaklaştırılmasına yardımcı olmaktadır. Sıklıkla kullanılan şelasyon ajanları, EDTA'nın içeriğine çeşitli materyaller eklenerek sıvı veya viskoz şekilde formüle edilmişlerdir (Stewart, 1955). Sıvı şelatörler; Calcinase (Lege artis, Dettenhausen, Germany), REDTA (Roth International, Chicago, IL., USA), (Pawlicka et al., 1981), EDTAC ve DTPAC (Pawlicka et al., 1981), EDTA-T

(Formula ve Aao Farmacia, Sao Paulo, Brazil), EGTA (Sigma, St Louis, MO, USA), CDTA (Cruz-Filho et al., 2001), Largal Ultra (Septodont, Paris, France), Salvizol (Ravens, Kontanz, Germany), Decal (Veikko Auer, Helsinki, Finland), Tubulucid Plus (Dental Therapeutics, Nacka, Sweden), Soluset (Endo Technic Co., France)'dir. Viskoz Őelatrler: Calsinase slide (Lege artis, Dettenhausen, Germany), RC-Prep (Premier Dental Products), Glyde file (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), FileCareEDTA (VDW Antaeos, Munich, Germany) File-EZE (Ultradent Products, South Jordan, UT, USA)'dir.

Şelasyon ajanlarının etkinliği uygulama süresine, konsantrasyonuna, pH'sına bağlıdır (Calt ve Serper, 2002; Sen et al., 1995; Serper ve Calt, 2002). Şelasyon ajanları içerisinde en sık kullanılanı EDTA'dır.

1.4.2. Etilen Diamin Tetraasetik asit (EDTA)

EDTA, ilk olarak 1957 yılında Nygaard-Őstby (1957) tarafından endodontide kullanılmaya başlanmıştır. Etilendiamine bağlı dört farklı asetil grubu içermektedir. Bu yapı, alkali toprak iyonları ve ağır metaller ile stabilitesi oldukça fazla olan metal Őelatları oluşturur. EDTA solüsyonunun diş sert dokular üzerindeki demineralize edici etkisi ilk olarak Hahn ve Reygadas (1951) tarafından rapor edilmiştir. EDTA, kök kanal dentininde bulunan inorganik dokuları, yapısındaki Ca^{2+} ile Şelasyon yaparak uzaklaŐtırmaya yardımcı olmaktadır. Dentinin inorganik komponentinin ana bileŐenleri olan fosfat ve kalsiyum suda çözünebilmektedir. ÇözünmüŐ halde bulunan Ca^{2+} 'ları EDTA'e bağlanarak çözeltiden uzaklaŐmakta ve dentinden yeni Ca^{2+} 'nın çözünmesine neden olmaktadır. Bu süreç dentinin demineralizasyonu ile sonuçlanmaktadır (Hulsmann et al., 2003).

EDTA, smear tabakanın inorganik kısmını uzaklaŐtırmakta ve kök kanalında kullanılan dezenfektanların etkinliğini artırmaktadır (Niu et al., 2002). Saf haldeki EDTA znmez, kokusuz, kristal yapıda beyaz bir tozdur. EDTA'in %15, 17 ve 20'lik oranlarda tamponlanarak hazırlanan konsantrasyonlarının sitotoksik ve iritan özelliklerinin daha az ve dezenfektan etkisinin yeterli derecede olduğu bildirilmektedir (Goldman et al., 1981). EDTA %5-17 arasındaki konsantrasyonlarda

kullanılabilmektedir, fakat günümüzde EDTA'nın nötral pH'daki %17'lik disodyum tuzu endodontik tedavide sıklıkla tercih edilir (Alacam, 2000; Serper ve Calt, 2002). %17'lik EDTA, 17 g EDTA disodyum tuzu 9.25 ml 5/N sodyum hidroksit 100 ml'ye tamamlanacak şekilde distile su eklenerek hazırlanmaktadır (Alacam, 2000).

Farklı konsantrasyon ve pH'lardaki EDTA'nın demineralizasyon etkisinin incelendiği bir çalışmada, %17'lik konsantrasyonda ve nötral pH'da uygulanan EDTA'nın, %10 konsantrasyon ve pH 9'a göre dentinde daha fazla demineralizasyona neden olduğu bildirilmiştir (Serper ve Calt, 2002). EDTA kök kanalında yüksek konsantrasyonda kullanıldığında 50 µm kalınlığında kök kanal duvarını dekalsifiye edebilmektedir (Weller et al., 1980).

Kök kanallarının NaOCl kullanımını takiben %17'lik EDTA solüsyonu ile irrigasyonu sonucunda, kök kanal duvarlarını iyi bir şekilde temizlediği, smear tabakasını uzaklaştırdığı ve dentin tübüllerinin net olarak görüldüğü bildirilmiştir (Baumgartner ve Cuenin, 1992; Calt ve Serper, 2002; Cergneux et al., 1987; Di Lenarda et al., 2000; Goldman et al., 1981; McComb et al., 1976; O'Connell et al., 2000). Yapılan bazı çalışmalarda EDTA'nın peritübüler dentinde yıkıma neden olduğu, tübül ağızlarını genişlettiği (Calt ve Serper, 2002; Cergneux et al., 1987; Goldberg ve Abramovich, 1977) bunun yanı sıra dentin tübüllerini erozyona uğrattığı tespit edilmiştir (Calt ve Serper, 2002; Torabinejad et al., 2002).

Yapılan bir çalışmada, %5.25 NaOCl, %0.2 Klorheksidin glukonat, %3 Hidrojen Peroksit, %17 EDTA, %2.5 NaOCl solüsyonlarının dentin mineral yapısı üzerine olan etkileri araştırılmış ve %5.25'lik NaOCl hariç diğer tüm solüsyonların dentinin kalsiyum ve fosfor seviyelerini düşürdüğü ortaya koyulmuştur (Ari ve Erdemir, 2005).

Çalt ve Serper (2002) EDTA'nın 1 dakika süreyle uygulanmasının smear tabakasını uzaklaştırdığını, sürenin artırılması sonucunda ise peritübüler ve intertübüler dentinde erozyon meydana geldiğini göstermişlerdir. Bir başka çalışmada da %8'lik EDTA'nın 3 dakika kullanımının, %15'lik EDTA'nın 1 dakika kullanımı ile aynı etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Perez ve Rouqueyrol-Pourcel, 2005).

Birçok araştırmacı smear tabakasının uzaklaştırılmasında birbirini takip eden NaOCl ve EDTA irrigasyonlarının smear tabakayı uzaklaştırdığı konusunda görüş

birliğine varmışlardır (Cengiz et al., 1990; Yamada et al., 1983). EDTA ve NaOCl'in kombine kullanımı sadece temizleme etkinliğini artırmamakta aynı zamanda antimikrobiyal özellikleri de daha etkin hale getirmektedir (Goldberg ve Spielberg, 1982). Goldman ve ark. (1982) farklı konsantrasyonlarda EDTA ve NaOCl kombinasyonlarını değerlendirdikleri çalışmalarında 10 mL %5.25 NaOCl'i takiben 10 mL, %17'lik EDTA irrigasyonunun smear tabaka üzerinde etkin olduğunu rapor etmişlerdir. EDTA ve EDTA ile NaOCl'in kombine kullanımını tarama elektron mikroskobu ile karşılaştırıldığı bir çalışmada, EDTA'yı takiben NaOCl kullanımının kök kanalından daha fazla doku artığı uzaklaştırdığı bulunmuştur (Niu et al., 2002). Benzer şekilde EDTA ve NaOCl'in kombine kullanımının smear tabakasının uzaklaştırılmasında diğer gruplardan daha etkili olduğu bildirilmiştir (Crumpton et al., 2005).

Bu iki solüsyonun kombine kullanımı araştırmacılar tarafından önerilse de bu iki irrigasyon solüsyonu aynı anda kullanıldığında aralarında birtakım kimyasal etkileşimler meydana gelmektedir. Ortamda NaOCl varlığında, EDTA kalsiyum ile şelat oluşturma özelliğini koruyabilmekteyken, NaOCl'in doku çözme yeteneği EDTA varlığında azalmaktadır (Hulsmann et al., 2003).

Grawehr ve ark. (2003) NaOCl solüsyonuna EDTA eklendiği zaman, solüsyondaki serbest klor miktarı büyük oranda azalmaktadır. Bu etkileşimler nedeniyle her iki solüsyonun aynı anda veya birbirleriyle karıştırılarak kullanılması önerilmemektedir (Niu et al., 2002).

Son yıllarda, endodonti pratiğinde irrigasyon solüsyonları kök kanalında farklı metotlarla aktive edilerek smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla kullanılmaktadır.

1.5. İrrigasyon Solüsyonlarının Aktive Edilme Yöntemleri

1.5.1. Sonik ve Ultrasonik Sistemler

Kök kanallarının enstrümantasyonunda vibrasyon frekansı ve güç kaynağı açısından farklılıklar gösteren sonik ve ultrasonik sistemler geliştirilmiştir (Alacam, 2000; Torabinejad, 1994).

Sonik sistemler; 2-3 kHz'lik frekansta dönme hareketi yapmaksızın hava basıncı ile çalışan özel kanal aletleri (Rispi Sonic, Shaper Sonic, Heli Sonic eğeler gibi) ile yatay yönde titreşim ve aşağı yukarı hareketlerle temizleme yapabilen aygıtlardır (Waplinton et al., 1995). Sinüzoidal ve salınma hareketleri ile gönderilen titreşim enerjisi enstrümanlara transfer edilmektedir.

Sonik sistemlerin etkinliği hakkında farklı görüşler mevcuttur. Sonik sistemlerle elle yapılan enstrümantasyona göre daha hızlı preparasyon sağlandığı ileri sürülmektedir (Alacam, 2000). Tronstad ve ark. (1985) sonik aletlerle birlikte EDTA ve NaOCl solüsyonunun kullanılmasının etkinliklerini değerlendirmişler ve sonik aletlerle EDTA solüsyonu kullanımının daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Dummer ve ark. (1989) ise elle ve ultrasonik sistemle yapılan preparasyona göre daha az apikal transportasyon meydana getirdiğini ileri sürmüşlerdir. Bu görüşün aksine çekilmiş dişlerde yapılan bir çalışmada el enstrümantasyonu ve sonik sistemler arasında apikal transportasyon oluşturma yönünden herhangi bir fark bulunamamıştır (Ehrlich et al., 1989). Goldberg ve ark. (1988) ise sonik ve ultrasonik aletlerin kanal preparasyonunda herhangi bir avantajını bulamamışlardır.

Ultrason, insan işitme aralığının üstünde bir frekansa (20 kHz) sahip ses enerjisidir. Ultrasonik sistemler de sonik sistemlerde olduğu gibi sinüzoidal ve salınma hareketleri ile gönderilen titreşim enerjisini enstrümanlara transfer eden çalışma prensibine sahip aygıtlardır (Spangberg, 2002). Başlangıçta ultrasonik ünitlerde kullanılan frekans 25 ve 40 kHz aralığında idi (Stock, 1991) Günümüzde düşük frekansa (1-8 kHz aralığında) sahip ve el aletleri ile kullanılan ultrasonik cihazlar geliştirilmiştir (Kim ve Kratchman, 2006; von Arx ve Kurt, 1999). Bunların daha az makaslama stresi oluşturduğu ve bundan dolayı da diş yüzeyinde daha az morfolojik değişikliklere neden olduğu bildirilmiştir (von Arx ve Kurt, 1999).

Ultrason enerjisinin açığa çıkması vibrasyon ve mekanik titreşim olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Vibrasyon; elektromanyetik enerjiyi mekanik enerjiye çeviren manyetostriksiyon (mıknatıssal büzülme) sonucu oluşur. Manyetostriksiyon, bir el aletinde manyetostriktif metal çubuk yığınının devamlı dalgalı manyetik alana tabi

tutulması sonucu meydana gelir. Mekanik titreşim ise piezoelektrik prensipler doğrultusunda oluşur. Bu amaçla kristal bir yapı kullanılır. Kristale elektrik şarjı uygulandığında yapısında ısı oluşturmada ebatsal bir deformasyon oluşur. Bu da mekanik titreşimin oluşmasına neden olur (Stock, 1991).

Bu sistemlerde magnetorestriktif ve piezoelektrik olmak üzere iki tip güç çevirici kullanılmaktadır. Magnetorestriktif sistemlerde metal tel ile sarılmıştır. Elektrik potansiyeli uygulandığında genişlemeler ve kontraksiyonlar oluşmakta ve bu titreşimler özel K tipi veya elmas frezlerin salınmalarına neden olmaktadır. CaviEndo (Cavi-Endo; Caulk, Dentsply, York, PA) bu çalışma prensibiyle üretilmiş ultrasonik sistemlere örnek olarak gösterilebilir.

İkinci jenerasyon olarak üretilen ultrasonik sistemlerde piezoelektrik güç çevirici kullanıldığı için daha güçlüdürler. ENAC U tipi eğelerle kullanılmaktadırlar. Bu sistemlerde gutta-perkayı yumuşatan özel uçlarla kanallar doldurulabilmekte ve yine özel uçlarla kök ucunda kavite preparasyonu yapılabilmektedir. Son geliştirilen piezo elektrik sistemlere, Piezon-Master 600 (Electro Medical Systems., Switzerland), Parkell Turbo 25-30 (Parkell Electronics Division., Farmingdale, US) ve Neosonic (Amadent Corp, Cherry Hill, NJ, USA) örnek olarak gösterilebilir. Bu sistemlerde ultrasonik enerjiyi iletmek için uygun özelliklere sahip elmas eğeler kullanılmaktadır. Ultrasonik enerji transferinde yüksek elastik modülü, dansite ve kristal yapısının olması aletlerin duyarlılığını artıran etkenlerdir. Devamlı titreşimli hareket eğenin temizleme yapmasını sağlar ve elmas üzerinde eklentilerin kalmasını engeller (Alacam, 2000).

Piezoelektrik prensip ile çalışan cihazlar eski manyetostriktif cihazlara göre daha avantajlıdır. Piezoelektrik cihazların saniyedeki devir sayısı manyetostriktif cihazlardan daha fazladır. Bu cihazların uçları düz bir çizgi üzerinde piston hareketi gibi ileri-geri hareketlerle çalıştığı için bu özellik cihazı endodontik uygulamalar için ideal duruma getirmektedir (Stock, 1991).

Piezoelektrik ünitlerde doğrusal olan hareket doğrultusu, manyetostriktif ünitlerde ise sekiz şeklinde eliptik bir doğrultu gösterir. Bu durum cerrahi ve endodonti uygulamaları için kullanım sırasında dezavantaj oluşturur.

Manyetostriktif ünitlerin diğer bir dezavantajı ise ısı oluşturmalarıdır. Bu nedenle bu tip cihazlar soğutma altında kullanılmalıdır (Kim ve Kratchman, 2006;

Stock, 1991). Ultrasoniklerin çalışma prensibi şu şekildedir; çalışma boyunda standardize preparasyon sağlandıktan sonra ultrasonik elmas ve çelik eğelerin kullanımına geçilir. Kanalda olası herhangi bir kalsifikasyon fiziksel aksiyon ile serbestleştirilmekte ve NaOCl penetre olarak kollageni eritmektedir. Böylelikle kök kanalı, eğenin penetrasyonuna daha yatkın hale gelmektedir (Alacam, 2000).

1.5.1.1. Ultrasonik Cihazların Endodontideki Kullanım Alanları

Ultrasonik cihazlar endodontide; giriş kavitesinin düzeltilmesi, kalsifiye kanalların bulunması, kök kanalının şekillendirilmesi, pulpa taşlarının, kırık kanal aletlerinin, kök kanal postlarının, gümüş konların ve kırık metalik postların uzaklaştırılması, irrigasyon solüsyonlarının etkisinin artırılması, gütta-perkanın ultrasonik kondensasyonu, kök ucu kavitesinin hazırlanması, dolgu materyalinin yerleştirilmesi ve düzeltilmesi gibi durumlarda kullanılmaktadır.

Literatürde iki çeşit ultrasonik irrigasyondan bahsedilmektedir. İlki; ultrasonik enstrümentasyonla eş zamanlı (simultane) kombine kullanılan irrigasyondur ve ultrasonik irrigasyon (UI) olarak isimlendirilmektedir, diğeri ise enstrümentasyon olmadan kullanılır ve pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) olarak tanımlanmaktadır. Ultrasonik irrigasyon esnasında kanal aleti kök kanal duvarı ile temas halinde olacak şekilde kullanılır. UI'nun kök kanal sisteminden pulpayı ve kanal duvarlarından smear tabakayı uzaklaştırma etkinliği PUI'a göre oldukça düşüktür (Weller et al., 1980). Bu durum akustik dalgalanma ve kavitasyondaki düşüşle açıklanabilmektedir (Ahmad et al., 1987b). Kök kanal anatomisi kompleks bir yapıya sahiptir (Peters, 2004) ve enstrüman asla tüm kök kanal duvarlarıyla temas halinde bulunamaz. Bu yüzden ultrasonik irrigasyon tüm kök kanal duvarlarını temizleyemez ve kök kanal duvarlarında da kontrolsüz preparasyona neden olabilmektedir (van der Sluis et al., 2007).

Ultrasonik eğeleme tekniklerinde başarının; kanalın kurvaturüne ve apikal bölgenin genişliğine, solüsyonun hacmi ve yüzeyi ıslatabilirliğine, ultrasonik enerjinin iletim biçimine bağlı olduğu bildirilmiştir (Ahmad et al., 1987b; Walmsley, 1987). Elle kanal preparasyonu tamamlandıktan sonra kök kanalının final yıkama

işleminin ultrasonik teknikle yapılmasının etkin temizlik sağladığı ileri sürülmektedir (Cameron, 1983). Debrisi uzaklaştıran etki mekanizması akustik akımlar olarak belirlenmiştir. Küçük çaplı enstrümanlar yüksek devirde ve solüsyon içinde serbestçe vibrasyon yaptığı durumlarda akustik akımların maksimum düzeye ulaştığı ileri sürülmüştür (Ahmad et al., 1987b).

Lumley ve ark. (1992) debrisi uzaklaştırmak ve mikro akımı maksimum düzeyde kullanmak için sadece 15 numaralı eğenin kullanımını tavsiye etmektedirler. Bu araştırmacılar apikal bölgede daha az debris ve smear tabakanın varlığını gözlemlemişler ve bunu apikal bölgede daha fazla akustik akım ve manyetik dalga oluşmasına bağlamışlardır.

Kök kanallarının preparasyonunda ve yıkanmasında ultrasonikle aktive edilmiş NaOCl kullanımının smear tabakayı uzaklaştırdığı ileri sürülmüştür (Alacam, 2000; Cameron, 1983). Ultrasonik sistemlerle birlikte NaOCl solüsyonunun kullanımının sadece smear tabakayı uzaklaştırma yönünden değil aynı zamanda solüsyonun organik doku çözücü etkisini de arttırdığı bildirilmiştir. 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 et al., 1983).

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). Aynı araştırmacı, 2 dk. boyunca ultrasonik eğeleme ve %4'lük NaOCl kullanımının smear tabakasını tamamen uzaklaştırdığını göstermiştir (Cameron, 1988a). Aynı araştırmacının yaptığı başka bir çalışmada da %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 yaptığı bildirilmiştir (Cameron, 1995).

Huque ve ark. (1998) ultrasoniklerin %12'lik NaOCl solüsyonunun etkinliğini arttırdığını ve kök dentininin derin tabakalarında bile bakterileri uzaklaştırdığını göstermişlerdir.

Bu bulguların aksine ultrasonikle desteklenen EDTA irrigasyonunun, EDTA'nın temizleme etkinliğini arttırmadığı savunulmaktadır (Ciucchi et al., 1989).

Vibrasyon yapan aletin oluşturduğu ultrason dalgaları çalışma süresini kısaltarak şelatörün deminerilizasyon etkisini azalttığı ileri sürülmektedir (Abbott et al., 1991).

Ultrasonik enstrümantasyonla smear tabakanın uzaklaşmayacağını savunan çalışmalar da mevcuttur (Baker et al., 1983; Goldberg et al., 1988). Araştırmacıların yaptıkları iki farklı çalışmada ultrasonik yöntemlerin uygulamasında su ve NaOCl arasında herhangi bir fark bulunmadığı rapor edilmiştir (Walker ve del Rio, 1989; 1991). Abbott ve ark. (1991) EDTAC ile birlikte NaOCl kullanımının kanal duvarlarını temizlediğini, ultrasoniklerin bu solüsyonların temizleme etkinliğini artırmadığını belirtmişlerdir. Yapılan bazı araştırmalarda da elle enstrümantasyonun ultrasonik yöntemlerden daha üstün olduğu bildirilmiştir (Loushine et al., 1989; Yahya ve ElDeeb, 1989).

İlk defa pasif ultrasonik irrigasyon Weller ve ark. (1980) tarafından tanımlanmıştır. “Pasif” terimi kullanılan yöntemi tam olarak tanımlayamamaktadır. Bu terim aslında ilk olarak tanımlandığında ultrasonik olarak kesmeyen aleti ifade etmek amacıyla kullanılmıştır yani aslında aktiftir. Pasif ultrasonik irrigasyon kök kanalındaki irrigasyon solüsyonuna titreşen aletten akustik enerjinin aktarılması esasına dayanmaktadır. Enerji, ultrasonik dalgalar yoluyla iletilir ve irrigasyon solüsyonunda akustik dalgalanma ve kavitasyon meydana getirebilir (Ahmad, 1989; Ahmad et al., 1987b; Lumley et al., 1991; Roy et al., 1994). Kanalda master apikal genişletme tamamlandıktan sonra irrigasyon solüsyonu ile kök kanalı doldurulur, küçük bir alet (örneğin 15 numaralı alet) veya düz bir tel apikal kısımdan uzakta tutularak kök kanalının merkezine yerleştirilir ve ultrasonikle titreşen alet irrigasyon solüsyonunu aktive eder. Tel ya da alet serbest şekilde hareket ettirilir böylece kök kanal sisteminin apikal kısmına irrigasyon solüsyonu kolayca penetre olur (Krell et al., 1988) ve temizleme etkinliği oldukça artar (Ahmad, 1989; Ahmad et al., 1987b; Lumley et al., 1991; Roy et al., 1994). Kesmeyen aletlerin kullanılması kök kanalında istenmeyen şekilde deformasyonların oluşmasının da önüne geçmektedir. Yapılan bir çalışmada 15 ve 20 numaralı aletten büyük aletlerin kullanılmasının geniş kök kanalında sadece serbest titreşim hareketi oluşturduğu ve 25 numaralı aletin, 15 ve 20 numaralı aletlere göre daha az akustik dalgalanma meydana getirdiği rapor edilmiştir (Ahmad et al., 1987a). Pasif ultrasonik irrigasyon, kök kanalından dentin debrislerinin, mikroorganizmaların (planktonik veya biyofilmde) ve organik

dokuların uzaklaştırılmasında oldukça etkindir. İrrigasyon solüsyonunun aktif şekilde dalgalanma hareketine maruz kalması kök kanal duvarında daha fazla yüzeyle temasa geçmesine olanak tanımaktadır.

1.5.1.2. Pasif Ultrasonik Irrigasyonun Mekanizması

1.5.1.2.1. Frekans ve Şiddet

Diş hekimliği pratiğinde ultrasoniklerin titreşim verilen alette uygulanan frekans değeri 30 kHz olarak belirlenmiştir. Yoğunluğu veya Watt cm⁻² cinsinden ifade edilen enerji akışı güç ayarından ayarlanabilir. Frekans ve şiddetin, ultrasonikten irrigasyon solüsyonuna salınan enerjinin iletiminde önemli rolü olabilir fakat bu mekanizma hakkındaki bilgi halen yetersizdir.

1.5.1.2.2. Akustik Dalgalanma

Akustik dalgalanma; sıvının titreşen aletin etrafında girdap benzeri veya dairesel yönde hızlı hareketine verilen isimdir (Walmsley, 1987). Ultrasoniklerin kök kanalında irrigasyon esnasında akustik dalgalanma oluşturması akustik mikro dalgalanma olarak tanımlanmaktadır. Pasif ultrasonik irrigasyon esnasında oluşan akustik mikro dalgalanma birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Ahmad et al., 1987a; Lumley et al., 1991; Roy et al., 1994; Walmsley, 1987; Walmsley ve Williams, 1989).

Kurvatuürlü kanallarda önceden eğilendirilmiş aletler akustik mikrodalgalanma hareketini daha güçlü hale getirmektedir. Akustik mikro dalgalanmanın şiddeti dalgalanmanın hızına bağlıdır.

1.5.1.2.3. Kavitasyon ve Kavitasyonel Mikro Dalgalanma

Mekanik bağlamda sıvıdaki kavitasyon, yüksek hızdaki akışkanlar tarafından uyarılmış çekme kuvvetlerine doğru sıvıdaki boşlukların uyarılabilir formasyonu olarak tanımlanmaktadır. Akustik kavitasyon, sıvı içerisinde yeni kabarcıkların oluşturulması veya önceden mevcut bulunan kabarcıkların genişlemesi, daralması veya büzülmesi olarak tanımlanabilmektedir.

Roy ve ark. (1994) geçici ve stabil kavitasyon olmak üzere iki tip kavitasyon tanımlamışlardır. Geçici kavitasyon alet boyunca veya apikal sonlanmada gözlenmektedir. Kanal aleti kanal duvarı ile temas ederse stabil kavitasyon geçici kavitasyona göre daha az etkilenmektedir ve bu durum sıklıkla aletin orta noktasında gözlemlenmektedir.

Bazı araştırmacılar kavitasyonun ultrasonik irrigasyonun etkinliğinde çok az yararının olduğunu veya yararının olmadığını iddia etmektedirler (Ahmad et al., 1987a; Lumley et al., 1991; Walmsley, 1987). PUI ile şırınga irrigasyonunun karşılaştırıldığı çalışmalarda PUI'un kök kanalından pulpa dokusu artıklarını, dentinal debrisleri (Gutarts et al., 2005; Passarinho-Neto et al., 2006) ve planktonik bakterileri (Huque et al., 1998; Sjogren ve Sundqvist, 1987; Spoleti et al., 2003) daha etkin uzaklaştırdığı rapor edilmiştir.

Mayer ve ark. (2002) yapmış oldukları çalışmalarında bu bulguların aksine dentin debrisyi uzaklaştırma açısından PUI ve şırınga irrigasyonu arasında farklılık olmadığını rapor etmişlerdir.

PUI sırasında NaOCl kullanıldığında, su kullanılan gruba göre daha fazla smear tabaka ve debris uzaklaştırıldığı rapor edilmiştir (Cameron, 1987b; Cheung ve Stock, 1993; Heard ve Walton, 1997; Huque et al., 1998; Metzler ve Montgomery, 1989; Turkun ve Cengiz, 1997). PUI ile smear tabakayı uzaklaştırmadaki etkinliği konusunda farklı görüşler bildirilmiştir. Cameron'un (1983) yapmış olduğu çalışmada PUI ile %3'lük NaOCl kullanımının 3 ve 5. dakikada smear tabakasını tamamen uzaklaştırdığını rapor etmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları aynı araştırmacının yapmış olduğu başka bir araştırmanın sonuçları ile paralellik göstermektedir (Cameron, 1987b). Alaçam (1987) %5'lik NaOCl'in PUI ile aktivasyonu ile 3 dakikada smear tabakasının tamamını uzaklaştırdığını rapor etmiştir.

Huque ve ark. (1998) pasif ultrasonik irrigasyonla 20 saniye %12'lik NaOCl'in, 3 dakika %5'lik NaOCl kullanımından daha etkin olduğunu rapor etmişlerdir. Cheung ve Stock (1993), PUI ile 10 saniye %1'lik NaOCl kullanımının smear tabakasını tamamen uzaklaştıramadığını bildirmişlerdir. Ciucchi ve ark. (1989) PUI'un şırınga ile irrigasyona göre daha etkin olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan bazı çalışmalarda da PUI su ile kullanıldığında smear tabakayı uzaklaştırmadığı bildirilmiştir (Cameron, 1983; Heard ve Walton, 1997; Turkun ve Cengiz, 1997). Bir çalışma dışında (Turkun ve Cengiz, 1997) yapılan tüm çalışmalarda apikal kısma göre koronal kısımda daha fazla smear tabakasının uzaklaştırıldığı rapor edilmiştir (Berry et al., 1987; Ribeiro et al., 2012).

1.5.2. Lazerler

Einstein'in 1916 yılında yayınladığı "Zur Quantum Theorie Der Strahlung-Kuantum teorisi" lazer tarihinin temelini oluşturmaktadır (Einstein, 1917). Bu teoriyle lazerin ana ilkesi olan uyarılmış salınımı tanımlayarak fotoelektrik etkisi üzerinde bir çalışma yapmıştır.

1957 yılında J.P. Gordon ve C.H Townes, mikrodalga radyasyonu üreterek MASER (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) ve onu izleyecek olan görünür ışık LAZER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)'in bir diğer adıyla "uyarılmış ışınım ile ışığın yükseltilmesi" oluşumundaki teorik hesaplamayı yaparak yayınlamışlardır (Myers, 1991). 1958 yılında Arthur Schawlow ve Charles Townes, infrared ve görünür ışık kullanılarak yapılacak olan bir lazeri, teori olarak ortaya koymuşlardır (Pick, 1992). 1960 yılında Theodore Maiman (Maiman, 1960) ruby kristalinin yaydığı derin kırmızı renkli ışık demeti ile çalışan ilk lazer aletini geliştirmiştir. Ruby lazer 1960'ların başında ilk kez tıpta retinal cerrahide uygulanmıştır (Maiman, 1960). Goldman ve ark. (1964) diş hekimliğindeki ilk lazer kullanımını gerçekleştirirken, endodontide lazerlerin ilk kez kullanımını Weichman ve Johnson (1971) tarafından yüksek güçlü kızıl ötesi CO₂ lazer ile apikal forameni tıkama girişiminin gerçekleştirilmesi ile başlamıştır.

1.5.2.1. Lazer Fiziği

Atom fiziğinde atom; maddenin en küçük hali olarak tanımlanmaktadır. Atomun çekirdek kısmı proton ve nötron bulundururken yörüngeler elektronlar taşımaktadır. Kuantum sisteminde atomlar başlangıçta taban enerjisi seviyesindedirler. Bu enerji seviyesinde elektronların hayat süreleri sonsuzdur. Çekirdek yörüngesindeki elektronlar bir dış enerji kaynağı ile uyarıldığı zaman yörünge değiştirirler ve enerji yayarak tekrar eski kararlı hallerine dönebilirler. Bir elektronu düşük enerji seviyelerinden yüksek enerji seviyelerine çıkarmak için dışarıdan enerji vermek gerekir. Lazerler temel ilke olarak uyarılmış fotonların yayılması esasına dayanır (van Hilleberg, 1997). Bu enerjiyle elektronlar üst seviyelere çıkarlar ve hayat sürelerini tamamladıktan sonra geri taban enerjisine dönerler. Bu sırada aldıkları enerjiyle verdikleri enerji aynıdır. Bu olaya “kendiliğinden yayılım” (spontan emisyon) denir (Coluzzi, 2004; 2005; Coluzzi ve Goldstein, 2004). Albert Einstein aynı enerji düzeyinde hareketliliğe sahip uyarılmış atom alanında, eklenen quantum enerjisinin iki quantum salınmasıyla sonuçlanan fenomenine “uyarılmış yayılım” (etkilemeli emisyon) adını vermiştir (Coluzzi, 2004; Coluzzi ve Convissar, 2004). Üst enerji seviyesindeki tüm fotonların bir anda taban enerjisine inmesiyle çok kuvvetli bir salınma enerjisi ortaya çıkar. Kuantum sisteminin salınan bu enerjisine “Lazer” adı verilmektedir.

Işık; bir partikül ve dalga gibi davranan elektromanyetik enerji formudur ve bu enerjinin temel birimi ise “foton”dur (Coluzzi, 2004). Lazer ışığı ile normal ışık arasındaki fark; normal ışığın görülebilir spektrumdaki bir çok rengin (mor, kırmızı, yeşil, sarı, mavi, turuncu) toplamından oluşmasına rağmen beyaz ışın şeklinde görülebilir olmasıdır. Lazer ışığı ise spesifik renkten oluşur. Bu rengin özelliği; bütün ışınların aynı dalga boyunda ve aynı enerji düzeyinde olması yani bir diğer adıyla “monokromatik” olmasıdır (Ritter, 2006; Zakariasen et al., 1988). Bu özellik lazer ışınının yüksek spektrumlu güçlü dansitesini oluşturur. Lazer ışığının bir diğer karakteristik özelliği ise “koherens” olmasıdır. Bütün ışık dalgalarının zaman ve uzaklık olarak birbirlerine yapışık hareket etmesidir. Lazer ışığı bu senkronizasyon özelliği sayesinde sistemlerde çok iyi taşınabilir ve kolaylıkla yönlendirilebilir. Lazer ışığını oluşturan tüm dalgalar birbirlerine paraleldir. Ayrıca ışını oluşturan dalgalar

tamamen birbirine paralel ilerler, bu özelliğin adı ise “kolimasyon”dur. Kolimasyon özelliği nedeni ile lazer ışığı mercek aracılığıyla daha da yoğunlaştırılabilir. Lazer ışığı dağılmadığı için çok hassas uygulamalarda kullanılabilir (Stabholz et al., 2001). Lazer ışığının bu özellikleri, kontrol edilebilen seviyelerde enerji üretilmesine olanak vermektedir ayrıca istenilen dalga boyunda üretilebilirler. Lazer ışığının hızı diğer ışıklar gibi boşlukta saniyede 300.000 kilometredir. Enerji birimi olarak en çok “Joule” (J) kullanılmaktadır. Diş hekimliğinde kullanılan lazerlerin pek çoğunda atım başına 1 J’den daha az enerji oluşur. Bu sebepten dolayı enerji birimi olarak “milijoule” (mJ) (1 J= 1000 mJ) kullanılmaktadır (Coluzzi, 2004; Goldman et al., 1964). Güç ise birim zamanda yapılan iştir ve “Watt” (W) cinsinden ifade edilir. Lazer ışığının operasyon alanına iletilmesinde saniyedeki atım sayısı, “Hertz” (Hz) veya pulse per second (pps) olarak ifade edilir (Coluzzi, 2008b).

Lazerin etkinliğini lazer ışınının gücü, tipi, modu ve dalga boyu gibi özellikler belirlemektedir (Goldman, 1965).

Dalga üzerinde birbirine benzer iki nokta arasındaki uzaklık dalga boyu olarak tanımlanır. İstenilen dokuda hasar vermeden çalışabilmek için dokuya uyumlu olan dalga boyu seçilmelidir. Dokunun absorpsiyon katsayısına, saçılma katsayısına ve yansıma katsayısına uygun dalga boyu kullanılmalıdır. Dalga boyuna göre ışık morötesi, görünür ışık ya da kızıl ötesi olabilir. Planck ve Einstein gibi fizikçilerin ortaya koyduğu denklemlerde kısa dalga boylarında fotonların taşıdığı enerji miktarı daha fazladır (Goldman, 1965; Monroe, 2002).

Bir atımın emisyonu için geçen süreye atım süresi denilir. Genel olarak saniyelerle ölçülmesine rağmen bazı lazerlerde saniyenin binde biridir. Atım süresi ne kadar kısaysa lazer o kadar güçlüdür ve dokunun termal ısınması önlenmiş olur. Enerji yoğunluğu ise bir atımdaki enerji miktarıdır. Belli bir zamanda uygulanan güce enerji denir. Birimi Joule (J)’dür.

$$E_{pulse} = Güç \times Zaman$$

$$1 J = 1 W \times 1 sn$$

Işık çapı dokunun üzerindeki hedef alınan alan ile ilgidir. Birim alandaki santimetre karedeki Watt ya da Joule cinsinden bulunan enerji yoğunluğundaki foton yoğunluğudur.

$$(\text{Güç/Işık Alanı}) \times \text{Zaman} = \text{J/cm}^2$$

$$\text{Güç} = \text{Enerji/Zaman}$$

İlk formülde güç yerine enerji/zaman yazıldığında birim J/cm^2 olmaktadır.

$$\text{Güç} = \text{Enerji} / \text{Zaman} (\text{Watt})$$

$$\text{Güç} = \text{Yoğunluk} \times \text{Frekans} (\text{mjoule} \times \text{hertz})$$

Zaman ise lazerin saniyedeki atım sayısıdır. Enerji yoğunluğu birim alandaki enerji miktarıdır. Lazer sistemlerinde enerji yoğunluğu J/cm^2 cinsinden belirtilmektedir.

Fotonlardan oluşan dalganın en üst noktası ve en alt noktası arasındaki mesafe dalganın enerji miktarının ölçümüdür ve amplitüd olarak adlandırılır. Amplitüd genişliği enerji miktarının fazlalığını gösterir (Coluzzi, 2004).

Bir saniyede dalganın yaptığı salınım sayısına frekans denilir ve frekans dalga boyuyla ters orantılıdır. Dalga boyu kıaldıkça frekans artarken, dalga boyu uzadıkça frekans azalmaktadır. Günümüzde lazerlerin dalga boyu 0.1 ile 10 μm arasındadır.

Lazer sistemi;

-Işık kaynağı (exchation source)

-Dalga yayılım maddesi

-Optik rezonans kavitesi olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır.

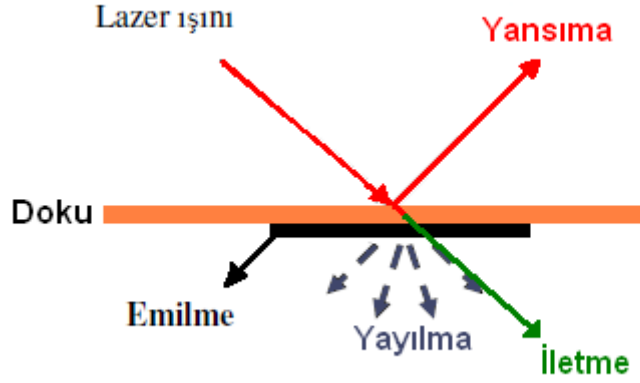
Işık kaynağı, lazer ışığı fotonlarının yayılımının sağlanması ve dalga yayılımı yapacak olan maddenin molekül ve atomlarının hareketlendirilmesi için gerekmektedir. Dalga yayılım maddesi; katı, sıvı ya da gaz olabilir. Buna göre temel olarak katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç tip lazer vardır.

Optik rezonans kavitesi ise bir devredeki belirli frekanstaki titreşimleri diğer bir devreye geçirmeye yarar. 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 eski yerine ulaşabilir. Bu uyarılmalarla fotonların paralel iki ayna arasında gidip gelmesiyle lazer ışığı oluşmaktadır. Optik rezonatör, hem

lazerin etkisini artırma, hem de ışığı lazerden çıktığında onun diğer ışıklardan ayırt edilmesini sağlayan bir düzenleme yapar. Lazer için iki tip rezonatör kullanılmaktadır. Bunlar stabil ve nonstabil rezonatörlerdir ve her ikisinin de kuralları vardır. En sık kullanılan rezonatör sistemi stabil rezonatörlerdir. Rezonatör içerisinde tekrarlayan ve stabil radyasyon paterni ile karakterize olanı en yaygın olanıdır. Bu tip rezonatörler ile daha geniş ışın demeti oluşturulur ve düşük enerjili lazerler için kullanımı uygundur. Nonstabil rezonatörler ise yüksek enerjili lazerlerde kullanılır. Fotonlar bu sistemde paralel olarak seyretmezler. Bu tip rezonatörler ile daha küçük bir odak nokta elde edilir. Bu birimlerin dışında, lazer cihazı sistem yönünden incelendiğinde; dağıtıcı bir sistem, soğutma sistemi ve kontrol panelini içermelidir. Dağıtıcı sistem, lazer ışınını dalga boyuna uygun şekilde hedef bölgeye ulaştıran quartz fiber optik, esnek dalga kılavuzu, içi boş tüp (hollow wave guide) veya yansıtıcı aynaların bulunduğu eklemli kol şeklindedir. Lazer ışını oluşurken açığa çıkan ısıyı hava veya su ile soğutan kısma soğutma sistemi denilmektedir. Kontrol paneli ile lazer parametrelerinde çeşitli değişiklikler yapılabilir. Her lazer aynı iç yapıya, fakat ayrı dağıtım sistemine ve emisyon moduna sahiptir (Ishikawa, 2003; Midda ve Renton-Harper, 1991).

1.5.2.2. Lazer Doku Etkileşimi

Lazer enerjisinin dokuda meydana getirdiği etkiler bazı fizik prensipleri ile açıklanabilir. Herhangi bir dokuya lazer ışığı uygulandığında hedef dokunun optik özelliklerine bağlı olarak; doku tarafından emilmesi (absorbed), daha derin dokulara iletilmesi (transmitted), lazer enerjisinin dokudan yansması (reflected) ve o doku içinde etrafa yayılması (scattered) şeklinde fiziksel olaylar meydana gelmektedir (Şekil 1.1), (Hall et al., 1994; Miserendino et al., 1987; Neiburger ve Miserendino, 1988; Pick ve Powell, 1993).



Şekil 1.1. Lazer ışığının dokuda meydana getirdiği fiziksel olaylar

Meydana gelen bu olaylar şu şekilde açıklanabilmektedir;

1. Emilim (absorbsiyon): Lazerin hedef dokuda ilk ve en çok görülen etkileşimi lazer enerjisinin absorbe edilmesi, yani emilmesidir. Işık enerjisi bu şekilde ısı gibi farklı formlara çevrilir. Işık enerjisinin emilmesi, serbest su moleküllerinin, proteinlerin, pigmentlerin ve diğer makro moleküllerin varlığına bağlıdır. Kısa dalga boylu ışık demeti (500-1000 nm) pigmente doku ve kan elemanları tarafından absorbe edilirken, uzun dalga boylu ışık demeti ise su ve hidroksiapatite tutunmaktadır. Evrenin temel molekülü olan su genelde 3000 nm (3 µm) civarındaki dalga boylarını absorbe etmektedir, bu Er:YAG lazerin dalga boyuna mukabildir. Ağırlığına göre dental yapılar değişik miktarlarda su içermektedirler.

Hidroksiapatit dental sert dokuların ana yapısıdır ve dalga boyuna göre geniş bir absorpsiyon özelliğine sahiptir. Uzun dalga boyları su ve hidroksiapatit ile daha çok etkileşim halindedir. Erbium aynı zamanda hidroksiapatitler tarafından da absorbe edilir. CO₂ lazer su tarafından iyi absorbe edilir ve diş dokularına en büyük afiniteye sahiptir. Dokularda bulunan ve oksijen taşımakla sorumlu olan hemoglobinin kırmızı dalga boyunu yansıtır, bundan dolayı bu yapılarda mavi ve yeşil dalga boyları çok iyi absorbe olur. Argon hemoglobinin tarafından absorbe edilir.

Venöz kanın daha az oksijen içeriğine sahip olmasından dolayı kırmızı ışığı daha fazla absorbe eder ve daha koyu görünüm alır. Kısa dalga boyları deride bulunan melanin pigmenti tarafından güçlü bir şekilde absorbe edilir. Diyot ve

Nd:YAG lazerler melanine karşı yüksek bir afinite gösterirken hemoglobin ile daha az etkileşime girerler (Coluzzi, 2004; 2005; Coluzzi ve Goldstein, 2004).

2. Geçiş (transmisyon): Lazer ışığının doku içerisinde geçerek derinlere ilerleyebilme özelliğidir. Bu geçiş dağılarak ya da dağılmadan paralel olabilir. Bu etki lazerin dalga boyuna bağlıdır. Dalganın yayılmasının doğrultusu ve enerjisi geçiş (transmisyon) sırasında değişmez (Meister et al., 2007; Stabholz et al., 2001).

3. Yansıma (refleksiyon): Lazer ışın demetinin uygulandığı hedef dokuda hiçbir etki yaratmadan yüzeyden geldiği yönde paralel ya da dağılarak yansıması özelliğidir. Yansımada dalga boyu ya da fotonun enerjisi değişmez sadece yönü değişir. Mineden, dentin veya diş etine göre daha fazla yansıma oluşur. Lazerin yansıma özelliğinden çürük tespit yöntemlerinde faydalanılmaktadır (Coluzzi ve Convissar, 2004).

4. Saçılma (scatle): Lazer ışın demetinin uygulandığı hedef dokuda hedeflenen alana değil de etrafa saçılma özelliğidir. Emilimle saçılma ters orantılıdır. Kompozit rezinlerin polimerizasyonunda lazerin saçılma etkisinden yararlanılmaktadır (Coluzzi 2004). Fakat bu özellik cerrahi alana komşu dokulara ısı transferine neden olarak istenmeyen hasarlarla sonuçlanmasına neden olabilmektedir. Saçılmanın açısı ya da miktarı, dalga boyunun ve partiküllerin nispi boyutuna bağlıdır (Meister 2007).

Lazerin hedef dokudaki etkisini belirleyen birçok faktör vardır (Takac ve Stojanovic, 1999; van Hillegersberg, 1997; White, 2005; Wigdor et al., 1995; Winn, 2003; Yamamoto, 1983). Dokunun biyolojik yapısına ait spesifik absorpsiyon gücü, kan dolaşımı, mineral ve su oranı, mineralizasyon derecesi, yoğunluğu, hedef dokunun pigmentasyonu ve ışınlanacak bölgenin boyutları veya kalınlığı gibi özellikleri, lazer ışınının ise dalga boyu, devamlı veya atımlı olması (continuous wave- pulsed) temaslı veya temassız uygulanması (contact-noncontact), maksimum atım enerjisi ve atımın tekrarlama ortalaması, enerji yoğunluğu, ışınlama süresi, objenin uzaklığı gibi etkenler hedef dokudaki etkiyi belirleyecek faktörlerdir.

Lazer doku etkileşimi ile ortaya çıkan başlıca reaksiyonlar fototermal (fotokoagülasyon, fotovaporizasyon), fotokimyasal ve fotomekanik etkilerdir (Dederich, 1991; 1993; Gonzalez et al., 1996). Dokuların lazer radyasyonuna cevabı termal veya non-termal bir süreçtir. Termal etkiler fotokoagülasyon ve

fotovaporizasyon'dur. Termal olmayan etkiler ise fotomekanik veya fotokimyasal cevaptır (Dederich, 1993).

1. Fototermal etkisi: Bu etkileşimde, emilen enerjinin ısıya dönüşmesiyle dokularda sıcaklık artmaktadır. Dokular üzerinde bu termal etki, ısı derecesi ve interstisyel (bağ doku), intrasellüler sıvının etkileşimi ile ilişkilidir. 40°C'nin üstündeki ısılar protein denatürasyonu, 60°C'nin üstündeki ısılar protein koagülasyonu, 100°C'lik ısıda dokudaki suyun buharlaşması, 250°C'nin üstündeki ısılar karbonizasyon, 300°C'nin üstündeki ısılar ise doku buharlaşması gibi değişik biyolojik etkilerin olduğu bildirilmiştir (Çizelge 1.1). Lazer enerjisi uygulanmaya devam edilirse yüzey karbonize olur (Coluzzi, 2004; Dederich, 1991). Bu etki klinik olarak insizyon ve eksizyon gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Lazer ışığının yüzeyde oluşturduğu ısıdan dolayı mikroorganizmalar parçalanır, böylelikle yüzey sterilizasyonu sağlanır (Coluzzi, 2004; 2008a; Coluzzi ve Goldstein, 2004). Fotokoagülasyon etkisi dokulara transfer edilen enerji ile ilişkilidir. Enerji transferi daha yoğun olduğunda, daha yüksek sıcaklık ortaya çıkar ve daha hızlı doku koagülasyonu gerçekleşir. Klinikte bu durum doku yüzeyinde beyazlaşma şeklinde görülebilir. Bu olay moleküler yapıda ve özellikle kollajen yapıdaki değişiklikler nedeni ile oluşur. Vaporizasyon; yoğun ve çok iyi odaklanmış lazer radyasyonu ile doku yüzey sıcaklığının 100°C'nin üzerine çıkmasıyla oluşur; hücre proteinler yıkılır ve hücre içerisindeki su buharlaşır. Hücre içerisinde aniden oluşan buhar küçük patlamalarla biyolojik dokuların ablasyonuna neden olur. Ortaya çıkan artık; ısınmış buhar ve mikroskobik partiküllerdir. Bu partiküller zararlı etkileri ve çeşitli patojenleri (intakt proteinler, DNA fragmanları ve virüsler) içermesi nedeniyle ışınlanan dokudan ve ortamdaki uzaklaştırılmalıdır. Ablasyon mekanizması fototermal ve fotoakustik sürecin kombinasyonudur (Coluzzi, 2000; Dederich, 1991). Vaporizasyon olduktan sonra lazer uygulamasına devam edildiğinde sıcaklık 300°C-400°C dereceye ulaşır ve karbonizasyon gerçekleşir. Sıcaklık 500 °C'nin üzerine çıktığında dokular tamamen yanar ve buharlaşır. Bu etkiler ve hangi etkinin daha baskın olduğu uygulanan lazere bağlıdır (Kreisler et al., 2002; Scaini et al., 2008).

2. Fotokimyasal etkisi: Bu etkileşim lazer ışığının biyokimyasal ve moleküler yapı üzerinde uyarıcı etkisi ve patolojik dokuların tedavisinde lazerin dokudaki

reaksiyonları indüklemesi sonucu oluşur. Bu etki fotosensitif moleküller ve maddelerin belirli dalga boylarındaki lazeri absorbe etmesi aracılığı ile gerçekleşir. Bu herhangi bir termal etki olmadan istenen dokuda kimyasal reaksiyonlara yaptığı etkidir. Kompozit polimerizasyonu gibi kimyasal reaksiyonların başlatılması için kullanılabilir (Coluzzi ve Goldstein, 2004). Lazerin fotodinamik etkisi de bu grup altında yer alır ki bu etki, tümör hücrelerinin yok edilmesinde ışığa duyarlı ilaçların aktivasyonunda görev yapar (Winn, 2003). Ayrıca ilgili lezyon üzerinde fotosensitif ajanların enjeksiyonunu ve radyant enerji uygulaması ile birçok dermatolojik hastalık tedavi edilmektedir.

3. Fotomekanik etki: Bu etkinin oluşması için çok güçlü ve kısa atım aralıkları olan lazer gereklidir. Fokal spot alanı çok küçüktür ve çok yüksek enerji yoğunluğu elde edilir. Bu etkiden günümüzde ancak belirli alanlarda yararlanılmaktadır. Lazer teknolojilerinin sürekli gelişmekte olduğu gerçeği ile gelecekte belki bu etkiden daha fazla yararlanılacaktır. Yüksek enerjili kısa atımlı lazer ışığı dokuda hızlı bir ısınma meydana getirirken plazma formasyonu görülür. Bu esnada dokularda fotoablasyon, fotodistribiyon ve fotoakustik etki gibi bir takım olaylar gözlemlenir. Fotoakustik etki ise kristal yapıya giren atımdaki lazer enerjisi ile ses şok dalgalarına dönüşebilir ve dokunun mekanik enerjisiyle patlayıp ayrılmasına neden olur (Coluzzi, 2004; 2005).

1.5.2.3 Lazer Sistemlerinin Sınıflandırılması

Günümüzde kullanılan lazer sistemleri, lazer aktif maddesine, ışınlarının hareketine, ışınların enerjisine, dalga boylarına, dokular tarafından emilimine ve klinik uygulamalara göre sınıflandırılabilir (Coluzzi, 2005; Coluzzi ve Convissar, 2004).

Çizelge 1.1 Isının hedef dokuya etkisi. (Coluzzi, 2004)

Doku Sıcaklığı (°C) Gözlenen Etkiler	
37-50	Hipertermi
60-70	Koagülasyon
70-80	Kaynama
100-150	Buharlaşma, ablasyon
≥ 200	Karbonizasyon

1. Lazer aktif maddesine göre (Onal et al., 1993)
 - a) Katı maddeler içeren lazerler (Granit, Ruby, Nd:YAG)
 - b) Gaz içeren lazerler (Argon, CO₂)
 - c) Uyarılmış asal gaz halojeniteleri içeren lazerler
 - d) Boya tanecikleri içeren lazerler
 - e) Yarı iletken çubuklar içeren lazerler (Ga-As)
2. Lazer ışınlarının hareketine göre (Arcoria et al., 1994; Arcoria et al., 1991)
 - a) Devamlı ışın verenler
 - b) Atımlı ışın verenler
 - c) Dalgalı akım olarak ışın verenler
3. Işınların enerjisine göre (Midda ve Renton-Harper, 1991);
 - a) Soft lazerler He-Ne, Ga-As, GaAlAs
 - b) Mid lazerler
 - c) Hard lazerler (Argon lazer, CO₂ lazer, Excimer lazer, Holmium:YAG lazer (Ho:YAG), Neodmium:YAG lazer (Nd:YAG), Erbium:YAG lazer (Er:YAG))
4. Dalga boylarına göre (Coluzzi, 2000);
 - a) Ultraviyole ışınlar
 - b) Kızılötesi (infrared) ışınlar
 - c) Görünür ışık spektrumundaki ışınlar

Diş hekimliğinde yaygın olarak soft ve hard lazer tipleri kullanılmaktadır.

1. Soft lazerler: Termal etki göstermeyen soğuk ve düşük enerjili lazerlerdir. Hücresel aktiviteyi uyararak dalga boyunda, düşük enerji oluşturmaktadırlar. Bu lazerlerin içinde aktif ortam olarak genellikle yarı iletken Diyotlar kullanılmaktadır. Ağrı giderilmesi, ödemin azaltılması ve iyileşmenin hızlandırılması için kullanılır. Diş hekimliğinde genellikle dentin hassasiyetini azaltmada, akut lokalize osteitisi (dry socket) iyileştirmede, aft sebebiyle oluşan ağrıyı azaltmada ve aftın iyileşmesini hızlandırmada, ağız ülserlerinde, periodontitis ve perikoronitis tedavilerinde kullanılmaktadırlar. Soft lazerlerin henüz yara iyileşmesi mekanizmasında nasıl rol aldığı tam olarak açıklığa kavuşmamıştır. Fakat, fibroblastların uyarılması ile kollajen üretimini arttırdığı yönündeki görüşler daha yaygındır (Midda ve Renton-Harper, 1991). Klinik uygulamalarda kullanılan lazer tipleri He-Ne, Ga-As, Ga-Al-As lazerlerdir. Farklı dalga boylarına sahiptirler ve en sık kullanılanı 632.8 nm dalga boyundaki He-Ne lazerlerdir (Midda ve Renton-Harper, 1991; Myers, 1991; Weesner, 1998; Wigdor et al., 1995).

2. Hard lazerler: Yüksek enerjili lazerlerdir, genellikle cerrahi uygulamalarda kullanılırlar ve dokuda termal etki oluştururlar. Bu lazerlerin diş hekimliğinde en çok kullanılanları; CO₂, Ho:YAG, Nd:YAG, Er:YAG, Argon ve Eximer lazerlerdir.

1.5.2.4. Diş Hekimliğinde Lazerlerin Kullanım Alanları

Lazerler diş hekimliğinin farklı uygulama alanlarında kullanılmaktadır (Coluzzi ve Convissar, 2004; Convissar, 2004).

1. Periodontoloji

- Periodontal cep tedavisi
- Frenilektomi, gingivektomi
- Periodontal rejeneratif cerrahi
- Gingivektomi
- Gingivoplasti
- De-epitelizasyon
- Granülatöz dokuların uzaklaştırılması

- Kemik şekillendirmesi
2. Protetik diş tedavisi
- Kron çevresi gingival şekillendirme ve kron boyu uzatma
 - Yüzey pürüzlendirme
 - Pontik yerinin şekillendirilmesi
 - İmplant üstünün açılması
3. Pedodonti/ Ortodonti
- Dişin açığa çıkarılması
 - Ortodonti hastalarında yumuşak doku şekillendirilmesi
 - Kavite preparasyonu
 - Amputasyon ve pulpa kaplamaları,
 - Kanal dezenfeksiyonu
4. Oral Cerrahi
- Biopsi
 - Frenektomi
 - Oral yumuşak doku patolojilerinin tedavisi
 - Endikasyona bağlı olarak tüm yumuşak doku düzeltmeleri
 - Torus uzaklaştırılması
 - Tüberoplasti
 - Rezidüel kret düzeltilmesi
 - Epulis fissuratum eksizyonu
 - Protez stomatitinin tedavisi
 - Gömülü diş cerrahisi
 - Biyostimülasyon
 - Operkülektomi
 - Apikal rezeksiyon
 - Oral yumuşak doku patolojileri
5. Operatif Diş Hekimliği ve Endodonti
- Süt dişlerinin tüm konservatif ve endodontik tedavilerinde
 - Kavite preparasyonu
 - Pulpa kaplamaları
 - Kanal dezenfeksiyonu

1.5.2.5. Lazerlerin Diş Hekimliğine Getirdiği Avantaj ve Dezavantajlar

Günümüzde kullanılan lazerler diş hekimliğine bazı avantajlar sunmaktadır (Akgün, 2004). Bunlar;

- Anesteziye daha az gereksinim olması ya da hiç olmaması
- Kanama kontrolü
- Frezlerin titreşimine bağlı olarak meydana gelen mikro-çatlakların önlenmesi
- Doku iyileşmesinin çabuk olması
- Enfeksiyonun kontrolü
- Sessiz operasyon
- Titreşim ve basıncın olmaması
- Titreşim ve buna bağlı olarak gelişen ağrının önlenmesi
- Antibakteriyel etkisinin olmasıdır.

Günümüzde diş hekimliğinde klinik uygulama alanlarında oldukça geniş yer kaplayan lazer sistemlerinin klinisyene sağladığı avantajların yanında bir takım dezavantajları da bulunmaktadır (Akgün, 2004).

- Bütün girişimler için tam olarak uygulanacak dalga boyunun bulunmaması
- Bazı işlemlerde geleneksel yöntemlere oranla daha yavaş çalışması
- Operasyon sırasında dokulara temas duygusunun olmaması
- Hedef bölgede ısının kontrol altına alınması gerekliliği
- Operasyon alanında minimum yansıtıcı yüzey gereksinimi
- Operasyon ortamına girişin sınırlı olması
- Ortamda bulunan herkes için koruyucu gözlük gereksinimi
- Yüksek maliyetinin olmasıdır.

1.5.2.6 . Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler

Lazerlerin diş hekimliğinde klinik olarak kullanımı kabul edilse de teknik, biyolojik ve dental araştırmalar arasındaki sınır net olmadığından rutin olarak kullanımları sınırlıdır (Picoli et al., 2003; Winn, 2003). Günümüzde lazer cihazlarının üretiminde

sadece güç ve dalga boyu esas alınmamaktadır, bunların yanısıra atış şekli, uygulama zamanı, uygulama sıklığı ve enerji çıkışı gibi değişik parametreleri önem arz etmektedir. Bu da diş hekimliğinde kullanılmak amacıyla birçok lazer cihazının geliştirilmesine neden olmuştur (Tonami et al., 2005; van As, 2004). Diş hekimliğinin farklı uygulama alanlarında, değişik dalga boylarına sahip çeşitli lazer sistemleri kullanılmaktadır. Diş hekimliğinde kullanılan farklı lazer sistemleri ve dalga boylarına ait Çizelge 1.2’de aşağıda gösterilmektedir (Sulewski, 2000).

1.5.2.6.1. Er:YAG Lazer

Er:YAG lazerler “erbium” ile karıştırılmış katı “yttrium aluminum garnet” kristali içermektedir. Elektromanyetik spektrumun yakın ve orta kızıl ötesi bölümünde bulunmaktadır ve dalga boyu 2940 nm’dir.

Su tarafından en iyi absorbe edilen lazer çeşitidir (van As, 2004). Ayrıca Er:YAG lazerlerin hidroksiapatite karşı afinitesi de oldukça yüksektir. Apatit kristalleri içindeki hidroksil radikali ve sudaki lazer enerji çiftleri dışın kristalize yapısına bağlanmaktadır. Suyun mineral substratları içinde buharlaşması çok büyük bir hacim artışına yol açmaktadır ve bu artış çevredeki materyalin tam olarak parçalanmasını sağlamaktadır. Lazer ışığının doku tarafından absorpsiyonu arttıkça optik derinlik, lazerin atım süresi ve oluşan ısı azalır. Isının derinliği optik penetrasyon derinliğinden çok daha fazladır (van As, 2004).

Er:YAG lazer enerjisi, su molekülleri ve hidröz organik bileşenler tarafından absorbe edilir, ısı etkisinden dolayı bu bileşenlerde fototermal buharlaşmaya neden olur (Watanabe et al., 1996). Sert doku prosedürlerinde ise, su buharı yapımı doku içine internal basıncı artırır ve mikroeksplozyon denilen patlayıcı genişleme ile sonuçlanır. Mekanik doku kollapsına neden olan bu yüzeysel (1-10 mikron doku derinliği) ve mekanik etkiler, termomekanik ya da fotomekanik ablasyon ile sonuçlanır (Watanabe et al., 1996). Keller ve Hibst (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 kullanılabilir (Wigdor et al., 1995). Er:YAG lazerlerin klinik kullanımında anestezi gerektirmemesi yada çok az miktarda anestetik maddeye ihtiyaç duyulması sağladığı avantajlardan birisidir. Sert doku uygulamalarında kullanılan su spreyi fazla ısı oluşmasını engeller. Fiberler esnek olarak tasarlanmıştır ve lazer enerjisini kontrol edecek miktarda dayanıklıdır. Ayrıca uygulama ucu seçenekleri fazladır. Kanalları şekillendirmek için gerekli olan birçok uç seçeneği vardır. Er:YAG lazerin klinikte sağladığı avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bu lazerler hedef alınan dokuyu kaldırmakla kalmaz, bölgedeki tüm dokuları da kaldırır (örneğin kök yüzeyindeki uygulamalarda tüm kalkulus, sement ve dentini kaldırır) (Sulewski, 2000). Ayrıca çürük temizlenmesinde Er:YAG lazerlerin kullanılmasıyla sarf edilen süre konvansiyonel frez sistemine göre daha uzundur (Hossain et al., 2003a; Hossain et al., 2003b; Takamori et al., 2003). Kullanım esnasında Er:YAG lazerin oluşturduğu ısının, konvansiyonel yöntemle karşılaştırıldığında sürekli olmadığı fakat nabızsal tarzda olduğu ve bunun da ağrıyı tetikleyici bir faktör olduğu bildirilmiştir (Takamori et al., 2003).

Yumuşak dokularda su oranının fazla olmasına bağlı olarak geniş uygulama alanı bulmuştur. Fakat hemostatik özelliği sınırlıdır (Coluzzi ve Goldstein, 2004). FDA (Food and Drug Administration) 1997 yılında restoratif diş hekimliğinde çürük temizleme, kavite preparasyonları ve adezyon öncesi mine ve dentin modifikasyonu gibi sert doku tedavilerinde, 1999 yılında yumuşak doku cerrahisinde ve 2004 yılında kemik cerrahisinde kullanımını kabul etmiştir (Aoki et al., 1994). Günümüzde dişetine yakın olan çürük lezyonların tedavisinde, yumuşak dokuların tekrar şekillendirilmesinde (Coluzzi ve Convissar, 2004), hassasiyetin giderilmesinde, minenin pürüzlendirilmesinde, siman, kompozit gibi dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında (Frentzen ve Koort, 1990), protetik olarak dişlerin kesilmesinde (Coluzzi, 2004), oral cerrahide; apisektomi, kistlerin osteotomisi, oral mukoza lezyonlarının çıkarılması ve periodontolojide dıştaşı temizlenmesi işlemlerinde kullanılmaktadır (Frentzen ve Koort, 1990; Wigdor et al., 1995).

Sert doku uygulamalarında kullanılırken bir miktar ısı oluşturabilir, ancak su ile soğutma kullanılıncaya bu problem ortadan kalkmıştır (Featherstone et al., 1996).

Son yıllarda kök kanal tedavisi uygulamalarında da kullanılmak üzere yeni Er:YAG lazer cihazının geliştirildiği bildirilmiştir (Stabholz et al., 2003). Endodontik uygulamalarda kök kanal tedavisi sırasında dezenfeksiyonun sağlanması veya smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla kullanılmaktadır.

Takeda ve ark. (1998b) Argon, Er:YAG ve Nd:YAG lazerlerin kök kanalında smear tabakasının uzaklaştırılması üzerine etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, tüm lazerlerin smear tabakasını uzaklaştırdığını bildirmişlerdir.

Vezzani ve ark. (2006) üç farklı frekansta (7, 10, 16 Hz) 100 mJ güçte uyguladıkları Er:YAG lazerin kök kanallarındaki bakteriler üzerine etkinliklerini değerlendirmişlerdir. En etkili sonuçlar 16 Hz frekans uygulanan grupta gözlenmiştir, kontrol grupları dahil tüm gruplarda etkinlik gösterdiği ve gruplar arasındaki istatistiksel farkın anlamlı olmadığı rapor edilmiştir.

Takeda ve ark. (1998a) ve Khabbaz ve ark. (2004) Er:YAG lazerin kanal yüzeyine dik uygulanmasıyla kök kanal duvarlarındaki smear tabakası ve debrisin daha iyi uzaklaştığını ve fiber optik uç kanala paralel olarak uygulandığında enerjinin yoğunlaştığı bölgelerde ısıl hasarların oluşabileceğini tespit etmişlerdir. Ayrıca lazer ışığının açısındaki farklılıklarla dentinde absorbe edilen enerji miktarının değişebileceğini belirtmişlerdir.

Son yıllarda Er:YAG lazer sistemlerinde radyal ve şerit şeklinde yeni dizayn edilmiş bir uçla kullanılan ve “Foton İndüklenmiş Fotoakustik Dalgalanma” (Photon Induced Photoacoustic Streaming- PIPS®) prensibi ile çalışan bir yöntem geliştirilmiştir. Literatürde bu yöntem düşük enerjili lazerle fotoaktif dezenfeksiyon yöntemi olarak da isimlendirilmiştir (DiVito et al., 2012; Peters et al., 2011). PIPS® ile uygulanan Er:YAG lazerin güç enerjisi kullanılarak kök kanalında bulunan irrigasyon solüsyonunda fotoakustik şok dalgalar meydana getirir. Foto Dinamik Tedavinin (PDT), geleneksel endodontik tedaviye ilave olarak dirençli mikroorganizmaları öldürmek için etkili bir tedavi yöntemi olduğu iddia edilmektedir (Garcez et al., 2010). Mikrofotografik kayıtlar; lazerle irrigasyon solüsyonu aktivasyonunun (Laser activated irrigation, LAI) kök kanalının irrigasyon solüsyonu ile doldurulmasının ardından sıvının yüksek hızla dalgalanarak kök kanalında kavitasyonel etki oluşturduğunu göstermektedir (Blanken et al., 2009).

Çizelge 1.2 Farklı lazer sistemleri ve dalga boylarına ait çizelge (Sulewski, 2000)

Lazer Tipi	Dalga Boyu
ArF Excimer	193 nm
KrF Excimer	248 nm
XeCl Excimer	308 nm
Dye	507-510 nm
Frequency-Doubled Alexandrite	377 nm
Krypton Ion	407 nm
Argon Ion	488, 514 nm
Frequency-Doubled Nd:YAG (KTP)	532 nm
Diyot (Düşük seviye)	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
Diyot (GaAlAs, GaAs)	800-830, 904-950 nm
Nd:YLF	1.053 μm
Nd:YAG	1.064 μm
Nd:YAP	1.34 μm
Ho:YAG	2.12 μm
Er,Cr:YSGG	2.79 μm
Er:YAG	2.94 μm
Free Electron	3.0, 6.1, 6.45 μm
CO ₂	9.3, 9.6, 10.6 μm

Lazerlerin termal etkisi su moleküllerinin genişleme ve büzülmesine neden olarak kanal içerisindeki sıvıya sekonder kavitasyon oluşturmaktadır. Bu dalgalanmanın oluşması esnasında uygulanacak fiber ucun apeksten 5 mm uzakta

konumlandırılması gerektiği bildirilmektedir (De Moor et al., 2009). Bu özellik fiberlerin apekse ulaşması veya radiküler kurvatürlerin aşılması gerekliliğini ortadan kaldırmaktadır. Lazerlerin kullanımı sırasında düşük enerji uygulanması oluşacak termal hasarı azaltmaktadır. Yapılan bir çalışmada PIPS® fiber ucu kullanılarak, Er:YAG lazerin oldukça düşük atım sayısı (50 mikrosaniye) ve düşük enerji seviyesi ile (20 mJ) %17'lik EDTA solüsyonu 20 saniye boyunca lazerle aktive edilmiştir. Bu çalışma sonucunda kollajen matriksin açığa çıktığı, etkin bir şekilde kök kanalındaki debris ve smear tabakayı uzaklaştırdığı aynı zamanda termal hasarın minimal düzeyde olduğu veya hiç oluşmadığı bildirilmiştir (DiVito et al., 2012). PIPS® fiber ucunun aynı protokoller uygulanarak kullanıldığı başka bir çalışmada ise % 6'lık NaOCl ile kök kanalında bulunan bakteri sayısını azalttığı rapor edilmiştir (Peters et al., 2011). Başka bir çalışmada da %5.25'lik NaOCl'in kanal içerisinde lazerle aktive edilmesinin solüsyonun dezenfeksiyon etkisini artırdığı sonucuna varılmıştır (Macedo et al., 2010).

1.5.2.6.2. Nd:YAG Lazer

Nd:YAG lazerler, ilk olarak 1961 yılında Snitzer tarafından kullanıma sunulmuş, diş hekimliğinde ise ilk kez Dr. Terry Myers'in mine dokusu üzerine yaptığı çalışmalarda kullanılmıştır. Araştırmacı bu lazeri ilk kez, çürük lezyonlarında, oklüzaldeki fissürlerde ve periodontal operasyonlarda kullanmıştır (Pick, 1993). Nd:YAG lazer daha sonraları kök kanallarının şekillendirmesi ve sterilizasyonunun sağlanması amacıyla kullanılmıştır.

Nd:YAG lazer elektromanyetik spektrumun infrared bölümünde yer alan, 1064 nm dalga boyunda bir kristal lazerdir ve içerisine koyulan kırmızı He-Ne gazı ile görülebilir hale getirilmiştir (Kutsch, 1993; Pick, 1993; Pick ve Powell, 1993). Bu lazerlerde aktif madde olarak Neodmiyum ile kaplanmış ve dünyada nadir olarak bulunan elementlerden İtiryum-Alüminyum-Garnet kristali kullanılmaktadır. Nd:YAG lazerlerinde de aktif parça, YAG ana kristali içine neodmiyum (Nd³⁺) iyonlarının katkılandırılmasından oluşur. Lazer emisyonunu yapan kısım bu Nd iyonları olmaktadır. Bu lazerler serbest hareketli atım modunda çalışmaktadırlar ki,

bu mikrosaniyenin yüzde birinde atış yapan ufak atımların devamlılığı şeklindedir. Atım süresi 100-200 µs, frekansı 10-100 Hz ve her atımın sahip olduğu enerji 200 mJ'dür (Pick, 1993). Ufak, esnek ve açık optik fiberleri serbest atımlı iletim modunda ve genellikle dokulara temas edilerek yapılmaktadır. Temaslı, temassız veya bir fiberoptik yardımıyla ağız içerisinde rahatlıkla kullanılabilirler (Pick, 1993; Pick ve Powell, 1993; Pick ve Colvard, 1993).

Penetrasyon derinliği, uygulama moduna ve dokunun tipine bağlı olarak değişmekte ve ağız içerisindeki dokularda 4 mm'ye kadar ulaşabilmektedir. Örneğin Nd:YAG lazer ışığı organik dokularda daha fazla absorbe edilmektedir. Suda ve hidroksiapatitte iyi absorbe olamamakta melanin gibi pigmente dokular tarafından yüksek oranda absorbe edilmektedirler. Buna bağlı olarak da bu lazer ışını diş sert dokularında iyi absorbe edilememekte ve uygulandığı dokudan daha derin tabakalara kadar penetre olabilmektedir. Nd:YAG lazer dokuya uygulandığında enerjisinin yaklaşık %90'ını suyun içerisinde kaybetmektedir. Bu lazer ışınının en temel avantajı bakterisidal bir etki oluşturmasıdır (Pick, 1993).

Bir fiberoptik yardımıyla temaslı veya temassız olarak ağız içerisinde farklı uygulamalarda rahatlıkla kullanılabilirler (Pick, 1993). Temassız kullanıldığında hemostaz sağlama, aftöz ülser tedavisi veya pulpa hassasiyetini gidermek amacıyla, kullanılabilir (Coluzzi ve Goldstein, 2004). Serbest hareketli atımlı modda dental yumuşak dokuların debridmanı, kesimi ve koagülasyon işlemleri bu lazer ile yapılabilir. Bu çalışma şekli aynı zamanda çevredeki dokularda ısı oluşmasını engellemektedir. Nd:YAG lazerler dental sert dokular ile çok az etkileşime girmektedir. Böylelikle komşu yumuşak dokularda frenektomi, gingivektomi ve gingivoplasti gibi cerrahi işlemlerde kullanılması kolaylaşmaktadır. Fakat, klinik kullanım sırasında Nd:YAG lazerin ışığı amalgam, titanyum ve değersiz metaller tarafından kolayca absorbe edildiğinden, bu materyallerin varlığında dikkatli bir şekilde çalışılması gerektiği bildirilmiştir (Kutsch, 1993). Ayrıca implant yüzeylerinde dekontaminasyonu temin etmede başarılı olmalarına rağmen derin penetrasyon gücü ve titanyum yüzey özelliğini bozması nedeni ile periimplantitis ve ikinci aşama implant cerrahisinde kullanımı önerilmemektedir (Lioubavina-Hack, 2002; Mercer, 1996).

Endodontik uygulamalarda Nd:YAG lazerin klinik uygulamaları ilk kez Dederich ve ark. (1984) tarafından yapılmıştır. Bu araştırmacılar lazer enerjisi kullanılarak kök kanal dentininin organik artıklardan arındırılması ve yüzeyinin pürüzsüz bir hale getirilebilmesinin mümkün olduğunu bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar lazerin bu etkilerinin lazer enerjisinin gücüne, uygulama süresine ve dentinin özelliklerine bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

Endodontide Nd:YAG lazerin kullanıldığı yerlerden birisi de kök kanallarının sterilizasyonunu sağlamak amacıyla kök kanallarına uygulanmasıdır. Bu uygulama sırasında fiber optik kablolardan yararlanılmaktadır. Etki mekanizması ise lazerin pigmente bakterilerin DNA'larını bozarak bakterisit etki göstermesi esasına dayanmaktadır. Bu etkiyi, mikroorganizmaları doğrudan buharlaştırarak oluşturmaktadır. Lazer ışınının oluşturduğu ısının yayılabilmesi nedeni ile kullanılan fiber optik ucun mikroorganizmalara direkt temas etmesi gerekmemektedir. Uygulama sırasında lazer enerjisi yayılarak dentinin içerisinde derin tabakalara kadar ulaşmaktadır. Oluşan indirek lazer ışınları sayesinde bakterisidal etki elde edilebilmektedir.

Levy (1992), kök kanallarının şekillendirilmesi üzerinde Nd:YAG lazerin etkinliğini geleneksel yöntemlerle kıyaslamış ve sonucunda Nd:YAG lazerin, kök kanallarını K file eğelerden daha etkili temizlediğini rapor etmiştir. Nd:YAG lazerin geleneksel yöntemlerden daha başarılı sonuçlar vermesini, debrisi ve dentin tübüllerini tıkayan maddeleri buharlaştırmasına bağlamıştır.

Gutknecht ve ark. (1996) Nd:YAG lazerin antibakteriyel etkinliğini araştırdıkları 1.5 W, 40 saniye, 60 mJ parametrelerinde kullanılan lazerin *E.faecalis* üzerine % 99.91 oranında etkili olduğunu ve endodontik tedavide kök kanallarının dezenfeksiyonu amacıyla kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Bergmans ve ark. (2006) Nd:YAG lazerin kök kanallarındaki antibakteriyel etkinliğini in vitro olarak incelemişlerdir. Nd:YAG lazeri kök kanallarında 1.5 W, 100 mJ, 15 Hz parametrelerinde 5'er saniyelik dört siklus halinde toplamda 20 saniye süresince uygulamışlar ve Nd:YAG lazerin *E.faecalis*'i %99.7 oranında azalttığını rapor etmişlerdir. Araştırmacılar *E.faecalis*'in extrasellüler matriks içerisinde bulunduğunu ve biofilm oluşturduğunu, Nd:YAG lazerin üç siklus halinde kullanıldığında biofilm tabakasını kısmen etkileyebildiğini bildirmişlerdir. Bu

araştırmacılar lazerin etkinliğini artırmak amacıyla kök kanallarının dezenfeksiyonu temin etmede çeşitli antimikrobiyal ajanların tamamlayıcı olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Lazer uygulamasından önce kanalların bol miktarda NaOCl ile yıkanmasını ve lazerin daha sık periyodlarla kullanılmasını önermişlerdir. Ayrıca araştırmacılar fiber uçların lazerin enerjisinin daha geniş alanlara ulaşmasını sağladığını belirtmişlerdir.

Aranha ve ark. (2005) Nd:YAG lazerin kök yüzeyi dentin geçirgenliği üzerinde iki parametresinin etkinliklerini karşılaştırdıkları in vitro bir araştırmada, 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 ark. (2005) kök kanal duvarlarına iki farklı yönde (dik ve paralel) ve iki farklı parametre (100 mJ, 15 Hz, 1.5 W ve 160 mJ, 15 Hz, 2.4 W) ile uygulanan Nd:YAG lazerin kök kanal yüzeyi üzerindeki etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, yüzeye dik ve paralel uygulama arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğunu, 160 mJ, 15 Hz, 2.4 W uygulanan gruplarda yüzeye paralel yapılan uygulamada birkaç yerde erime gözlenirken dik uygulandığında tüm yüzeyde erimenin gözlendiğini bildirmişlerdir.

Takeda ve ark. (1999)  değişik kök kanalı irrigasyon solüsyonunun ve iki farklı lazer tipinin smear tabakası üzerine etkilerini kök kanallarının orta ve apikal 1/3'nde incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda %17'lik EDTA, %6'lık fosforik asit ve %6'lık sitrik asitin kök kanallarındaki smear tabakasını tümüyle uzaklaştıramadığını gözlemlemişlerdir. Çalışmada CO₂ lazerin smear tabakasını kaldırmada etkili olduğu, Er:YAG lazer kullanılmasının ise en etkili yöntem olduğunu bildirmişlerdir.

1.5.2.6.3. Diyot Lazer

Diyot lazerlerin aktif materyali katı fazlıdır. retilirken yarı iletken kristaller ile alüminyum veya indiyum, galyum ve arsenik gibi elementlerin kombinasyonu kullanılmıştır. Ga-As (gallium-arsenide) ve GaAlAs (gallium alüminyum arsenide)

olmak üzere iki tipi vardır. Dalga boyları kullanılan aktif materyale göre değişkenlik gösterir. Alüminyum içeren Diyet lazerin dalga boyu 800 nm iken, indiyum içerenin 980 nm'dir. İletimi fiber optik yolu ile gerçekleşir ve yumuşak doku cerrahisi için temaslı, derin koagülasyon etkisi için temassız konumda çalışılır.

Diyot lazerler pigmente dokular tarafından yüksek miktarda absorbe edilir. Diş yapıları tarafından düşük absorpsiyonu nedeniyle diş yakınındaki veya çevresindeki yumuşak dokularda kullanımı güvenlidir. Diyet lazerin dalga boyunun (810 nm), Nd:YAG lazerin dalga boyundan (1.064 nm) daha az olduğu için ısıl yan etkilerinin de daha az olacağı ileri sürülmektedir (Judy et al., 1993). Derin penetrasyon özelliği ile hemostaz sağlamada etkilidir. Sürekli konumda çalışıldığında hızlı bir şekilde sıcaklık artışına neden olur. Bu nedenle çalışma sırasında hava ve su ile çalışılan bölgenin soğutulması gerekir.

Diyot lazerin kesme, koagülasyon ve gingival sulkus debridmanı, beyazlatma ve biyostimülasyon uygulamalarında kullanımının yanı sıra son yıllarda antimikrobiyal özellikleri nedeniyle endodontik tedavilerde de kullanılmaktadır. İnce ve esnek fiber uçlarının olması kök kanallarında kullanımını kolaylaştırmaktadır.

Costa Riberio ve ark. (2007) yaptıkları çalışmalarında kök kanallarında Diyet lazer kullanımının ısıl etkileri ve kök kanal duvarlarında oluşturduğu değişiklikleri incelemişlerdir. Örneklere devamlı modda 2.5 W, atımlı modda 1.25 W gücünde Diyet lazer uygulanmıştır. 2.5 W gücünde lazer uygulanan grupta ısı artışı 1.6 ile 8.6 °C arasında değişirken, 1.25 W gücünde lazer uygulanan grupta ısı artışı 1.2 ile 3.3 °C arasında değişmiştir. SEM bulgularına göre kök kanallarının apikal bölgesinde erime ve kaynaşma alanları gözlenmiştir (da Costa Ribeiro et al., 2007). Araştırmacılar çalışmanın sonucunda Diyet lazerin kanallarda kullanımının güvenli olduğunu ve periodontal dokularda ısıl herhangi bir hasar meydana getirmediğini bildirmişlerdir.

Judy ve ark. (1993) yaptıkları bir çalışmada Diyet lazeri ve Nd:YAG lazeri tavşanların yumuşak dokularında ve kemik dokusunda kullanmışlardır. Yapılan çalışmada operasyonu takiben 48 saat, 21 gün ve 35 gün sonra, işlem yapılan dokularda ve komşu dokulardaki pıhtılaşma reaksiyonları ve iyileşme aşamaları incelenmiştir. Araştırmacılar Nd:YAG lazerin Diyet lazerden daha derin dokulara

ulaştığını ve ısısal etkisinin daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda Diyet lazerin kullanımının daha güvenli olduğunu vurgulamışlardır.

Moritz ve ark. (1997b) yaptıkları in vitro bir çalışmada 2, 3 ve 4 W gücünde Diyet lazer uygulayarak lazerin mikroorganizmalar üzerindeki etkinliğini, kök yüzeyindeki ısı artışını ve kök kanal yüzeyindeki morfolojik değişiklikleri incelemişlerdir. 2 ve 3 W gücünde lazer kullanılan gruplarda dentin kanalcıklarının tümüyle kapanmadığını, 4 W gücünde lazer kullanılan örneklerde ise kanal duvarlarındaki dentin kanalcıklarının tamamen kapandığını gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar lazerin kanal içerisinde dairesel hareketlerle ve tüm kanal boyunca apikalden koronale doğru kullanıldığında kök yüzeyinde ısı artışının en fazla 6°C olduğunu bildirmişlerdir.

Schoop ve ark. (2004) yaptıkları bir çalışmada 1 ve 1.5 W gücünde kullanılan Nd:YAG, Diyet ve Er:YAG lazerin *E.coli* ve *E.faecalis* mikroorganizmaları üzerine etkilerini incelemişlerdir. Lazerin 1 W gücünde kullanılmasının *E.faecalis* miktarında çok az değişikliğe neden olduğunu, ışının dozu 1.5 W'a çıkarıldığında tüm lazer sistemlerinin *E.coli* üzerine etkili olduğu, *E.faecalis*'e ise yalnızca Diyet ve Er:YAG lazerin etki edebildiğini gözlemlemişlerdir.

Gutknecht ve ark. (1996) yaptıkları bir çalışmada Diyet lazerin bakterisidal etkinliğini olduğunu ve bakteri eliminasyonunda etkin bir rol oynadığını iddia etmişlerdir.

1.5.2.7. Lazerlerin Endodontideki Kullanım Alanları

Günümüzde lazerler endodontik uygulamalarda geniş bir kullanım alanı bulmuştur.

Bunlar;

- Pulpal kan akımının teşhisi
- Dentin hassasiyetinin tedavisi
- Pulpa kaplaması ve pulpotomi
- Kök kanal duvarlarından smear tabakasının uzaklaştırılması
- Kök kanallarının dezenfeksiyonu
- Kök kanallarının şekillendirilmesi ve doldurulması
- Endodontik cerrahide kullanımı şeklindedir.

Pulpal Kan Akımının Teşhisinde: Pulpanın sağlık durumunun değerlendirilmesi amacıyla mikrovasküler sistemdeki kan akımının belirlenmesinde Lazer Doppler Flowmetry (LDF) kullanılmaktadır. LDF, sıvı içinde hareket eden küçük partiküllerin oluşturduğu Doppler kaymasına duyarlı olan, sıvı hızı ölçüm tekniğidir (Kimura et al., 2000). 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 et al., 1988; Olgart et al., 1988). Bu metot genellikle 1 veya 2 mW gibi düşük çıkış güçlerinde kullanılmaktadır ve literatürde pulpal yaralanmaya neden olan herhangi bir olgudan bahsedilmemektedir.

Dentin Hassasiyetinin Tedavisinde: Araştırmacılar, dentin hassasiyeti tedavisinde kullanılan lazerlerin güvenilir ve tekrarlanabilir düzeyde olduğunu ve başarı oranının %90'a ulaştığını rapor etmektedir (Kimura et al., 2000). Lazerlerin dentin hassasiyetindeki etki mekanizması halen tam olarak bilinmemektedir. Fakat her bir lazer sisteminin farklı çalışma prensibiyle etki ettiği kabul edilmektedir. 830 nm GaAlAs lazerin C lifi afferentlerin depolarizasyonunu bloke ederek ağrıyı baskıladığı ve etkinliğinin %80 oranında olduğu (Wakabayashi et al., 1993) rapor edilse de 904 nm GaAlAs lazerin analjezik etkisine rağmen tüm etki mekanizması halen bilinmemektedir (Mezawa et al., 1988). CO₂ lazerin ise orta seviyede kullanımı sonucunda dentin tübüllerini tıkayarak geçirgenliğini azalttığı bildirilmiştir (Bonin et al., 1991).

Pulpa Kaplaması ve Pulpotomide: Lazerler direkt pulpa kaplaması uygulamalarında hemoraji ve sterilizasyonu temin etmede kullanılmaktadır. Direkt pulpa kaplaması tedavilerinde CO₂, Nd:YAG, Argon, yarı iletken Diyot ve Er:YAG lazerler uygulanabilmektedir.

Pulpatomide pulpa manipulasyonu, kanamayı durdurmak ve hücre uyarımları için lazerler kullanılabilir. En çok kullanılması önerilen lazer tipi CO₂ lazerlerdir. Bu lazerler genelde 1-4 W arasında kullanılır. Dabrowska ve ark., (1997) lazerin biyostimülasyon etkisi nedeni ile pulpotomide He-Ne ve düşük enerjili yarı iletken Diyot lazeri, CO₂ lazerlere alternatif olarak kullanılabilecek lazer tipleri olarak bildirmişlerdir.

İlk kez Melcer ve ark. (1982) tarafından köpek pulpası üzerinde kullanılan CO₂ lazerin ekspoze pulpa dokusunda hemostazisi sağladığını bildirmişlerdir. Moritz ve ark. (1998) insanlar üzerinde CO₂ lazerin direkt pulpa kaplamasında yardımcı olduğunu savunmaktadırlar. CO₂ lazer uygulanması ile kanamanın durduğunu ve ortamın mikroorganizmalardan arındığını bildirmişlerdir. % 8'lik NaOCl ve %3'lük hidrojen peroksit ile kavitenin yıkanmasından sonra 1 ya da 2 W şiddetinde lazer uygulamasını ve ardından kalsiyum hidroksit uygulamasını önermişlerdir. Lazerle yapılan direkt pulpa kaplaması uygulamalarında kanamanın kontrolü, bölgenin karbonizasyonu, pulpa hücrelerinin uyarılması ve sterilizasyonu sağlanılarak %89 başarı elde edildiğini ileri sürmüşlerdir. Bu araştırmacılar direkt pulpa kaplamasında kalsiyum hidroksit ve CO₂ lazer grubunda %93, sadece kalsiyum hidroksit uygulanan grupta ise %66.6 oranında başarılı tedavi sonuçları bildirmişlerdir.

Geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında Er:YAG lazer uygulaması sonrasında görülen tersiyer dentinin, daha erken ve sık oluştuğu bildirilmiştir. Er:YAG uygulanan dişlerdeki erken sinir hücresi iyileşmesinin, uygulama sonrası oluşan düşük seviyeli pulpal hasarların tamirini sağladığı düşünülmektedir (Nair et al., 2003).

Kök Kanal Duvarlarından Smear Tabakasının Uzaklaştırılması: Kök kanal duvarlarındaki smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla da lazerlerin kullanılabileceği bildirilmiştir (Takeda et al., 1998b). Bu amaçla yapılan araştırmalarda CO₂, Nd:YAG, Argon, Diyot, Er,Cr:YSGG ve Er:YAG lazerler kullanılmıştır (Kimura et al., 2000; Takeda et al., 1998b). Lazerlerin kök kanallarına uygulanması esnasında kök kanalındaki iç ısının artması, periodontal dokularda oluşabilecek değişikliklerle beraber doku hasarı, (Wang et al., 2005) kök rezorbsiyonları ve etkilenen dişlerde ankilozların (Bahcall et al., 1992) meydana gelebilmesi gibi durumlar da ortaya çıkabilir. Bu lazerlerin kök kanalında uygulanması esnasında bazı lazer parametrelerinin kullanılması gerektiği bildirilmiştir (Perry et al., 1997). Harashima ve ark. (1997) lazerlerin uygun parametrelerde kullanılması durumunda sağlıklı periodontal dokular etrafında herhangi bir termal hasar oluşmayacağını bildirmişlerdir. Takeda ve ark. (1998b) smear tabakasının uzaklaştırılması üzerine yaptıkları çalışmalarında 100 mJ enerjili

Er:YAG lazer ile 200 mJ enerjili Nd:YAG lazer ve 50 mJ enerjili Argon lazerleri kıyaslamışlar ve Er:YAG lazerlerin daha etkili olduğunu rapor etmişlerdir.

Kök Kanallarının Sterilizasyonu: Literatürde; CO₂ (Zakariasen et al., 1986) ve Nd:YAG lazerlerin (Fegan ve Steiman, 1995; Rooney et al., 1994) kök kanallarının sterilizasyonunda etkinliklerinin incelendiği birçok çalışma yapılmıştır. Nd:YAG lazerler sahip oldukları ince fiber optik uçlarından dolayı dar kanallarda daha rahat uygulanabildikleri için yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat XeCl lazer (308 nm) (Stabholz et al., 2001), Er:YAG lazer (2.64 mm) (Dostalova et al., 1996), Diyot lazer (810 nm) (Moritz et al., 1997b) ve Nd:YAP lazer (1.34 mm) (Blum ve Abadie, 1997) gibi bazı lazer sistemleri de bu amaçla kullanılabilir. Lazer sistemlerinin güçlü bakterisidal etkiye sahip olduğu ve lazer enerjisinin ince bir uç veya hollow tüpü yardımıyla kök kanal sistemine aktarılarak kanalların dezenfeksiyonunda kullanılabilmesi belirtilmiştir (Stabholz et al., 2003). Hardee ve ark. (1994) lazerin kullanımı sırasında oluşan dumanın hasta ve hekimin bakteriyel kontaminasyonuna sebep olabileceğine dikkat çekmişlerdir. Bu etkiden korunmak için vakumlu aspirasyon sistemlerinin kullanımı önerilmiştir (McKinley ve Ludlow, 1994). Kök kanallarının sterilizasyonunda karşılaşılabilecek bir diğer sorun da periapikal dokular üzerinde termal hasarın meydana gelebilme olasılığıdır. Bu durumun oluşmaması veya oluşabilecek hasarın en aza düşürülmesi için lazerlerin uygun parametrelerde kullanılması gerekmektedir.

Kök Kanallarının Şekillendirilmesi ve Doldurulması: Endodontik tedavi basamaklarının önemli aşamalarından birisi de kök kanallarının şekillendirilmesi ve doldurulması işlemidir. Lazerlerin bu işlem basamaklarında da kullanılabilmesi bildirilmiştir. Yapılan bir çalışmada Er:YAG lazer kullanılarak kök kanallarının şekillendirildiği örneklerde geleneksel yöntemle şekillendirilen örneklere göre daha düzgün ve temiz duvarların elde edildiği bildirilmiştir (Takeda et al., 1998a). Benzer sonuçların Nd:YAG lazer kullanarak da elde edilebileceği gösterilmiştir (Levy, 1992).

Kök kanallarının doldurulması esnasında kullanılan rezinlerin fotopolimerizasyonu için 477 ve 488 nm dalga boyundaki Ar lazerlerin kullanılabilmesi rapor edilmiştir (Potts ve Petrou, 1990). Ar, CO₂, ve Nd:YAG lazerler gutta-perkanın yumuşatılması amacıyla da kullanılmıştır (Anic et al., 1995).

Endodontik Cerrahide Kullanımı: Cerrahi uygulamalar esnasında lazerlerin küçük kan damarlarını tıkaması, koagülasyonu sağlaması ve uygulanan bölgede dezenfeksiyonu temin etmesi endodontik cerrahide kullanım alanı oluşturmuştur (Kimura et al., 2000). Er:YAG lazerler mekanik drillere göre dental dokularda minimal termal ve yapısal hasar meydana getirirler. CO₂ ve Nd:YAG lazerlerin de kök ucu rezeksiyonu, retrograd endodontik kavite hazırlanması ve periapikal küretaj amacıyla kullanılabilmesi belirtilmiştir (Stabholz et al., 2003). CO₂ lazerler (Miserendino, 1988) sekonder apikal apselerin tedavisinde kullanılmaktadır. Lazerlerin apikal cerrahide kullanımının iyileşme süreci açısından herhangi bir farklılık oluşturmadığı bildirilmiştir (Bader ve Lejeune, 1998). Retrograd kavite preparasyonu esnasında kullanılan Er:YAG lazerlerin ultrasonik uçla yapılan preparasyonlara göre daha az zaman gerektirdiği rapor edilmiştir (Kimura et al., 2000).

Diğer Uygulama Alanları: Kalsifiye dentikellerin uzaklaştırılmasında 540 nm dalga boyundaki atımlı Dye lazerin kullanılabilmesi bildirilmiştir (Rocca et al., 1994). Kök kırıklarının tedavisi amacıyla CO₂ ve Nd:YAG lazerler kullanılmıştır (Arakawa et al., 1996). Ar, CO₂ ve Nd:YAG lazerlerin de dental aletlerin sterilizasyonu amacıyla kullanılabilmesi bildirilmiştir (Powell ve Whisenant, 1991).

Diş hekimliğinde ve endodontide değişik tiplerde lazer sistemleri kullanılmaktadır. Fakat potansiyel etkilerinin önceden bilinerek kullanılmasında yarar vardır.

1.5.3. Kök Kanal İrrigasyon Sistemleri

Günümüzde irrigasyon esnasında yıkamaya yardımcı olması için ardışık düzenli basınç oluşturarak çalışan cihazlar geliştirilmiştir ve bu şekilde çalışan RinsEndo® (Duerr –Dental, Bittigheim-Bissingen, Almanya) ve EndoVac olmak üzere iki sistem mevcuttur.

EndoVac® sistemi endodontik irrigasyon yöntemlerinden en son gelişim gösteren sistemlerden birisidir. Bu sistem sayesinde kanaldaki, tüm çalışma aralığının sürekli gelen sıvı yardımı ile yıkanması sağlanır. EndoVac irrigasyon

sistemi, apikalde negatif basınç oluşturarak kanal içi sıvısının apikal yoldan aspirasyonunu sağlar.

EndoVac® set sistemi içeriğinde HiVac adaptör hortum seti, başlık ve kanül set (mikro kanül-makro kanül), 20 cc'lik ve 3 cc'lik şırınga bulunmaktadır. Sistemin çalışma prensibi şu şekildedir; iletim/boşaltma ucu irrigasyon şiringasına takılmaktadır ve bu kısım dental ünite ait emme başlığı ile küçük bir tüpe (T connector) takılarak birleştirilmektedir. İletim/boşaltma ucu giriş kavitesine yerleştirilmektedir. Bu parça bir taraftan irrigasyon solusyonunu giriş kavitesinin içine boşaltırken diğer taraftan irrigasyon solusyonunu tahliye etmektedir. Mikro kanül veya makro kanül küçük bir tüp ile emme hortumuna takılmaktadır. Makro kanül; irrigasyon solusyonunun kök kanalının koronal kısmından, mikro kanül ise çalışma boyunda tahliyesinin gerçekleştirilmesinde kullanılmaktadır. Makro kanül ISO (International Organization for Standardization) standartlarına göre boyutu 55 ve ucu açık olarak dizayn edilmiştir ve titanyum başlığa takılarak kullanılmaktadır. Mikro kanül ise ISO standartlarına göre boyutu 32'dir ve 12 adet lateral olarak pozisyonlandırılmış yuvarlak açıklıklara sahiptir.

Üretici firma tarafından irrigasyon solusyonunun kanal içindeki döngüsüyle kök kanalındaki dezenfeksiyonda ve smear tabasının kaldırılmasında öncülük ettiği savunulmaktadır. EndoVac sisteminin, kök kanalında irrigasyon solusyonunun yüksek hızlı akışını sağladığı ve çalışma boyundan 1 mm kısa mesafede şırınga iğnesi ile manuel irrigasyona göre debrisleri daha iyi uzaklaştırdığı rapor edilmiştir (Nielsen ve Craig Baumgartner, 2007). Shin ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmalarında kök kanallarından debrisin uzaklaştırılmasında EndoVac irrigasyon sisteminin 24- veya 30-gauge'luk irrigasyon iğnesine göre daha etkin olduğunu rapor etmişlerdir. Howard ve ark. (2011) farklı irrigasyon sistemlerinin kök kanallarındaki debris uzaklaştırma etkinliklerini araştırdıkları çalışmalarında EndoVac irrigasyon sisteminin kök kanallarındaki debris önemli düzeyde uzaklaştırdığını rapor etmişlerdir. Miranda ve ark. (2012) EndoVac irrigasyon sisteminin yalnız başına veya fotodinamik tedaviye ilave olarak kullanıldığında kök kanallarındaki *E.faecalis* oranını düşürdüğünü rapor etmişlerdir. Yapılan bir çalışmada EndoVac irrigasyon sisteminin solusyonun apikal bölgeden daha az çıkmasını sağlayarak NaOCl kazalarının oluşma riskini azalttığı bildirilmiştir (Desai ve Himel, 2009).

Bu çalışmanın amacı geleneksel şıringa metodu, EndoVac, PUI, Diyet, Nd:YAG, Er:YAG lazer ve PIPS tekniği ile aktive edilen irrigasyon solüsyonlarının; smear tabaka, dentin debrisi uzaklaştırma, dentin içeriğine ve bağlanma dayanımına (push-out) etkisinin karşılaştırmalı olarak incelenmesidir.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Örneklerin Hazırlanması

Bu çalışmada; çürük içermeyen tek kök ve kanallı, daimi 112 adet üst santral ve 80 adet kanin insan dişi kullanıldı. Çekilen dişler, deneyde kullanılacakları zamana kadar oda sıcaklığında % 0.2'lik timol solüsyonunda saklandı. Dişlerin kök yüzeyleri üzerinde bulunan bütün doku artıkları, debrisler ve kalsifik birikintiler kretuar yardımıyla temizlenerek pomza ile fırçalandı.

Kök kanallarının bütünlüğünü ve kök kanalında ilerlemeyi önleyen bir kalsifikasyon varlığını belirlemek için dişlerden radyograf alındı. Geniş kök kanal morfolojisine sahip olan ve kanalları tıkalı olan dişler çalışmaya dahil edilmedi.

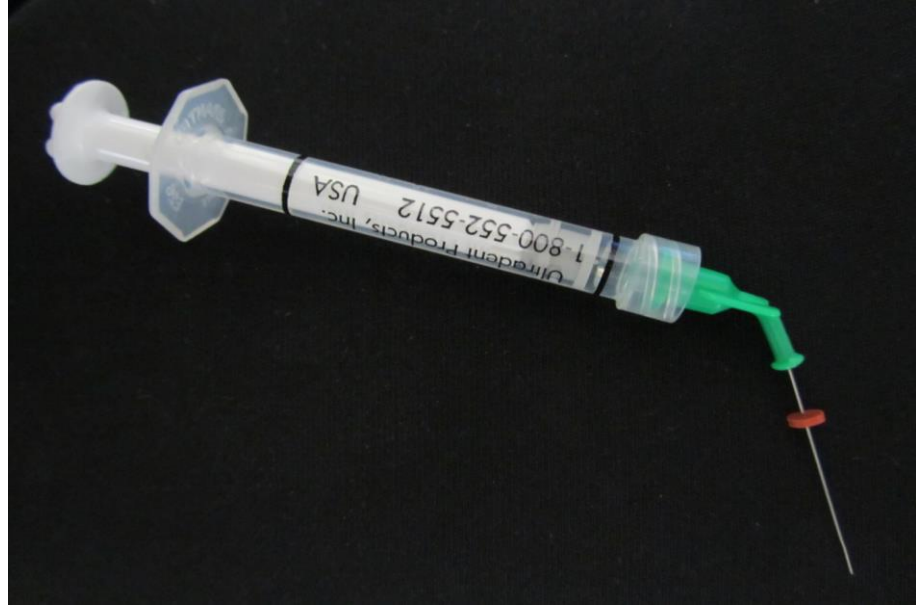
2.2 Smear Uzaklaştırma ve SEM-EDX Analizi

Çalışmanın bu kısmında kullanılmak üzere yukarıda belirtildiği gibi 80 adet üst santral diş, kök boyları eşit olacak şekilde (15 ± 1 mm), kron kısımları ince bir elmas separe (Isomet, Buehler, Lake Bluff, IL) yardımıyla uzaklaştırıldı.

2.2.1 Kök Kanallarının Preparasyonu

15 nolu K tipi kanal eğesi (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) dişlerin apikal foramenlerinde görüldükten sonra 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, debrislerin kök ucundan çıkışının önlenmesi ve kapalı bir sistem oluşturmak amacıyla yumuşak mum ile kapatıldı (Tay et al. 2010). Dişlerde ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) döner alet sistemi ile genişletme yapıldı. Preparasyona S1 eğesinin çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde kullanılmasıyla başlandı. Ardından SX eğesinin, dirençle karşılaşılan noktaya kadar

kullanılmasını takiben S1 ve S2 eğeleri çalışma boyunca, kanalın koronal 2/3'lük kısmını şekillendirmek için kullanıldı. Apikal 1/3'lük kısmın şekillendirilmesi için sırasıyla F1, F2, F3 ve son olarak F4 (40/0.6) eğesi kullanıldı. Kök kanallarının genişletilmesi esnasında her alet değişiminden sonra ve preparasyonu takiben kök kanalları 30 gauge'luk (NaviTip; Ultradent, South Jordan, UT) endodontik irrigasyon iğnesi ile (Şekil 2.1) çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde 1 ml % 2.5'luk NaOCl solüsyonu ile yıkandı.



Şekil 2.1. Çalışmamızda kullanılan 30 gauge'luk endodontik irrigasyon iğnesi

Preparasyonun tamamlanmasını takiben tüm örnekler her bir grupta 10 adet olacak şekilde rastgele 8 farklı gruba ayrıldı ve kontrol grubunda distile su diğer deneysel gruplarda %2.5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA irrigasyon solüsyonları, kullanılacak yonteme göre belirtildiği şekilde aktive edildi ve final irrigasyon tamamlandı (Çizelge 2.1).

Grup 1: Kontrol grubu olarak belirlendi. Kök kanal preparasyonunu takiben kök kanallarına 30 gauge'luk endodontik irrigasyon iğnesiyle ile apikal foramen 1 mm kısa olacak şekilde apikal kısımda 4 mm boyunca yavaşça ileri ve geri hareketlerle 80 saniye boyunca 6 ml distile su uygulandı.

Çizelge 2.1 İrrigasyon prosedürlerine ait çizelge

	İrrigasyon 20 sn- 3ml	Aktivasyon	İrrigasyon 20 sn- 3ml	Aktivasyon süresi	Toplam İrrigasyon Süresi	Parametreler
Kontrol	Distile Su	–	Distile Su	–	80sn	–
Manuel İrrigasyon	%2.5 NaOCl	–	%17 EDTA	–	80sn	–
PUI	%2.5 NaOCl	20 sn	%17 EDTA	20sn	80sn	½
ANP	%2.5 NaOCl	20 sn	%17 EDTA	20sn	80sn	–
DİYOT	%2.5 NaOCl	20 sn	%17 EDTA	20sn	80sn	1.2 W
Nd:YAG	%2.5 NaOCl	20 sn	%17 EDTA	20sn	80sn	1.5 W, 100 mJ, 15 Hz
Er:YAG	%2.5 NaOCl	20 sn	%17 EDTA	20sn	80sn	0.5 W, 50 mJ, 10 Hz
PIPS	%2.5 NaOCl	20 sn	%17 EDTA	20sn	80sn	0.3 W, 20 mJ, 15 Hz

Grup 2: Kök kanalları Grup 1’de olduğu gibi 40’ar saniye boyunca 3 ml %2.5’luk NaOCl solüsyonu ve takibinde 3 ml % 17’lik EDTA ile irrigate edildi.

Grup 3: Her bir irrigasyon solüsyonu kök kanallarına Grup 1’de olduğu gibi apikal foramenden 1 mm kısa olacak şekilde toplamda 20’şer saniye boyunca uygulandı. İrrigasyon solüsyonları 5’er saniyelik yıkama işlemleri arasında ve en sonunda kesmeyen paslanmaz çelik ultrasonik ucun (Endosoft ESI; EMS, Nyon, Switzerland) (Şekil 2.2) takıldığı ultrasonik sistemle (Minipiezon; EMS, Milano, Italy) (Şekil 2.3) güç ayarları ½ olacak şekilde aktive edildi.

Grup 4: Her bir irrigasyon solüsyonu kök kanallarına Grup 1’de olduğu gibi apikal foramenden 1 mm kısa olacak şekilde toplamda 20’şer saniye boyunca uygulandı. Her iki irrigasyon solüsyonu için 20 saniye boyunca EndoVac sistemine (Şekil 2.4) ait mikrokanül (Şekil 2.5) ile 6 saniyede bir ileri-geri hareket ettirilerek çalışma boyunca apikalde negatif basınçla irrigasyon tamamlandı.

Grup 5: Her bir irrigasyon solüsyonu kök kanallarına Grup 3’teki gibi uygulandı ve 5’er saniyelik yıkama işlemleri arasında ve sonrasında 5’er saniye boyunca 810 nm dalga boyuna sahip Diyot Lazer’e (Şekil 2.6) takılan (Cheese™, Gigaa, China) 300 µm’lik fiber optik uç (Şekil 2.7) yardımıyla aktive edildi. Lazer cihazı üretici firmanın endodontik tedavide tavsiye ettiği parametre olan çıkış gücü 1.2 W olacak şekilde ayarlandı.



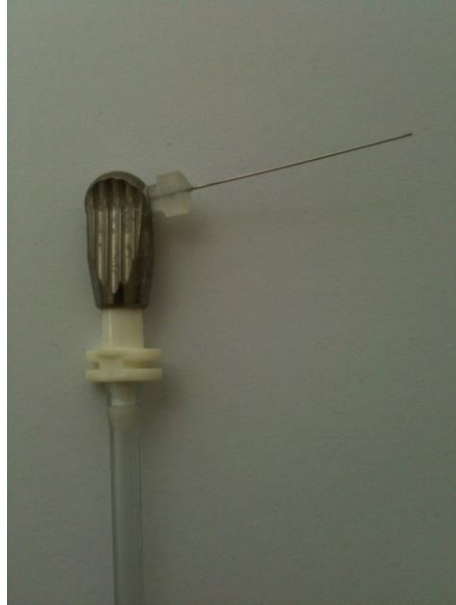
Şekil 2.2. Çalışmamızda kullanılan paslanmaz çelik ultrasonik uç



Şekil 2.3. Çalışmamızda kullanılan ultrasonik sistem



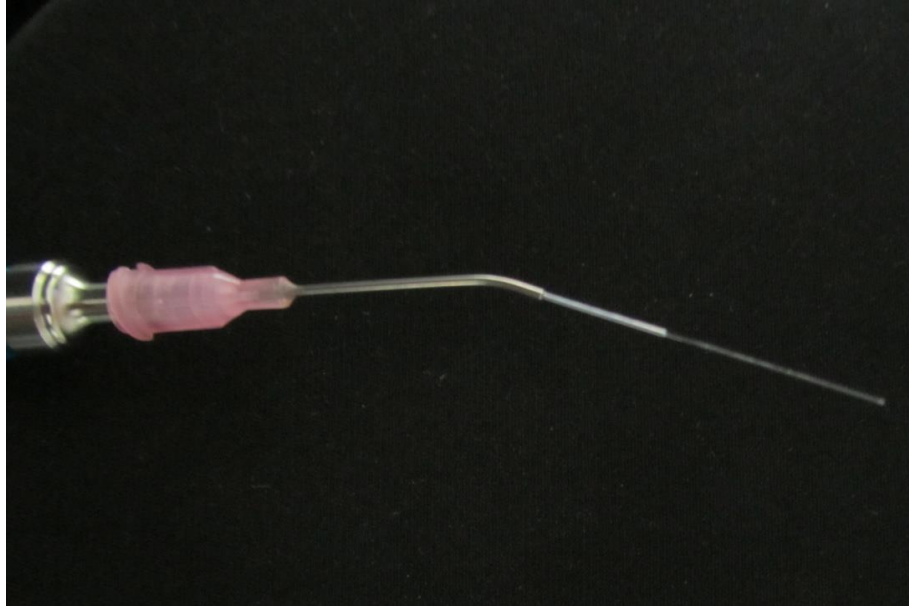
Şekil 2.4. EndoVac irrigasyon sistemi



Şekil 2.5. EndoVac irrigasyon sistemine ait mikrokanül



Şekil 2.6. Çalışmamızda kullanılan Diyet Lazer



Şekil 2.7. Diyet Lazer'e ait 300 µm'lik fiber optik uç

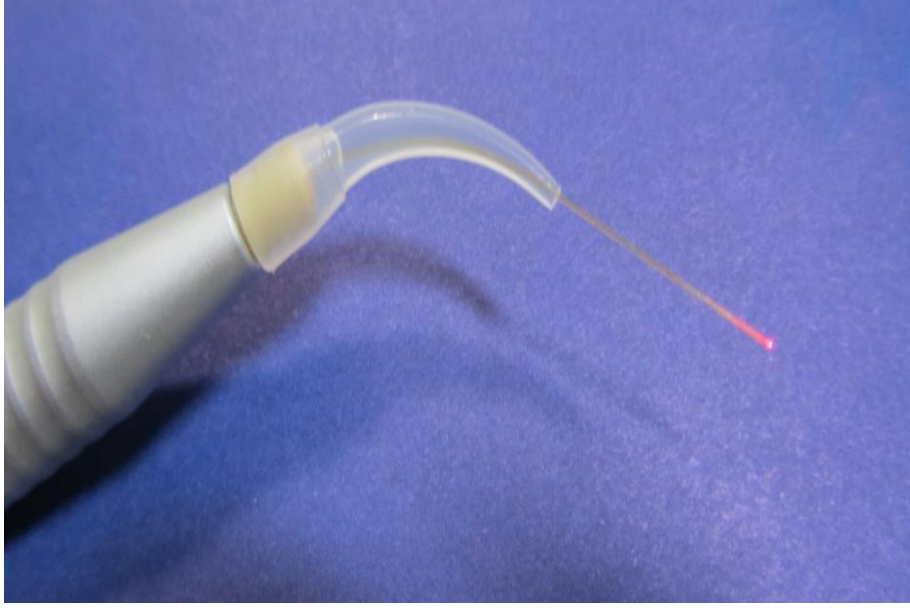
Grup 6: Her bir irrigasyon solüsyonu kök kanallarına Grup 3'teki gibi uygulandı ve 5'er saniyelik yıkama işlemleri arasında ve sonrasında 5'er saniye boyunca 1064 nm dalga boyuna sahip Nd:YAG (Fidelis, Fotona, Ljubljana-Slovenia) (Şekil 2.8) Lazer'e takılan 300 µm'lik fiber optik uç (Şekil 2.9) yardımıyla aktive

edildi. Lazer cihazı üretici firmanın endodontik tedavide tavsiye ettiği parametreler olan 1.5 W enerji; 100 mJ atım hızı; 15 Hz frekans hızına (Şekil 2.10) ayarlandı. Işınlama boyunca optik fiber uç; kesintisiz dairesel hareketlerle apikal foramenden kanal ağzına doğru hareket ettirilerek uygulandı.

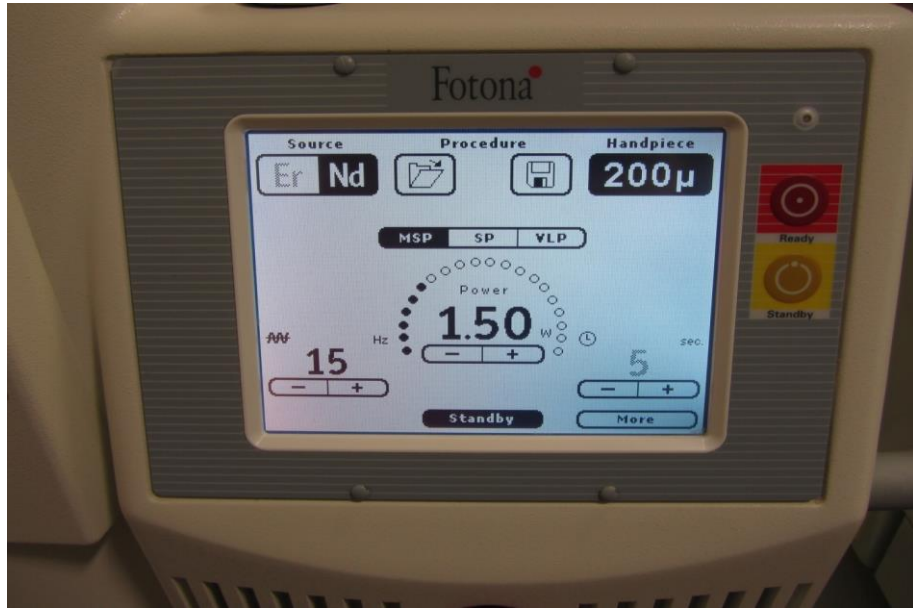


Şekil 2.8. Çalışmamızda kullanılan Nd:YAG ve Er:YAG Lazer

Grup 7: Her bir irrigasyon solüsyonu kök kanallarına Grup 3'teki gibi uygulandı ve 5'er saniyelik yıkama işlemleri arasında ve sonrasında 5'er saniye boyunca 2940 nm dalga boyuna sahip Er:YAG Lazer'e (Fidelis; Fotona, Ljubljana, Slovenia) (Şekil 2.8) takılan 300 µm'lik fiber optik uç (Şekil 2.11) yardımıyla aktive edildi. Lazer cihazı üretici firmanın endodontik tedavide tavsiye ettiği parametreler olan; çıkış gücü 0.5 W, 50 mJ atım hızı ve 10 Hz frekans hızı şeklinde ayarlandı (Şekil 2.12). Işınlama boyunca optik fiber uç kesintisiz dairesel hareketlerle apikal foramenden kanal ağzına doğru hareket ettirilerek uygulandı.



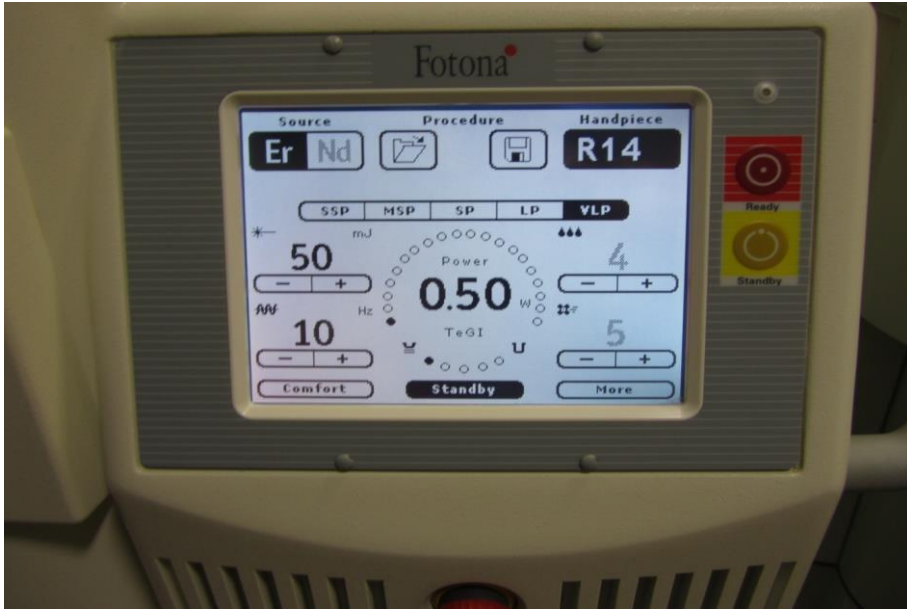
Şekil 2.9. Nd:YAG Lazer'e ait 300 µm'lik fiber optik uç



Şekil 2.10. Çalışmamızda kullanılan Nd:YAG Lazer'e ait parametreler



Şekil 2.11. Er:YAG Lazer'e ait 300 µm'lik fiber optik uç



Şekil 2.12. Çalışmamızda kullanılan Er:YAG Lazer'e ait parametreler

Grup 8: Her bir irrigasyon solüsyonu kök kanallarına Grup 3'teki gibi uygulandı ve 5'er saniyelik yıkama işlemleri arasında ve sonrasında 5'er saniye boyunca Er:YAG Lazer'e (LightWalker, Fotona, Ljubljana-Slovenia) (Şekil 2.13) takılan 300 µm'lik fiber optik uç (PIPS) yardımıyla (Şekil 2.14) aktive edilerek uygulandı. Lazer cihazı üretici firmanın endodontik tedavide tavsiye ettiği

parametreler olan; 0.3 W, 20 mJ atım hızı; 15 Hz şeklinde ayarlandı. Işınlama boyunca optik fiber kök kanalının koronal kısmına yerleştirildi.



Şekil 2.13. PIPS sistemi ile beraber kullanılan Er:YAG Lazer



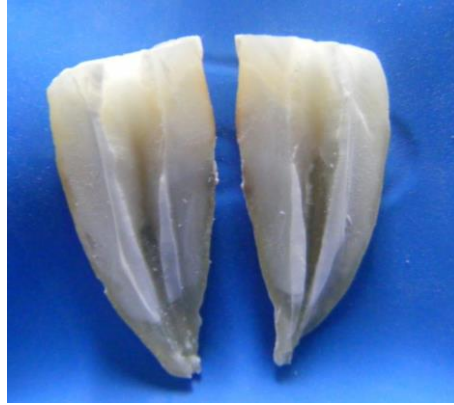
Şekil 2.14. Er:YAG Lazer'e ait 300 µm'lik PIPS fiber optik uç

Tüm gruplarda irrigasyon işlemi toplamda 6 ml ve 80 saniye olacak şekilde gerçekleştirildi. Irrigasyon işlemlerini takiben 3 ml steril distile su endodontik

irrigasyon iğnesi ile uygulandı ve kök kanalları steril kağıt konularla (Meta Dental Co., Ltd., Korea) kurulandı.

2.2.2. Örnek Kesitlerin Hazırlanması

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 2.15).



Şekil 2.15. İki parçaya ayrılan diş örneği

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.

2.2.3. SEM Cihazı İçin Örneklerin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi

SEM incelemesinin yapılması için kurutma işlemi takiben Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Proje Birimi bünyesinde yer alan kaplama cihazı (Balzers-SCd 050, Germany) (Şekil 2.16) kullanılarak her örnek 300 Å kalınlığında altın-palladyum tabaka ile kaplandı (Şekil 2.17).

Hazırlanan örnekler, kök kanal yüzeyinden smear tabakasının kaldırılma derecesini tespit etmek amacıyla Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Proje Birimi bünyesinde bulunan SEM cihazı (JSM-5600LV, JEOL, Tokyo, Japan) ile 20 kV'da incelendi (Şekil 2.18).



Şekil 2.16. Sputter cihazı (Altın-palladyum kaplama cihazı)

Her grup için kökün koronal, orta ve apikal bölgelerinden X500, X1000, X1500 ve X2500 büyütmede görüntüler alındı. Alınan fotoğraflar smear tabakasının varlığı açısından değerlendirildi.

Skorlama Takeda ve arkadaşlarının (1998b) önerdiği şekilde yapıldı;

Skor 0: Smear tabakası yok, dentin tübülleri tamamen açık (Şekil 2.19).

Skor 1: Azalmış smear tabakası var. Dentin tübüllerinin ana hatları görünür düzeyde (Şekil 2.20).

Skor 2: Yüzeylerde ince bir smear tabakası var. Dentin tübüllerinin ana hatları görünmüyor (Şekil 2.21).

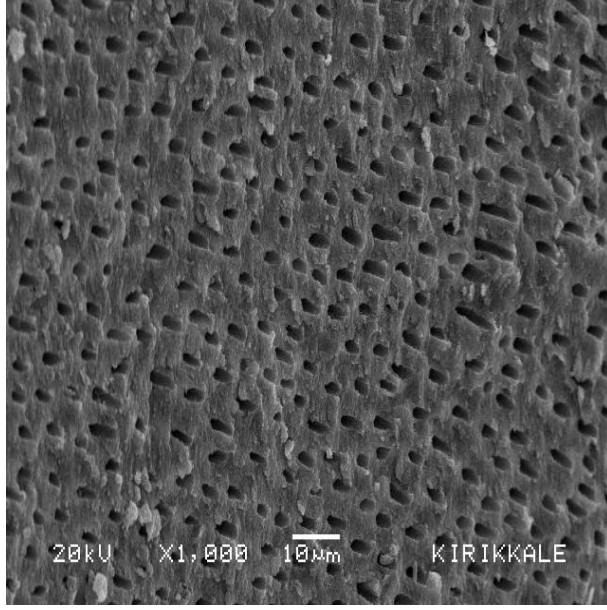
Skor 3: Yoğun smear tabakası var. Dentin tübüllerinin sınırları hiç görünmüyor (Şekil 2.22).



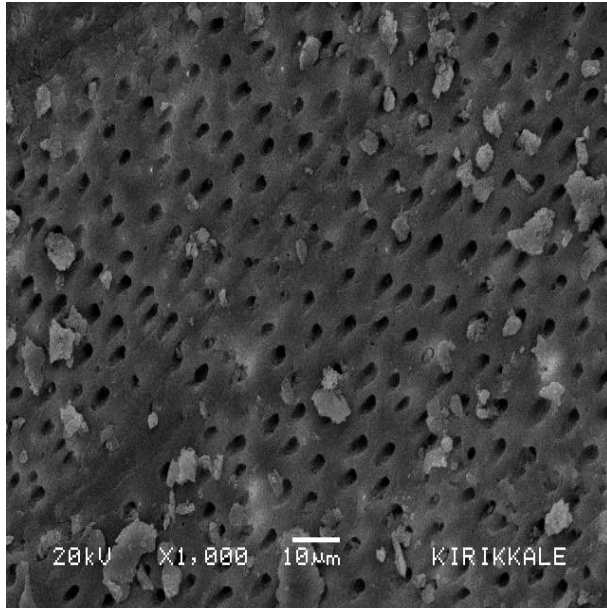
Şekil 2.17. Altın-palladyum kaplanan diş örnekleri



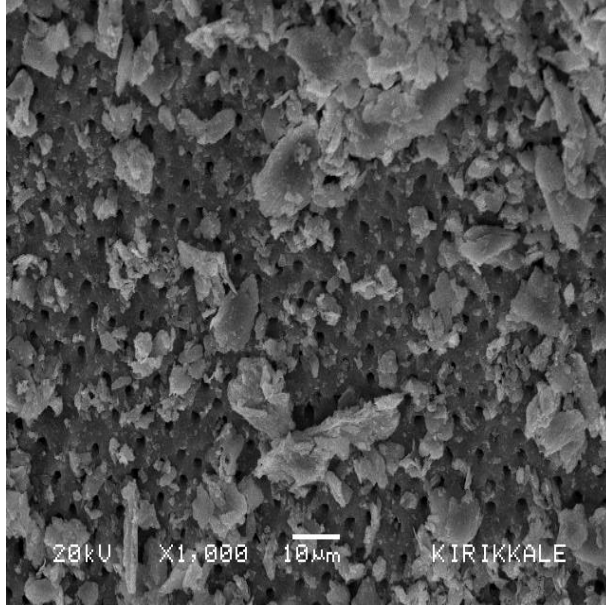
Şekil 2.18. Çalışmamızda kullanılan SEM cihazı



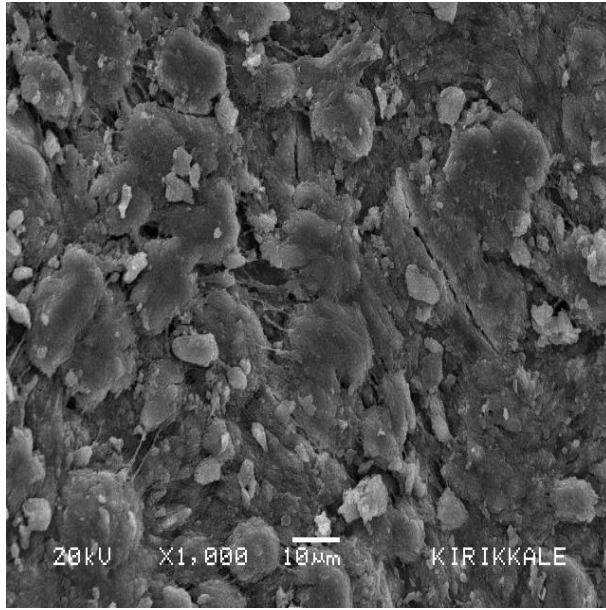
Şekil 2.19. Skor 0



Şekil 2.20. Skor 1



Şekil 2.21. Skor 2



Şekil 2.22. Skor 3

Değerlendirmeler, örneklerde hangi irrigasyon prosedürünün kullanıldığı bilinmeden iki farklı araştırmacı tarafından birer hafta aralıklarla üç kez yapıldı.

2.2.4 SEM-EDX Analizi

Her bir diş örneğinin koronal, orta ve apikal kısımlarının X500 magnifikasyondaki alınan görüntüleri üzerinde magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), fosfor (P) ve Ca/P ölçümleri SEM cihazına bağlı olan EDX (Energy Dispersive x-ray Spectrometry, 500 Digital Processing; IXRF Systems, Houston, TX, USA) mikroanaliz cihazı kullanılarak analiz edildi ve elde edilen veriler kaydedildi (Şekil 2.23).



Şekil 2.23. EDX mikroanaliz cihazı

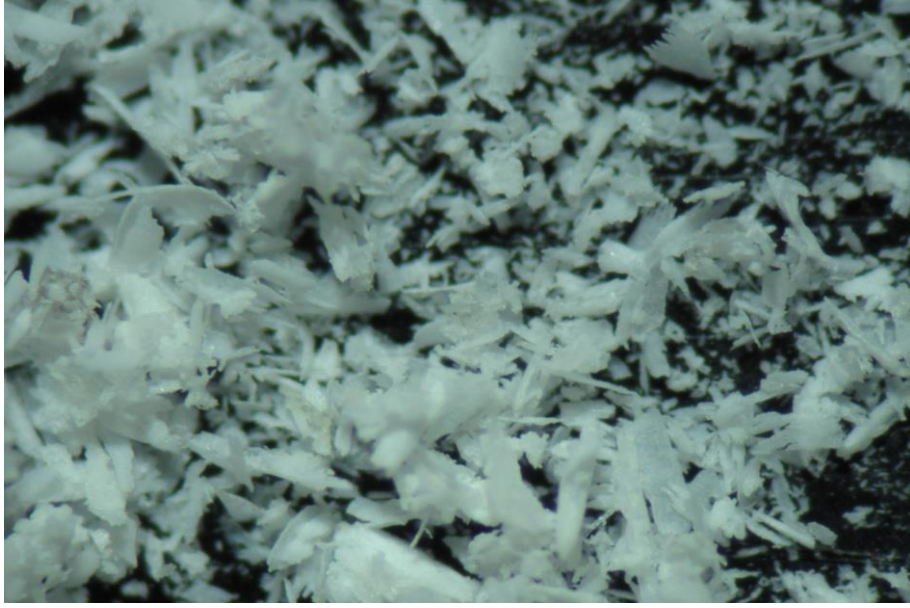
2.3 Dentin Debrisi Uzaklaştırma Etkinliği

Bu çalışmada Lee ve ark. (2004) tarafından tanımlanan deneysel kök kanal modeli kullanılmıştır. Çalışma için 80 adet düz köklü üst çene kanin diş seçildi. Dişlerin kök boyları eşit olacak şekilde (19 mm), kron kısımları ince bir elmas separe (Isomet, Buehler, Lake Bluff, IL) yardımıyla uzaklaştırıldı. Tüm örneklerde koronal 3 mm'lik kısımda çapı 2.3 mm olan rond frezle (Dentsply, Maillefer) pulpa odasını taklit eden bir yuva hazırlandı (Şekil 2.24).



Şekil 2.24. Dentin Debrisi Uzaklaştırma Etkinliğinin Değerlendirildiği Örnekler

Kök kanallarının genişletilmesinde ve irrigasyonunda smear uzaklaştırma etkinliğinin araştırıldığı kısımda uygulanan prosedürler uygulandı. Kök kanallarının genişletilmesini takiben 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 kökler longitudinal olarak meziodistal yönde ikiye ayrıldı. Kök kanal duvarının apikal 2 ve 6 mm arasında 4 mm uzunluk 0.2 mm genişlik ve 0.5 mm derinlikte standart oluklar açıldı. Her bir oluk kök kanal preparasyonu sırasında enstrümanla edilmeyen kanal uzantılarından elde edilen dentin debrisinin (Şekil 2.25) 5 dk. boyunca %2'lik NaOCl ile karıştırılmasıyla elde edilen karışımla dolduruldu. Irrigasyon prosedürlerine başlamadan önce yerleştirilen debris miktarları oluklardan X40 magnifikasyonla dijital kamera (Stemi 2000-C; Carl Zeiss, Göttingen, Germany) (Şekil 2.26) ile alınan görüntüler bilgisayara kaydedildi. Ayrılmış olan kökler Moor ve ark. (2009) tarafından tanımlanan yöntemle göre anterior rubber dam klamp ve silikon ölçü materyali (Optosil® Comfort /Xantopren VL Plus®, Heraeus Kulzer, Hanau, Germany) kullanılarak tekrar birleştirildi (Şekil 2.27). Dişler 8 gruba ayrılarak SEM analizinde uygulanan irrigasyon aktivasyon prosedürleri aynı sırayla uygulandı.



Şekil 2.25. Kanal Uzantılarından Elde Edilen Dentin Debrisi



Şekil 2.26. Çalışmamızda Kullanılan Dijital Kamera



Şekil 2.27. Tekrar Birleştirilen Diş Örnekleri

2.3.1 Dentin Debrisi Uzaklaştırma Etkinliğinin Değerlendirilmesi

Değerlendirmeler, iki farklı araştırmacı tarafından ve örneklerde hangi irrigasyon prosedürünün kullanıldığı bilinmeden aşağıdaki skorlama yöntemine göre yapıldı;

Skor 0: Oluk boş (Şekil 2.28).

Skor 1: Oluğun yarısından daha az bir kısmı dentin debris ile dolu (Şekil 2.29).

Skor 2: Oluğun yarısından daha fazla kısmı dentin debris ile dolu (Şekil 2.30).

Skor 3: Oluk tamamen dentin debris ile dolu (Şekil 2.31).

Elde edilen veriler kaydedildi.



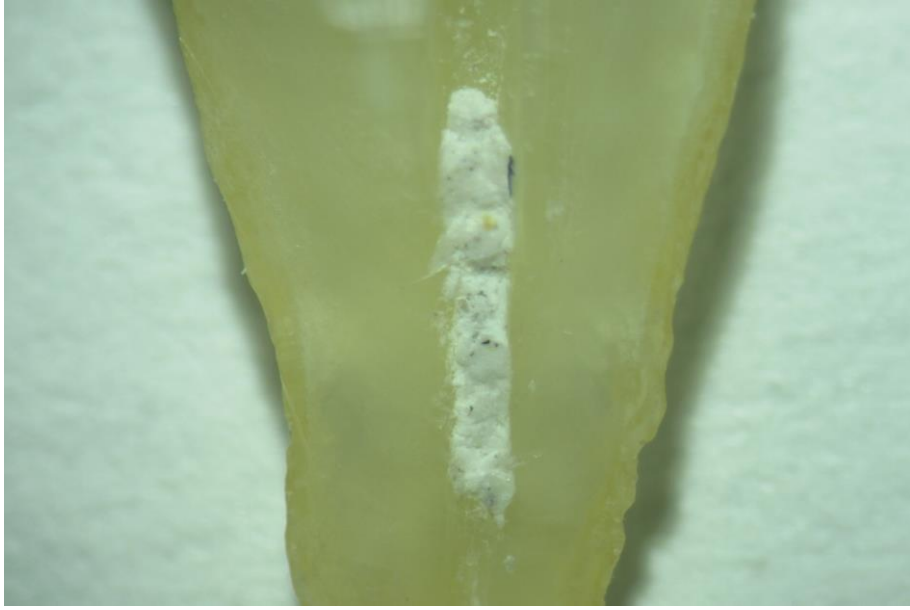
Şekil 2.28. Skor 0: Oluk boş



Şekil 2.29. Skor 1: Olukun yarısından daha az bir kısmı dentin debris ile dolu



Şekil 2.30. Skor 2: Oluğun yarısından daha fazla kısmı dentin debris ile dolu



Şekil 2.31. Skor 3: Oluk tamamen dentin debris ile dolu

2.4 Push Out Bağlanma Dayanımı Testi

Çalışmamızın bu kısmında 32 adet üst santral diş kullanıldı. Bu dişlerin kron kısımları apikal kısımdan itibaren 16 mm uzunlukta olacak şekilde ince bir elmas separe yardımıyla uzaklaştırıldı. Kök kanallarının genişletilmesinde ve irrigasyonunda smear uzaklaştırma etkinliğinin araştırıldığı kısımda uygulanan prosedürler uygulandı. Kanallar AH plus (Dentsply, Detrey, GmbH, Germany) kök kanal dolgu patı ve ana kon 40/0.6 guta perka (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) olacak şekilde lateral kondensasyon yöntemiyle dolduruldu. Kökler %100 nemli ortamda 1 hafta bekletilerek tamamen sertleşmesi sağlandı. Her bir kök metakrilat rezin kalıplar içerisine gömüldü. Koronal guta perka dişlerin apikalinde yaklaşık olarak 4 mm bırakılacak şekilde, post sisteminin kendi frezi (White Post DC, FGM drill, Size 1) kullanılarak uzaklaştırıldı ve 12 mm'lik post boşluğu hazırlandı. Post boşluğu hazırlanmasından sonra kanallar uygulanacak irrigasyon prosedürüne göre rastgele 8 gruba ayrıldı. Her birinde 4 adet diş bulunan bu gruplarda smear uzaklaştırma etkinliğinin araştırıldığı kısımda uygulanan irrigasyon prosedürleri aynı sırayla uygulandı. Örnekler irrigasyon prosedürlerinin uygulanmasını takiben paper pointle kurulandı. Kök kanallarına Panavia F 2.0 (Kuraray Dental, Tokyo, Japan) üretici firmanın talimatları doğrultusunda hazırlanarak fiber postla (White Post DC, FGM, Size 1) beraber uygulandı ve ışıkla (Monitex BlueLex GT1200, Taipei, Taiwan) sertleştirildi. Örnekler, polimerizasyonu takiben 24 saat boyunca %100 nemli ortamda 37°C'de bekletildi.

Akrilik bloklardan distile su soğutması altında yavaş dönen kesme makinesi (Micracut; Metkon, Bursa, Turkey) (Şekil 2.32) kullanılarak ilk üç kesit post boşluğunun koronal kısmından, son üç kesit ise post boşluğunun apikal kısmından ve kalınlıkları yaklaşık $1,00 \pm 0,05$ mm olacak şekilde tüm dişlerden 6'şar kesit alındı (Şekil 2.33). Her bir gruptan apikalden 12 ve koronalde 12 olmak üzere toplam 24 adet örnek elde edildi.



Şekil 2.32. Kesme makinesi



Şekil 2.33. Push out deneyinde elde edilen kesit

2.4.1 Push-Out Test Düzenegi

Elde edilen diskler universal test cihazına (Instron, L-loyd Instruments LRX, Segesworth East.,UK) (Şekil 2.34) apikal yüzü kuvvet uygulanacak tarafa bakacak şekilde yerleştirildi. Dentin disklerinin merkezindeki post boşluklarının çaplarına uygun olacak şekilde 1.2 mm, 1mm ve 0.8 mm çaplarındaki metal uçlar (Şekil 2.35) kullanılarak apikalden koronale doğru 0,5 mm/dk hız ile kuvvet uygulandı (Şekil 2.36). Elde edilen mukavemet değeri Newton (N) olarak kaydedildi. Her bir örneğin çapı ve yüksekliği 0,01 mm hassasiyetindeki dijital kumpas ile ölçüldü. Bağlanma yüzey alanı hesaplanırken kullanılan formül şu şekildedir;

$$\text{Bağlanma yüzey alanı: } \pi (r_1+r_2) \times (\sqrt{(r_1-r_2)^2 + h^2})$$

$$\pi: 3.14$$

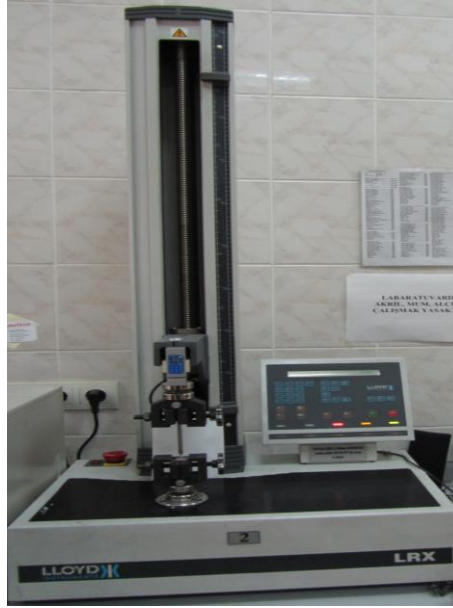
r_1 :küçük çap

r_2 :büyük çap

h :yükseklik

Mukavemet değeri (Newton), postun bağlanma yüzeyinin alanına bölünerek Megapaskal (MPa)'a çevrildi ve kaydedildi.

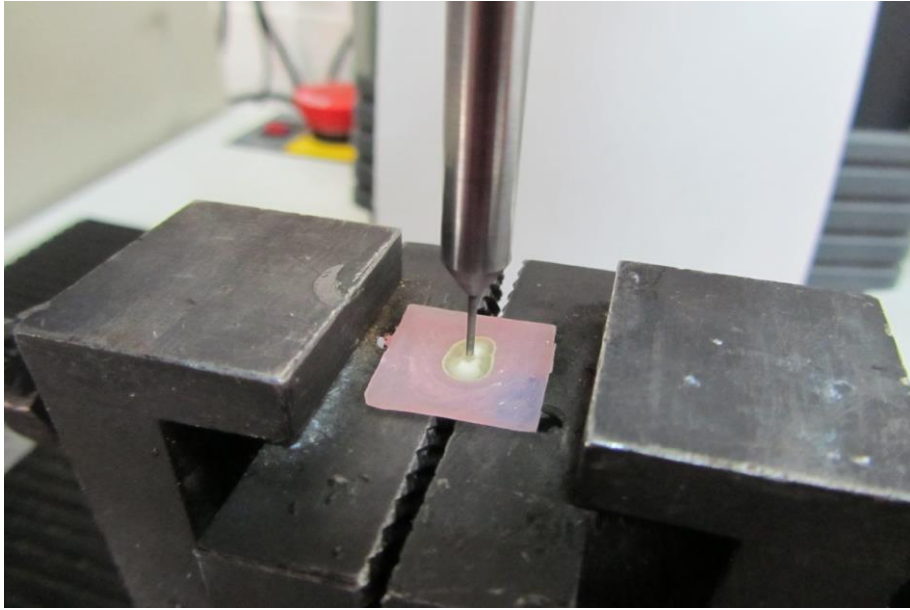
Bağlanma dayanımı (MPa) = Uygulanan kuvvet (N) / Bağlanma yüzey alanı (mm²)



Şekil 2.34. Çalışmamızda kullanılan universal test cihazı



Şekil 2.35. Push out deneyinde kullanılan 1.2 mm, 1mm ve 0.8 mm çaplarındaki metal uçlar



Şekil 2.36. Push out test düzeneği

2.4.2 Kopma Tipinin Belirlenmesi

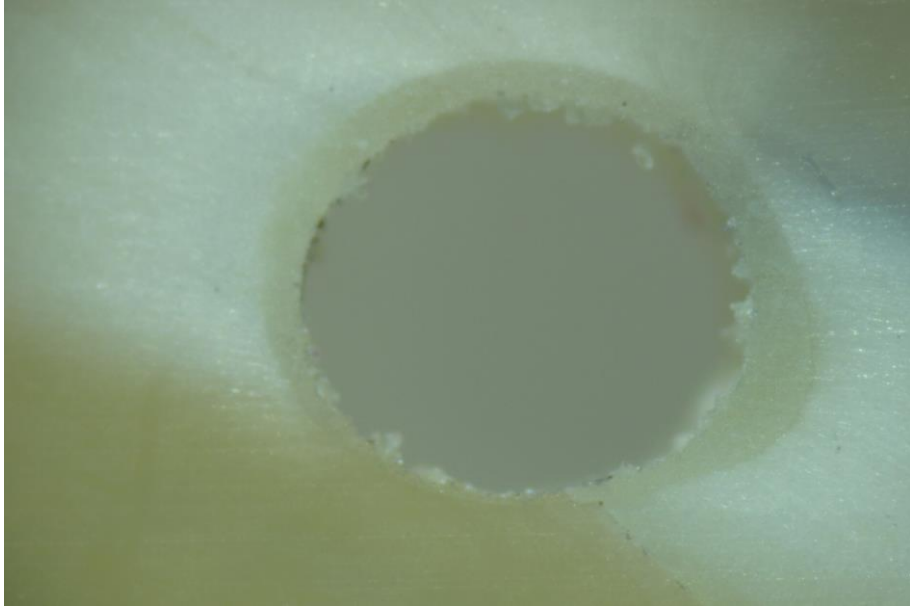
Push-out bağlanma deneyi sonrasındaki kopma tipini belirlemek amacıyla örnekler ışık mikroskopunda iki farklı araştırmacı tarafından X40 büyütmede incelendi ve veriler kaydedildi.

Kopma tipleri 3 tip olarak tanımlandı:

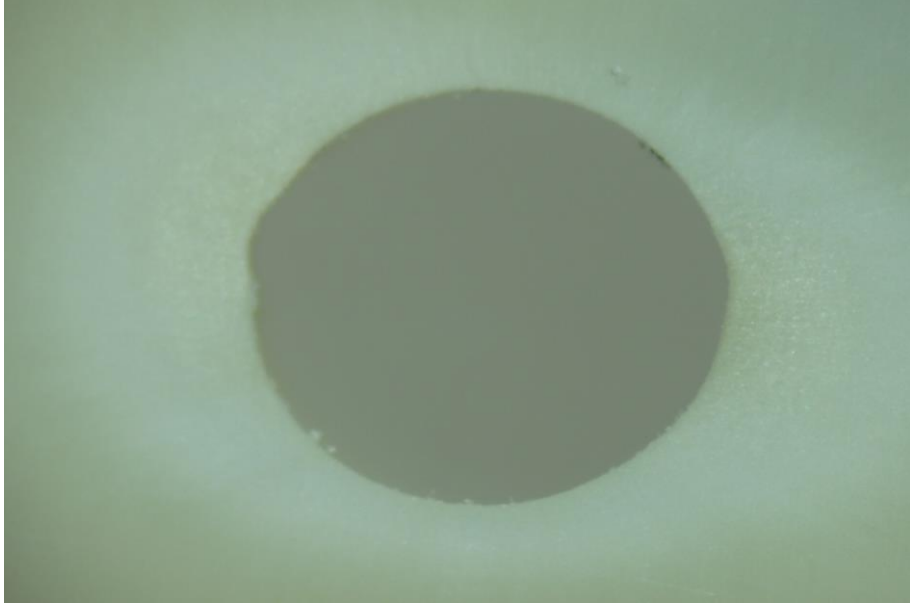
Tip 1: Fiber post ve rezin siman arasında adeziv başarısızlık (C/P) (Şekil 2.37).

Tip 2: Rezin siman ve kök kanal dentini arasındaki adeziv başarısızlık (C/D) (Şekil 2.38).

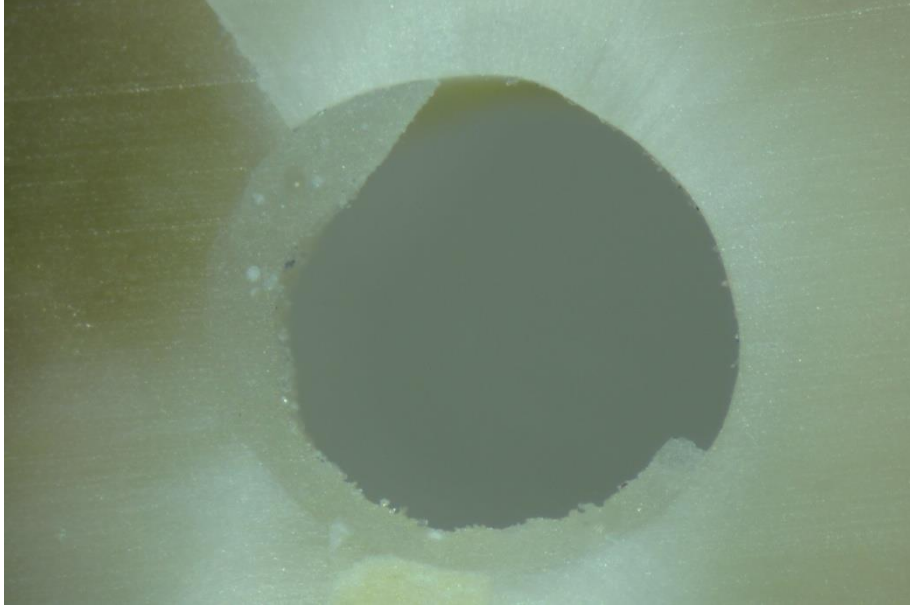
Tip 3: Rezin siman/fiber post arasındaki kopmaya ilaveten rezin siman/kök kanal dentini arasındaki kopmanın aynı örnekte görülmesi (M) (Şekil 2.39).



Şekil 2.37. Fiber post ve rezin siman arasında Tip 1 adeziv başarısızlık (C/P).



Şekil 2.38. Rezin siman ve kök kanal dentini arasındaki Tip 2 adeziv başarısızlık (C/D).



Şekil 2.39. Rezin siman/fiber post arasındaki kopmaya ilaveten rezin siman/kök kanal dentini arasındaki Tip 3 başarısızlık (M).

2.5 İstatistiksel Analizler

Smear uzaklaştırma etkinliğinin araştırılmasında gözlemciler arası uyum ve gözlemcinin kendi içinde uyumu Kappa istatistiği kullanılarak değerlendirildi ve yorumlandı. Parametrik test varsayımları karşılanmadığından non-parametrik test yöntemleri kullanıldı. Final irrigasyon aktivasyon teknikleri arasındaki kıyaslamalar Kruskal-Wallis testi kullanılarak yapıldı. Teknikler arasındaki ikili karşılaştırmaları ve koronal, orta ve apikal üçlüler arasındaki kıyaslamayı yapmak için Mann-Whitney U testi kullanıldı.

EDX analizi sonucunda elde edilen veriler öncelikle Levene Varyans Homojenlik Testi ile değerlendirildi. Verilerin istatistiksel değerlendirmesi çok değişkenli varyans analizi (iki yönlü MANOVA) ile yapıldı. Varyansların homojen olmaması nedeniyle çoklu karşılaştırma testi olarak Tahmane T2 kullanıldı.

Dentin debris uzaklaştırma etkinliğinin değerlendirilmesinde gözlemciler arası uyum Kappa istatistiği kullanılarak değerlendirildi ve yorumlandı. Parametrik test varsayımları karşılanmadığından non-parametrik test yöntemleri kullanıldı. Final irrigasyon aktivasyon teknikleri arasındaki kıyaslamalar için Kruskal-Wallis testi ve teknikler arasındaki ikili karşılaştırmaları yapmak için Mann-Whitney U testi kullanıldı.

Push-out bağlanma dayanımı deneyi sonucu elde edilen veriler öncelikle Levene Varyans Homojenlik Testi ile değerlendirildi. Verilerin istatistiksel değerlendirmesi iki yönlü varyans analizi (ANOVA) ile yapıldı. Varyansların homojen olmaması nedeniyle çoklu karşılaştırma testi olarak Tahmane T2 kullanıldı. Koronal ve apikal bölgeler arasındaki ikili karşılaştırmaları yapmak için bağımsız örneklem t testi kullanıldı. Kopma tipi verilerinin istatistiksel değerlendirmesi ise çapraz tablo ve ki-kare analizi ile yapıldı.

Tüm istatistiksel değerlendirmelerde anlamlılık düzeyi $P < 0,05$ kabul edildi. İstatistiksel analizler SPSS 16.0 for Windows (SPSS Inc, Chicago, IL) bilgisayar programında gerçekleştirildi.

3. BULGULAR

3.1 Smear Tabaka Uzaklaştırma Etkinliği

3.1.1 Gözlemciler Arasındaki ve Farklı Zaman Aralıklarındaki Uyumunun Değerlendirilmesi

Her iki gözlemcinin birbirlerinden bağımsız olarak ve örneklerin hangi gruba ait olduğunu bilmeksizin yapılan değerlendirme sonucunda iki gözlemci arasındaki uyumun üç ayrı zaman dilimindeki ağırlıklı kappa katsayısı (Kw) 0.97 ile 0.99 arasındaydı. Birinci gözlemcinin üç ayrı zaman diliminde yapmış olduğu skorlamalarında kendi içindeki ağırlıklı kappa katsayısı (Kw) 0.90 ile 0.95 arasında, ikinci gözlemcinin kendi içindeki ağırlıklı kappa katsayısı (Kw) 0.88 ile 0.92 arasında değişiyordu.

3.1.2 Farklı Tekniklerin Smear Tabaka Uzaklaştırma Etkinliği

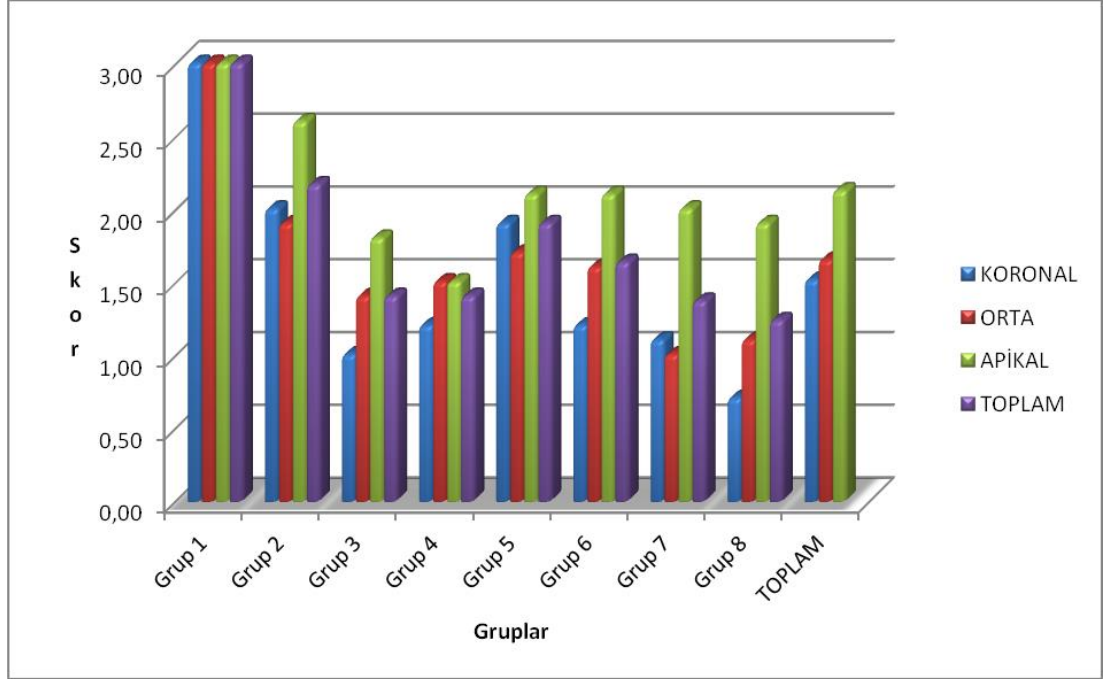
Tüm gruptaki örneklerin SEM incelemesi sonucunda elde edilen ortalama ve standart sapmalar Tablo 3.1’de ve grafiksel görünümü Şekil 3.1’de gösterilmektedir. Tüm gruplarda elde edilen farklı büyütmelemlerdeki SEM fotoğrafları Şekil 3.2 ve Şekil 3.9 arasında sunulmaktadır. Örnekler incelendiğinde en yoğun smear tabakası kontrol grubu olarak belirlenen Grup 1’de gözlemlendi ve diğer gruplarla arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p < 0,05$) (Şekil 3.2). En düşük smear tabakası varlığı PIPS tekniği kullanılan grupta (Grup 8) (Şekil 3.9) gözlemlense de bu grup ve Ultrasonik (Grup 3) (Şekil 3.4), EndoVac (Grup 4) (Şekil 3.5), Nd:YAG Lazer (Grup 6) (Şekil 3.7) ve Er:YAG Lazer (Grup 7) (Şekil 3.8) uygulanan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ($p > 0,05$). Deneysel gruplar içinde en yüksek smear varlığı manuel irrigasyon yapılan Grup 2’de (Şekil 3.3) gözlemlenirken, bununla Diyet Lazer (Grup 5) (Şekil 3.6) uygulanan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmedi ($p > 0,05$).

Tablo 3.1 Farklı tekniklerin smear tabaka uzaklaştırma etkinliği

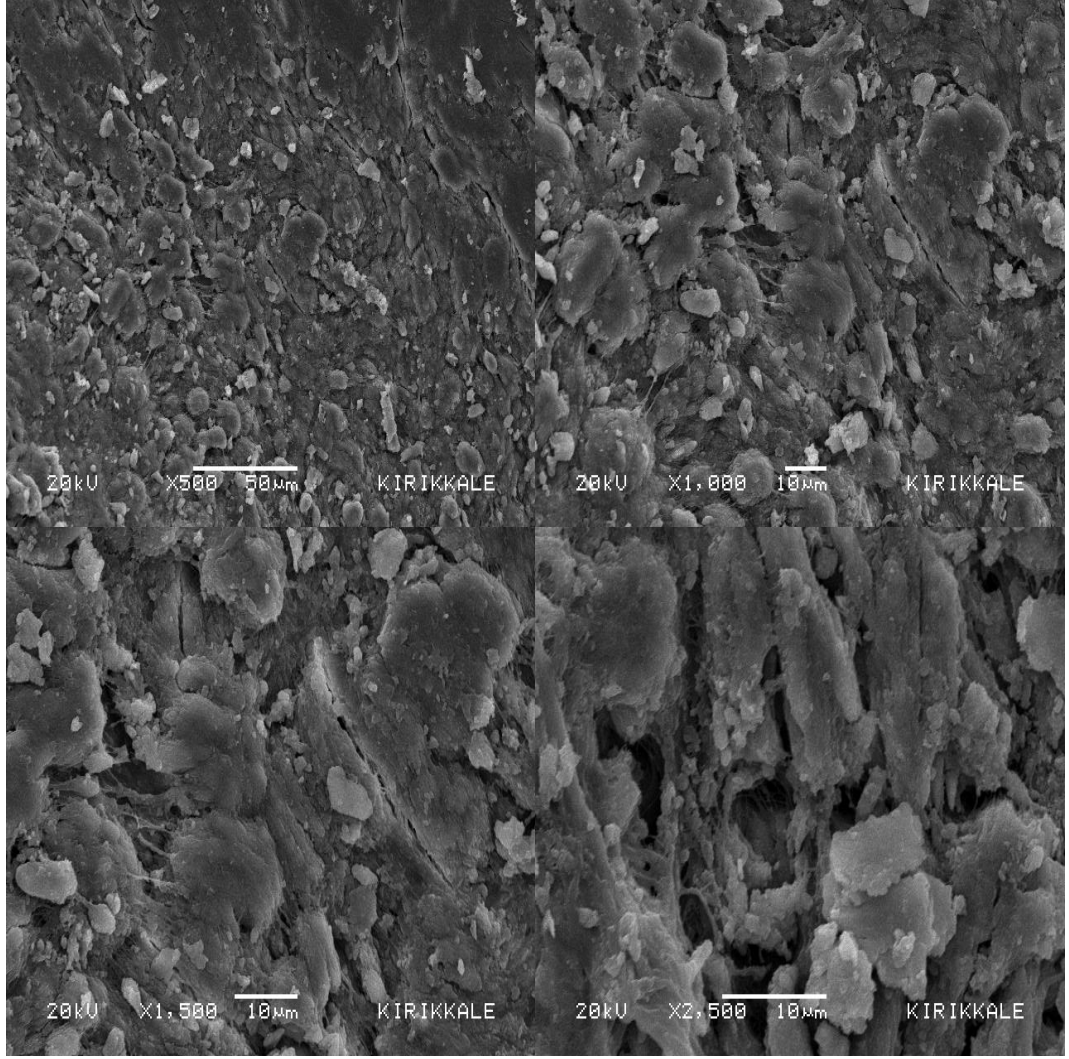
BÖLGE	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Grup 6	Grup 7	Grup 8	TOPLAM
	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT±SS	ORT ± SS
KORONAL	3,00 ± 0,00 ^{a,b,A}	2,00 ± 0,47 ^{b,A}	1,00 ± 0,00 ^{c,A}	1,20 ± 0,63 ^{c,A}	1,90 ± 0,32 ^{b,A}	1,20 ± 0,42 ^{c,A}	1,10 ± 0,57 ^{c,A}	0,70 ± 0,67 ^{c,A}	1,51 ± 0,26^A
ORTA	3,00 ± 0,00 ^{a,A}	1,90 ± 0,57 ^{b,A}	1,40 ± 0,52 ^{b,d,B}	1,50 ± 0,53 ^{b,e,A}	1,70 ± 0,95 ^{b,f,A}	1,60 ± 0,52 ^{b,g,A}	1,00 ± 0,67 ^{c,d,e,f,A}	1,10 ± 0,88 ^{c,d,e,f,g,A}	1,65 ± 0,29^A
APİKAL	3,00 ± 0,00 ^{a,A}	2,60 ± 0,52 ^{b,B}	1,80 ± 0,42 ^{c,d,C}	1,50 ± 0,53 ^{c,A}	2,10 ± 0,57 ^{b,d,e,A}	2,10 ± 0,32 ^{d,f,B}	2,00 ± 0,94 ^{b,c,f,B}	1,90 ± 0,88 ^{c,e,f,B}	2,13 ± 0,30^B
TOPLAM	3,00 ± 0,00^a	2,17 ± 0,05^b	1,40 ± 0,27^c	1,40 ± 0,06^c	1,90 ± 0,32^{b,d}	1,63 ± 0,10^{c,d}	1,37 ± 0,19^c	1,23 ± 0,12^c	

*Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$)

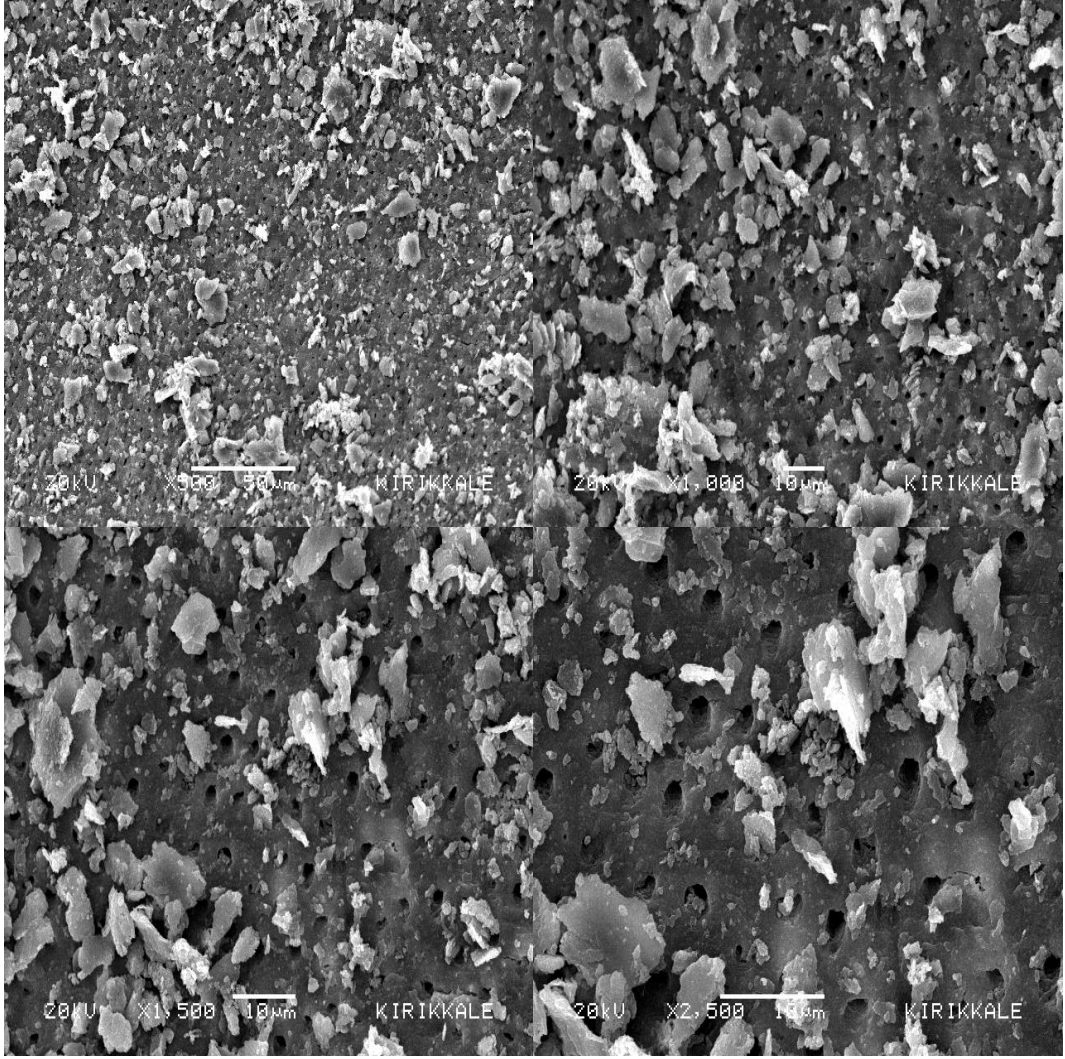
*Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$)



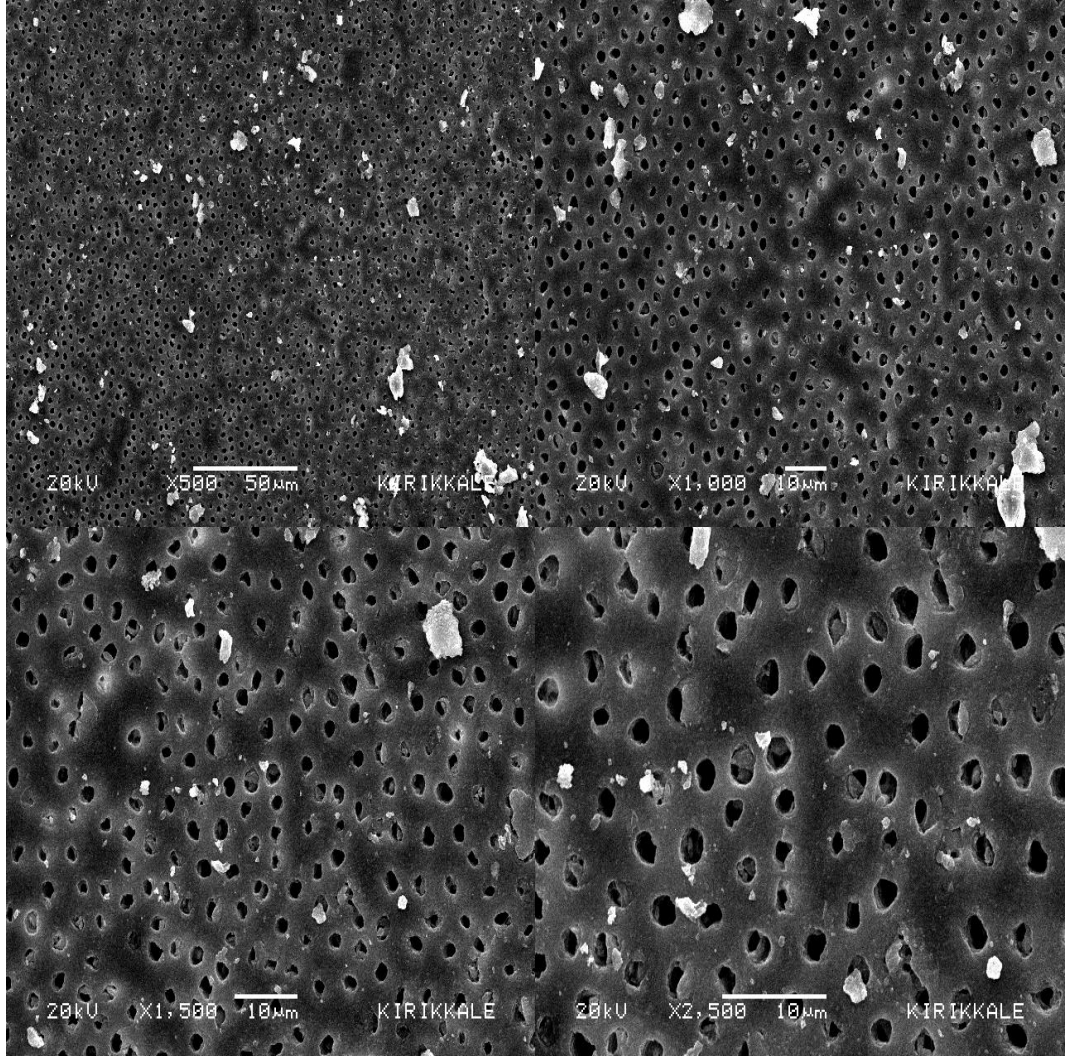
Şekil 3.1. Tüm gruplardaki örneklerin SEM incelemesi sonucunda elde edilen ortalama ve standart sapmaların grafiksel görünümü



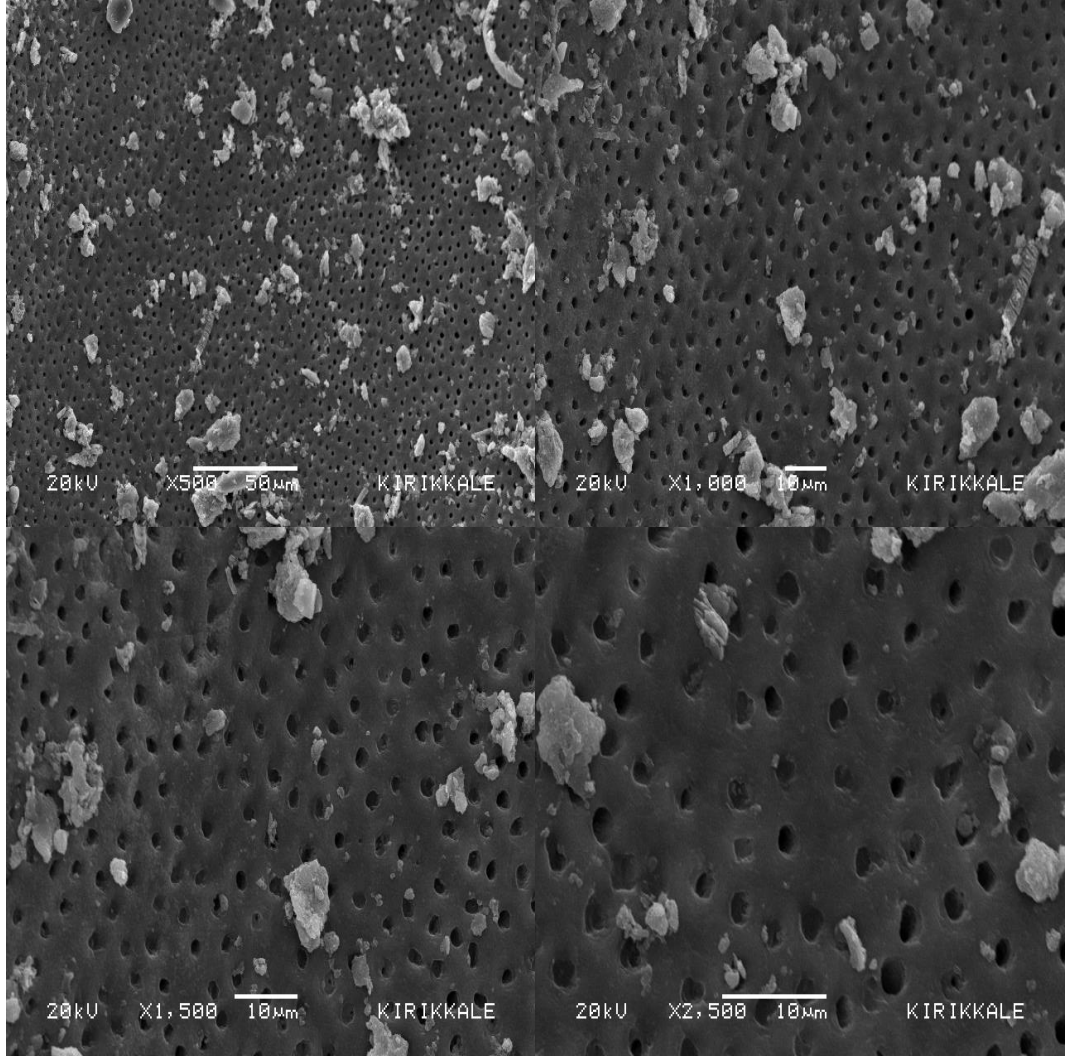
Şekil 3.2. Grup 1'den X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.



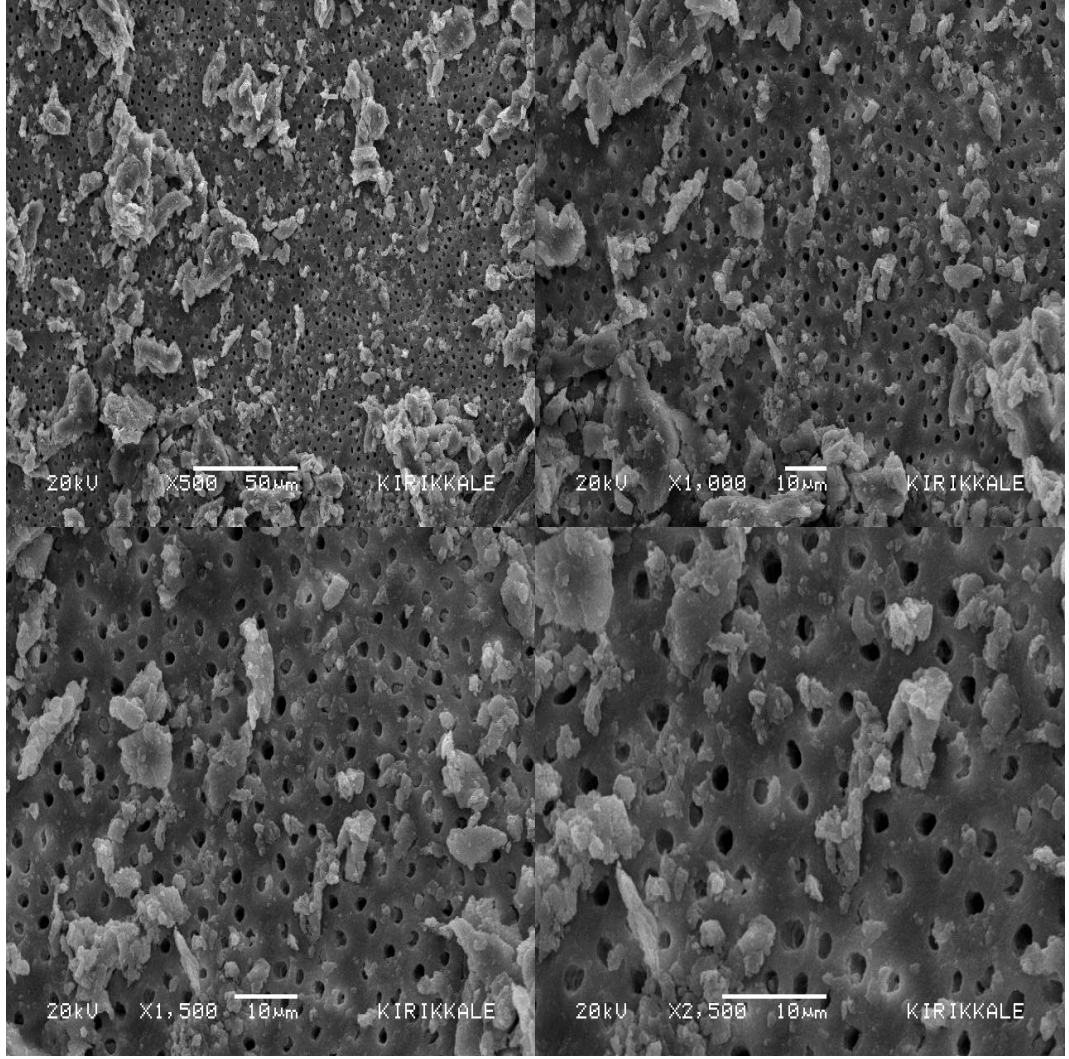
Şekil 3.3. Grup 2'den X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.



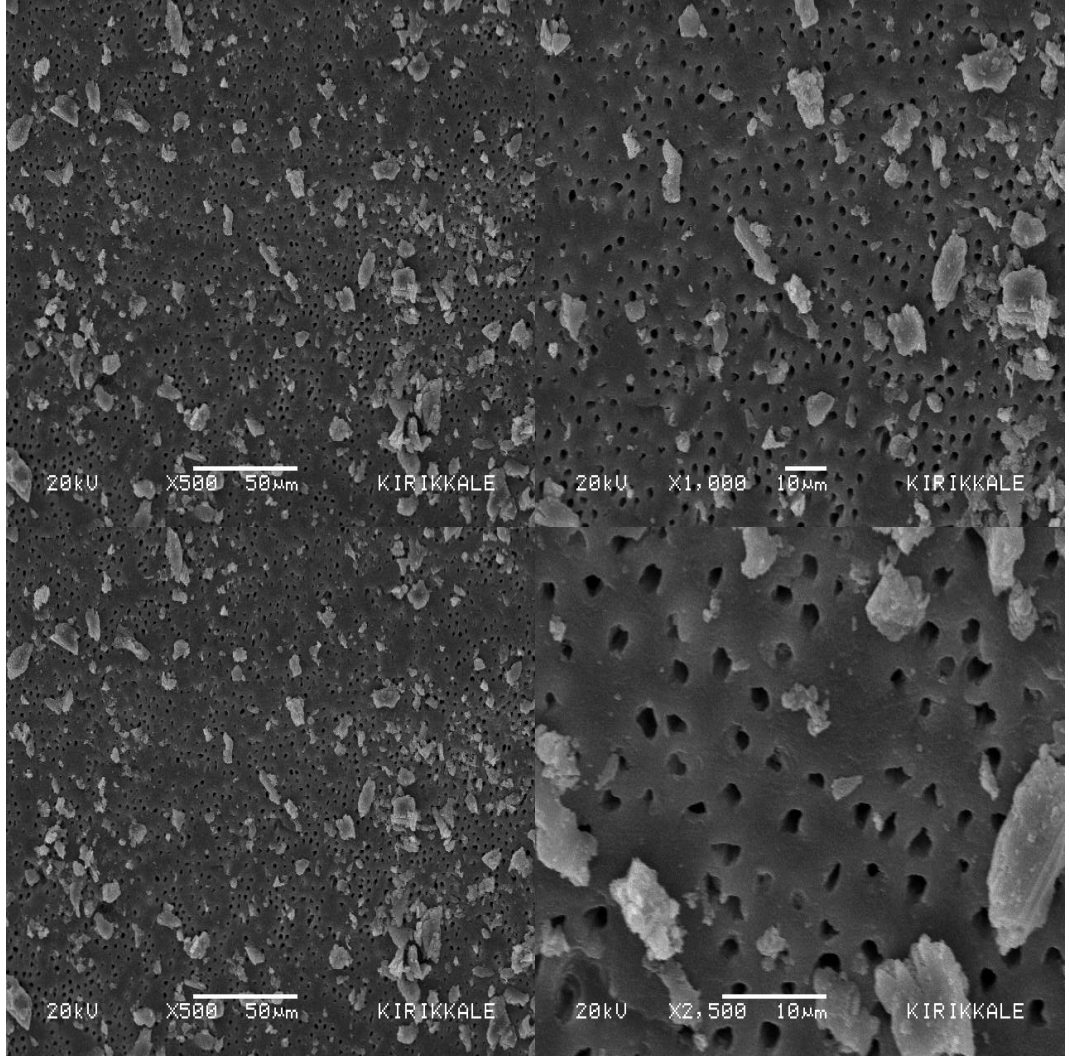
Şekil 3.4. Grup 3'den X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.



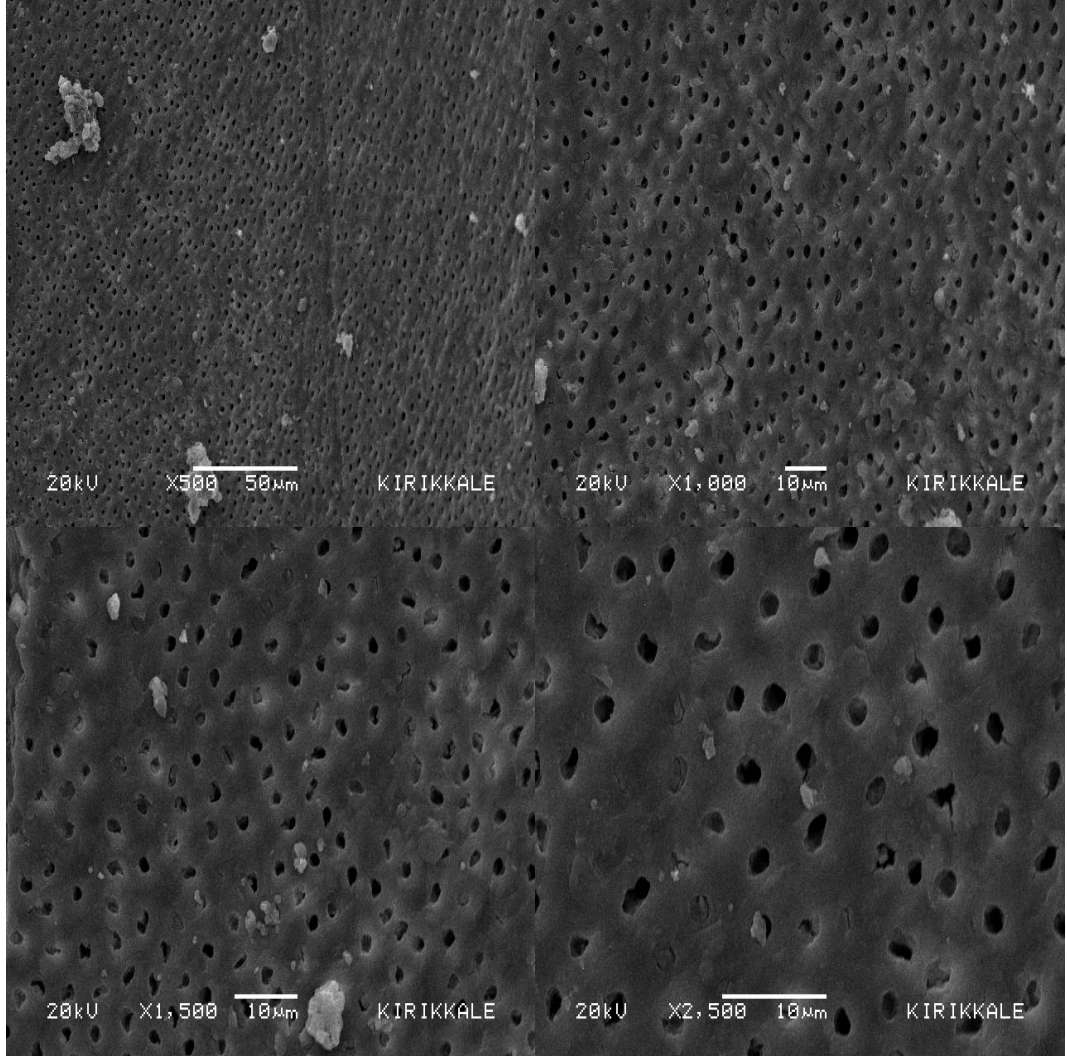
Şekil 3.5. Grup 4'den X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.



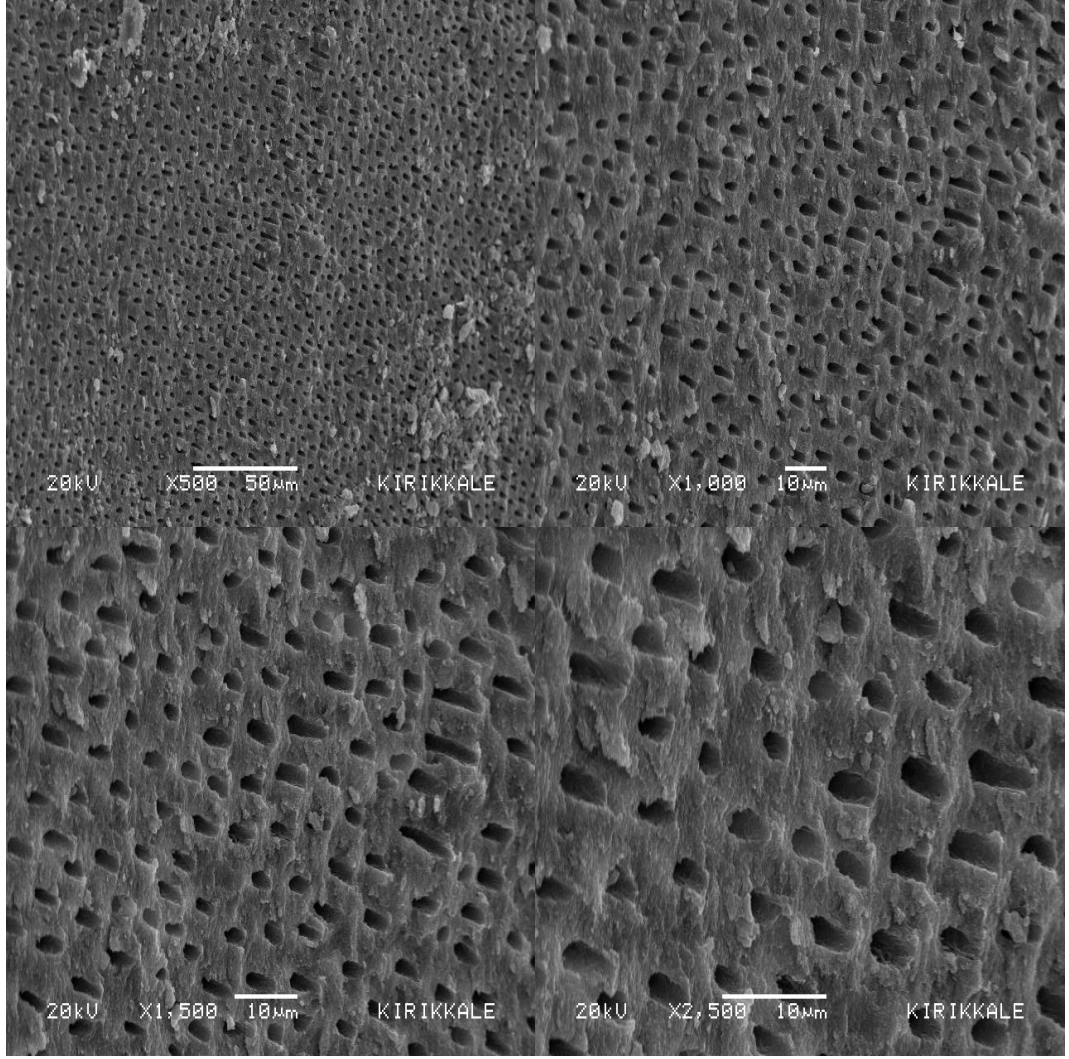
Şekil 3.6. Grup 5'den X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.



Şekil 3.7. Grup 6'dan X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.



Şekil 3.8. Grup 7'den X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.



Şekil 3.9. Grup 8'den X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

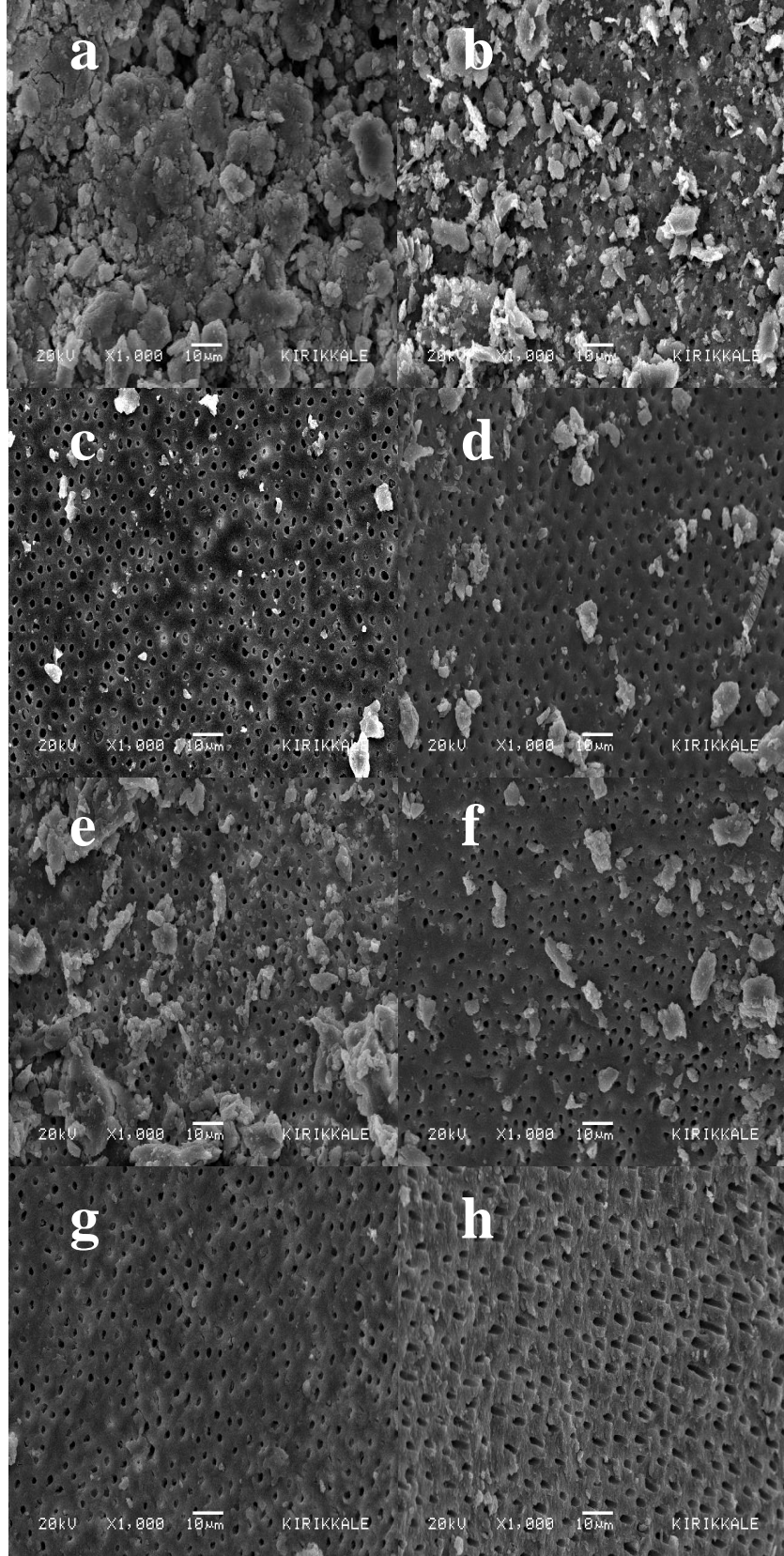
Bu çalışmanın tüm bölgelerdeki verileri incelendiğinde Diyet Lazer (Grup 5) dışındaki tüm irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin smear tabakası üzerine istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olduğu saptandı ($p < 0,05$).

Kök kanallarının koronal üçte birlik bölgelerinde yapılan değerlendirmede en yoğun smear tabakası kontrol grubu olarak belirlenen Grup 1'de gözlemlendi ve diğer gruplarla arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p < 0,05$). Kontrol grubundan sonra en yoğun smear tabakası manuel irrigasyon uygulanan grup (Grup 2) ile Diyet Lazer uygulanan grupta (Grup 5) gözlemlendi ($p > 0,05$). Bu gruplarla deneysel gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($p < 0,05$). En düşük

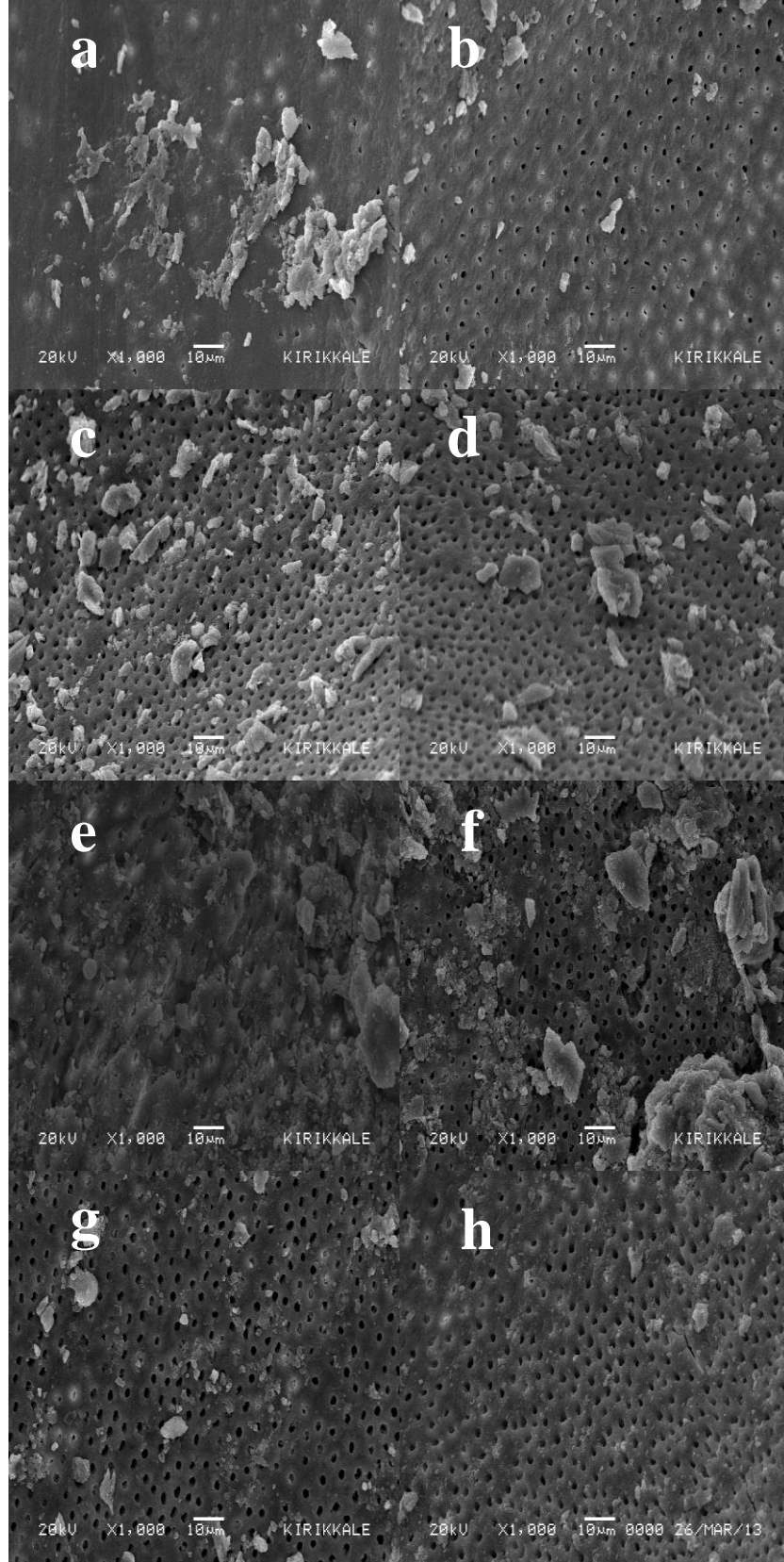
smear tabakası varlığı PIPS tekniği kullanılan grupta (Grup 8) gözlemlendi ve bununla Ultrasonik (Grup 3), EndoVac (Grup 4), Nd:YAG (Grup 6) ve Er:YAG (Grup 7) grupları arasında istatistiksel olarak fark olmadığı belirlendi ($p>0,05$). Bu bölgeye ait SEM görüntüleri Şekil 3.10'da gösterilmektedir.

Kök kanallarının orta üçte birlik bölgelerinde yapılan değerlendirmede en yoğun smear tabakası, kontrol grubu olarak belirlenen Grup 1'de gözlemlendi ve diğer gruplarla arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,05$). Manuel irrigasyon uygulanan grubun (Grup 2), Er:YAG Lazer (Grup 7) ve PIPS tekniği kullanılan gruplar (Grup 8) dışındaki diğer deneysel gruplarla arasında smear tabakası varlığı bakımından istatistiksel olarak fark olmadığı belirlendi ($p>0,05$). Ultrasonik (Grup 3), EndoVac (Grup 4), Diyet Lazer (Grup 5) ile Nd:YAG Lazer (Grup 6) grupları kendi aralarında smear tabakası yoğunluğu bakımından istatistiksel olarak farklılık göstermedi ($p>0,05$). Nd:YAG Lazer'in (Grup 6) Er:YAG Lazer (Grup 7) grubu ile arasında istatistiksel olarak farklılık varken ($p<0,05$), PIPS tekniği (Grup 8) kullanılan grupla istatistiksel olarak farklılık göstermediği belirlendi ($p>0,05$). Ayrıca, en düşük smear varlığı gösteren Er:YAG Lazer (Grup 7) ve PIPS tekniği kullanılan grupların (Grup 8); EndoVac (Grup 4) ve Diyet Lazer (Grup 5) kullanılan gruplarla arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p>0,05$). Bu bölgeye ait SEM görüntüleri Şekil 3.11'de gösterilmektedir.

Kök kanallarının apikal üçte birlik bölgesinde yapılan değerlendirmede, kontrol grubu olarak belirlenen Grup 1'de en yoğun smear varlığı gözlemlendi ve diğer gruplarla arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,05$). Apikal bölgede en düşük smear varlığı EndoVac (Grup 4) kullanılan grupta gözlemlendi. Bu grup ile Ultrasonik (Grup 3), Er:YAG Lazer (Grup 7) ve PIPS kullanılan grup (Grup 8) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark izlenmedi ($p>0,05$). Deneysel gruplar arasında en yüksek smear varlığı aktivasyon yapılmayan manuel irrigasyon grubunda (Grup 2) gözlemlenirken, bu grup ile Diyet (Grup 5) ve Er:YAG Lazer (Grup 7) uygulanan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi ($p>0,05$). Bu bölgeye ait SEM görüntüleri Şekil 3.12'de gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Grupların koronal bölgelerine ait görüntüler a)Grup 1, b) Grup 2, c)Grup 3, d) Grup 4, e)Grup 5, f) Grup 6, g)Grup 7, h) Grup 8

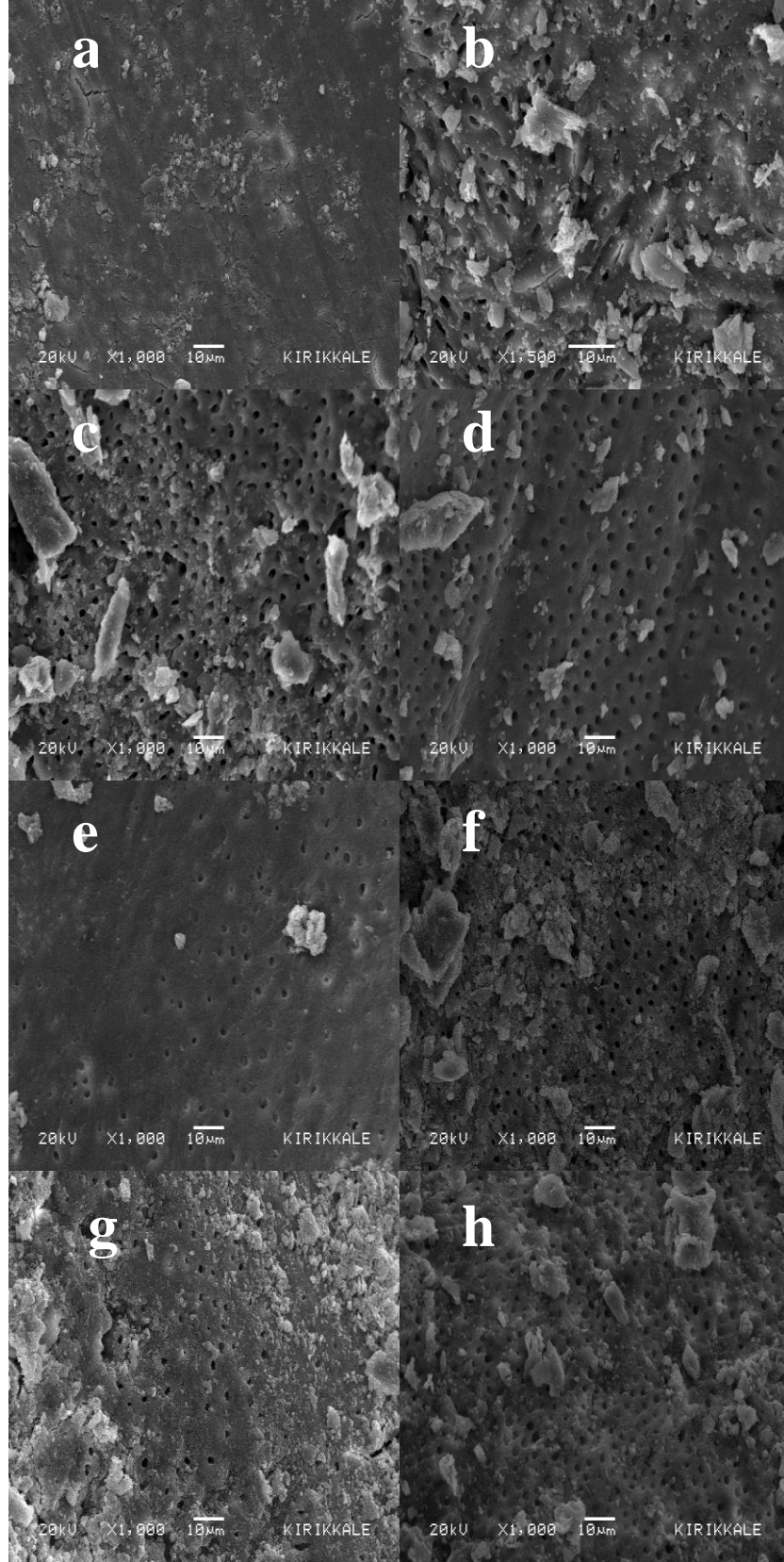


Şekil 3.11. Grupların orta bölgelerine ait görüntüler; a)Grup 1, b) Grup 2, c)Grup 3, d) Grup 4, e)Grup 5, f) Grup 6, g)Grup 7, h) Grup 8

Yapılan SEM inceleme sonucunda grup içi kökün farklı bölgelerinde elde edilen smear tabakası yoğunluğu ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.1’de görülmektedir. Tüm örneklerden elde edilen veriler kökün farklı bölgelerine göre incelendiğinde en yoğun smear tabakası apikal bölgede gözlendi ve bu bölge ile diğer bölgeler arasında istatistiksel olarak fark olduğu saptandı ($p<0,05$). Koronal bölgenin ise smear tabakası yoğunluğu bakımından en az yoğunluğa sahip bölge olduğu tespit edildi ($p<0,05$). Orta bölge ile koronal bölge arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlendi ($p>0,05$).

Her grup kendi içinde değerlendirildiğinde; Kontrol grubu (Grup 1), EndoVac (Grup 4) ve DiyoLazer (Grup 5) gruplarında bölgeler arasında smear tabakası yoğunluğu açısından istatistiksel olarak farklılık olmadığı saptandı ($p>0,05$). Ultrasonik uygulanan grupta (Grup 3) ise tüm bölgeler arasında istatistiksel olarak fark olduğu gözlemlendi ($p<0,05$). Diğer grupların koronal ve orta bölgeleri ile apikal bölgeleri arasında istatistiksel olarak fark olduğu tespit edildi ($p<0,05$). Smear tabakasını uzaklaştırmak için koronal bölgede PIPS (Grup 8), orta bölgede Er:YAG Lazer (Grup 7) ve apikal bölgede ise EndoVac (Grup 4) tekniklerinin en etkin yöntemler olduğu belirlendi.

Yapılan SEM incelemesinde tüm örneklerin dentin yüzeylerinde rekristalizasyon ve karbonizasyon sahası varlığı gözlemlenmedi.



Şekil 3.12. Grupların apikal bölgelerine ait görüntüler a)Grup 1, b) Grup 2, c)Grup 3, d) Grup 4, e)Grup 5, f) Grup 6, g)Grup 7, h) Grup 8

3.2 EDX Analizine Ait Bulgular

Ca değerlerine ait veriler Tablo 3.2’de görülmektedir. Ca değerlerine ait istatistiksel analiz incelendiğinde en yüksek Ca değeri Er:YAG Lazer (Grup 7) grubunda gözlemlenirken, en düşük Ca değeri ise kontrol grubunda (Grup 1) izlendi. Diyet Lazer (Grup 5) ve Er:YAG Lazer’e (Grup 7) ait Ca değerlerinin Kontrol Grubuna (Grup 1) ve PIPS tekniği kullanılan gruba (Grup 8) göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlendi ($p<0,05$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlendi ($p>0,05$).

P değerlerine ait veriler Tablo 3.3’de görülmektedir. PIPS tekniği kullanılan gruptaki (Grup 8) örneklerde P elementinin ağırlıkça yüzde olarak Diyet Lazer (Grup 5) ve Er:YAG Lazer (Grup 7) gruplarına göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlendi ($p<0,05$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlendi ($p>0,05$).

Ca/P değerlerine ait veriler Tablo 3.4’de görülmektedir. Ca/P değerlerine ait istatistiksel analiz incelendiğinde Ca/P oranının Diyet Lazer (Grup 5) kullanılan grupta, PIPS tekniği kullanılan gruba (Grup 8) göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlendi ($p<0,05$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlendi ($p>0,05$).

Mg değerlerine ait veriler Tablo 3.5’de görülmektedir. Mg değerlerine ait istatistiksel analiz incelendiğinde Diyet Lazer’e (Grup 5) ait değerlerin kontrol grubu (Grup 1), manuel irrigasyon (Grup 2), ultrasonik (Grup 3), Er:YAG Lazer (Grup 7) ve PIPS tekniği kullanılan gruplara (Grup 8) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olduğu bulundu ($p<0,05$). PIPS tekniği kullanılan grupla (Grup 8), EndoVac (Grup 4) grubu arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edildi ($p<0,05$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlendi ($p>0,05$).

Koronal, orta ve apikal bölgelere ait değerler kıyaslandığında Ca, P, Ca/P değerlerinde koronal, orta ve apikal bölgeler arasında istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edildi ($p>0,05$). Mg’ a ait verilerde koronal ve orta bölgeler arasında istatistiksel olarak fark olduğu ($p<0,05$), apikal bölge ile diğer bölgeler arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlendi ($p>0,05$).

Tablo 3.2. Grupların Ca değerlerine ait bulgular

BÖLGE	N	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Grup 6	Grup 7	Grup 8	TOPLAM
		ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS
Ca										
Koronal	10	58,29±4,95	60,60±2,14	59,24±7,81	59,87±3,45	62,11±0,79	63,43±8,10	61,15±2,19	57,76±5,64	60,31±5,16^A
Orta	10	55,87±5,76	59,54±2,11	58,14±6,98	60,27±2,73	61,62±0,85	60,71±3,13	61,23±4,37	56,96±4,74	59,29±4,53^A
Apikal	10	56,42±5,67	59,75±2,43	56,11±3,21	59,57±2,50	60,42±1,55	56,43±9,06	63,85±8,52	56,34±5,36	58,614±5,85^A
TOPLAM	30	56,86±5,38^a	59,96±2,20^c	57,83±6,25^c	59,90±2,83^c	61,38 ±1,30^{b,c}	60,19±7,58^c	62,08 ±5,62^{b,c}	57,02±5,11^a	

*Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$)

*Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$)

Tablo 3.3. Grupların P değerlerine ait bulgular

BÖLGE	N	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Grup 6	Grup 7	Grup 8	TOPLAM	
P		ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	
	Koronal	10	40,21±4,75	38,22 ± 2,14	39,40 ± 7,72	39,05 ±3,71	36,46±2,15	35,61±7,80	36,26 ± 3,53	40,73 ± 5,71	38,24±5,23^A
	Orta	10	37,88 ± 12,61	39,36 ± 3,60	39,49 ± 7,43	38,33 ±2,50	37,39± 0,80	38,21±3,04	36,66 ± 5,19	40,75 ± 4,13	38,51±5,85^A
	Apikal	10	41,31 ± 5,36	38,91± 1,95	40,83 ± 4,95	39,23±2,32	38,74±1,53	41,95±7,42	34,32 ± 7,89	41,58 ± 5,38	39,61±5,43^A
TOPLAM	30	39,80 ±8,21^{a,c}	38,83 ±2,62^{a,c}	39,91 ±6,61^{a,c}	38,87 ±2,84^{a,c}	37,53±1,81^a	38,59 ±6,77^{a,c}	35,75±5,71^a	41,02 ±4,96^{b,c}		

*Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$)

*Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$)

Tablo 3.4 grupların Ca/P değerlerine ait bulgular

	BÖLGE	N	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Grup 6	Grup 7	Grup 8	TOPLAM
Ca/P			ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS
	Koronal	10	1,48 ±0,29	1,59±0,14	1,44 ± 0,39	1,55±0,24	1,71±0,12	2,07±1,47	1,71±0,23	1,46±0,36	1,63±0,59^A
	Orta	10	2,34±3,00	1,53±0,19	1,54 ± 0,47	1,58±0,17	1,65±0,06	1,60±0,19	1,72±0,39	1,42 ±0,25	1,67±1,08^A
	Apikal	10	1,40±0,32	1,54±0,14	1,42 ± 0,31	1,53±0,15	1,56±0,11	1,40±0,35	2,15±1,46	1,39±0,32	1,55^a±0,59^A
	TOPLAM	30	1,74±1,74^{a,b}	1,55 ±0,16^{a,b}	1,47 ±0,39^{a,b}	1,55 ±0,18^{a,b}	1,64±0,11^b	1,69 ±0,90^{a,b}	1,86 ±0,88^{a,b}	1,43±0,30^a	

*Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$)

*Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$)

Tablo 3.5. Grupların Mg değerlerine ait bulgular

	BÖLGE	N	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Grup 6	Grup 7	Grup 8	TOPLAM
Mg			ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS	ORT ± SS
	Koronal	10	1,58 ± 0,61	1,18 ± 0,54	1,33 ± 0,65	1,07 ± 0,47	0,79 ± 0,15	0,96 ± 0,39	1,92 ± 1,60	1,50 ± 0,49	1,29 ± 5,12^A
	Orta	10	2,24 ± 1,04	2,09 ± 1,49	2,34 ± 1,46	1,40 ± 0,98	0,98 ± 0,21	1,09 ± 0,23	2,07 ± 1,37	2,29 ± 1,23	1,81 ± 5,89^B
	Apikal	10	2,36 ± 1,75	1,34 ± 0,56	2,06 ± 1,00	1,20 ± 0,32	0,84 ± 0,19	1,62 ± 1,66	1,83 ± 2,11	2,08 ± 1,11	1,66 ± 5,75^{A,B}
	TOPLAM	30	2,06 ± 1,23^{b,c}	1,54 ± 1,02^{b,c}	1,91 ± 1,13^{b,c}	1,23 ± 0,65^{a,c}	0,87 ± 0,20^a	1,22 ± 1,00^{a,c,d}	1,94 ± 1,67^{b,c}	1,96 ± 1,02^{b,d}	

*Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$)

*Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$)

3.3 Dentin Debrisi Uzaklaştırma Etkinliği

Birinci ve ikinci gözlemcinin yapmış oldukları skorlamalar arasındaki uyumun ağırlıklı kapp katsayısı (Kw) 0.94 olarak belirlendi.

Yapılan çalışma sonucunda farklı tekniklerle irrigasyon solüsyonlarının uygulanması ile elde edilen debris uzaklaştırması ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.6'da görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde kontrol grubu olarak belirlenen Grup 1'in, Diyet Lazer (Grup 5) dışındaki tüm gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek debris skorlarına sahip olduğu belirlendi ($p < 0,05$). Deneysel gruplar arasında en düşük debris skorları Ultrasonik uygulanan grup (Grup 3) ve PIPS tekniği kullanılan grupta (Grup 8) gözlemlenirken en yüksek debris varlığı Diyet Lazer (Grup 5) uygulanan grupta gözlemlendi. Irrigasyon solüsyonunu aktive etmek için Ultrasonik (Grup 3) kullanımının manuel irrigasyon tekniğine göre (Grup 2) anlamlı derecede daha iyi debris uzaklaştırma etkinliğine sahip olduğu belirlendi ($p < 0,05$). Ultrasonik uygulanan grubun (Grup 3) EndoVac (Grup 4), Er:YAG Lazer (Grup 7) ve PIPS tekniği kullanılan gruplarla (Grup 8) arasında dentin debris uzaklaştırma etkinliği açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlendi ($p > 0,05$). Ayrıca dentin debris uzaklaştırma etkinliği bakımından Manuel irrigasyon (Grup 2), EndoVac (Grup 4), Diyet Lazer (Grup 5), Nd:YAG Lazer (Grup 6), Er:YAG Lazer (Grup 7) ve PIPS tekniği kullanılan gruplar (Grup 8) arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlendi ($p > 0,05$).

Tablo 3.6. Debris skorları arasındaki farklılıklarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi ve skor yüzdeleri

GRUP	ORT±SS	0	1	2	3	TOPLAM
GRUP 1	2,4±0,70 ^a	0 (%0)	1 (%10)	4 (%40)	5 (%50)	10 (%100)
GRUP 2	1,7±0,48 ^b	0 (%0)	3 (%30)	7 (%70)	0 (%0)	10 (%100)
GRUP 3	1,0±0,67 ^c	2 (%20)	6 (%60)	2 (%20)	0 (%0)	10 (%100)
GRUP 4	1,2±1,03 ^{b,c}	3 (%30)	3 (%30)	3 (%30)	1 (%10)	10 (%100)
GRUP 5	1,9±0,99 ^{a,b}	1 (%10)	2 (%20)	4 (%40)	3 (%30)	10 (%100)
GRUP 6	1,7±0,48 ^b	0 (%0)	3 (%30)	7 (%70)	0 (%0)	10 (%100)
GRUP 7	1,6±0,84 ^{b,c}	1 (%10)	3 (%30)	5 (%50)	1 (%10)	10 (%100)
GRUP 8	1,1±0,88 ^{b,c}	3 (%30)	3 (%30)	4 (%40)	0 (%0)	10 (%100)

*Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$)

3.4 Push Out Bağlanma Dayanımı Testi

Bağlanma dayanımına ait bulgular Tablo 3.7’de ve Grafikselleştirilmiş dağılımı Şekil 3.13’de görülmektedir. Bağlanma dayanımı testi verilerinin istatistiksel analizi değerlendirildiğinde en düşük bağlanma dayanımı kontrol grubu olarak belirlenen grupta (Grup 1) gözlemlendi ve diğer gruplarla arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p < 0,05$). Sonuç olarak smear tabakasının uzaklaştırılması bağlanma dayanımını artırdı. PIPS tekniği uygulanan grup (Grup 8), diğer gruplara göre en yüksek bağlanma dayanımı gösterdi fakat manuel irrigasyon (Grup 2), EndoVac (Grup 4) ve Diyet Lazer (Grup 5) dışındaki diğer deneysel gruplarla arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlendi ($p > 0,05$). Diğer gruplar arasındaki bağlanma dayanımı verileri istatistiksel olarak farklılık göstermedi ($p > 0,05$). Tüm gruplar incelendiğinde apikal bölgeye ait bağlanma dayanımı, koronal bölgeye göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük olduğu tespit edildi ($p < 0,05$).

Kırılma tiplerinin gruplara göre dağılımı Tablo 3.8’de görülmektedir. Örneklerin kırılma tiplerinin değerlendirildiği test sonuçlarına göre tüm gruplar içinde siman/dentin (C/D) ara yüzeyinde meydana gelen kopma tipi (%43,8), Mix kopma tipi (%35,9) ve siman/post (C/P) ara yüzeyinde meydana gelen kopma tipine (%20,3) göre daha yüksek olduğu belirlendi.

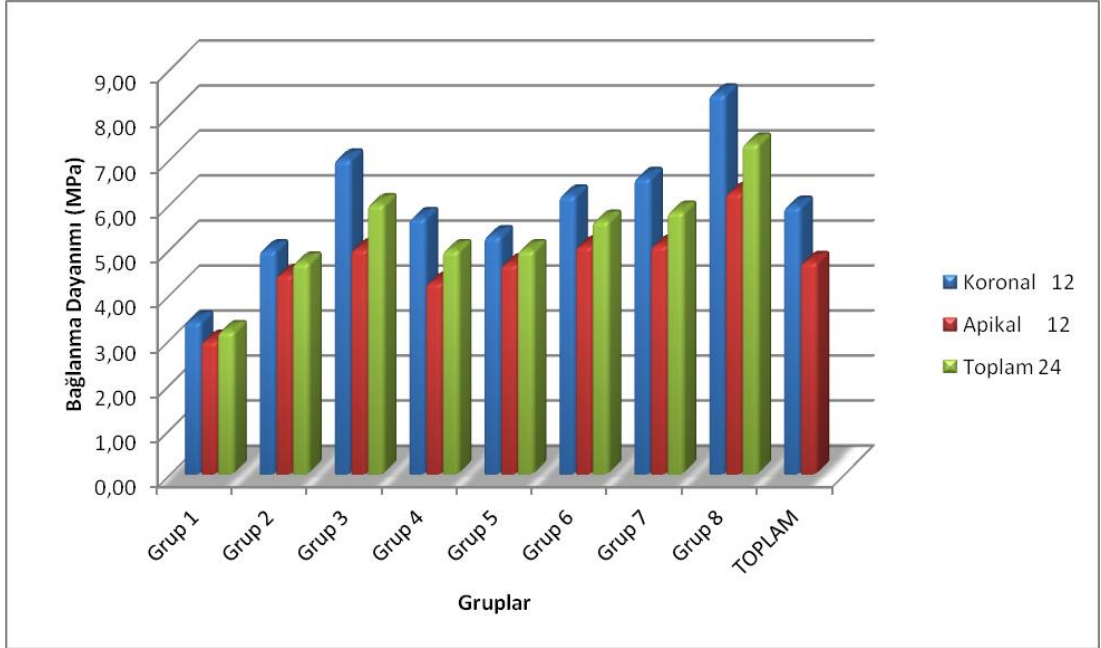
Tablo 3.7 Bağlanma dayanımına ait bulgular

BÖLGE	N	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Grup 6	Grup 7	Grup 8	TOPLAM
		ORT±SS	ORT±SS	ORT±SS	ORT±SS	ORT±SS	ORT±SS	ORT±SS	ORT±SS	ORT±SS
Koronal	12	3,35±1,32	4,93±1,15	6,95±1,12	5,65±1,42	5,25±2,00	6,15±1,91	6,54±1,98	8,40±0,68	5,90±2,03^A
Apikal	12	2,93±1,27	4,39±0,79	4,96±1,55	4,22±0,75	4,62±1,27	5,03±3,26	5,04±2,15	6,21±0,89	4,68±1,85^B
Toplam	24	3,14±1,29^a	4,66±1,00^b	5,96 ±1,67^{b,c}	4,94±1,33^b	4,94 ±1,67^b	5,59 ±2,67^{b,c}	5,79 ±2,16^{b,c}	7,31 ±1,36^c	

*Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$)

*Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p \leq 0,05$)

Şekil 3.13 Bağlanma dayanımına ait bulguların grafiksel görünümü



Tablo 3.8 Kırık tiplerinin gruplara göre dağılımı

KOPMA TİPİ		Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	Grup 6	Grup 7	Grup 8	TOPLAM
C/P	n	4	6	3	8	5	4	4	5	39
	%	%16,7	%25,0	%12,5	%33,3	%20,8	%16,7	%16,7	%20,8	%20,3
C/D	n	11	13	14	7	7	11	9	12	84
	%	%45,8	%54,2	%58,3	%29,2	%29,2	%45,8	%37,5	%50,0	%43,8
M	n	9	5	7	9	12	9	11	7	69
	%	%37,5	%20,8	%29,2	%37,5	%50,0	%37,5	%45,8	%29,2	%35,9
TOPLAM	n	24	24	24	24	24	24	24	24	192
	%	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Endodontik tedavinin amacı; kök kanallarının dezenfeksiyonunu temin etmek, üç boyutlu olarak şekillendirilmek ve sızıntıya olanak sağlamayacak şekilde doldurulmasını sağlamaktır. Kök kanallarının irrigasyonu, dezenfeksiyonu sağlamak amacıyla antimikrobiyal etkinliğin sağlanmasında ve debrislerin uzaklaştırılmasında çok önemli role sahiptir ve preparasyonunun ayrılmaz bir parçasıdır. Günümüze kadar kök kanallarındaki debrislerin ve mikroorganizmaların etkin bir şekilde uzaklaştırılması amacıyla farklı irrigasyon metotları geliştirilmiştir. Literatürde kök kanallarının irrigasyonunda kullanılan yöntemler olarak; irrigasyon iğneleri ile manuel, gutta perka veya kanal aletleri ile manuel dinamik, rotasyonel fırçalarla, sonik ve ultrasonik vibrasyonlarla enstrümantasyon esnasında devamlı veya aralıklı irrigasyon ve kök kanalının negatif basınçla irrigasyonu gösterilmiştir. Son yıllarda kök kanal duvarlarından debris ve smear tabakasının uzaklaştırılması ve dezenfeksiyonun sağlanması amacıyla kök kanal tedavilerinde irrigasyon solüsyonlarının aktive edilmesinde lazer sistemleri kullanılmaya başlanmıştır (Vezzani et al., 2006; Yu et al., 2000). Literatürde yapılan çalışmalarda aktivasyon yöntemlerinin irrigasyon tekniklerinin etkinliğini artırdığı bildirilmiştir (de Groot et al., 2009; Rodig et al., 2010). Kullanılan teknikler arasında klinik performans açısından hangi tekniğin daha iyi sonuç verdiği yönünde yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır ve hangi tekniğin daha iyi olduğu yönünde klinik verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışmamızın smear tabaka ve dentin debris uzaklaştırma etkinliğinin değerlendirilmesinde kullanılan santral ve kanin dişler, düz bir kök kanal morfolojisine sahip olması ve daha önce yapılmış benzer çalışmalarla kıyaslanabilirlik göz önünde bulundurulduğundan tercih edilmiştir. Push out bağlanma dayanımı deneyinde üst santral dişlerin seçilme sebebi; bu dişlerin meziodistal ve bukkolingual çapının; adezivlerinin uygulanabilmesi için dentin kalınlığının yeterli olması, post preparasyonu esnasında perforasyon ve kök kırığı riskinin düşük olması, rezin simanın post ve dentin duvarı arasına homojen kalınlıkta yerleştirilmesine olanak sağlamasıdır.

Yaptığımız çalışmada deney gruplarında kullanılacak olan dişlere ait boyutsal farklılıkların çalışmayı etkilememesi ve standart sapmaya neden olmaması için kök uzunluğu ve anatomileri aynı tipte olan dişler çalışmaya dahil edildi. Tüm dişlerden radyograf alınarak kök kanalında ilerlemeyi önleyen kalsifikasyonlu, tıkalı veya geniş kök kanal morfolojisine sahip olan dişler çalışmaya dahil edilmedi. Tüm deney gruplarındaki dişler kök boyları eşit olacak şekilde, kron kısımları ince bir elmas separe yardımıyla uzaklaştırılarak çalışmayı etkileyebilecek boyutsal farklılıklar elimine edilmeye çalışıldı.

Tay ve ark. (2010) apikal sıvı hareketi mekanizmalarının kapalı ve açık kök kanal modellerinde farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir. Kapalı kök kanal modeli, farklı irrigasyon tekniklerinin etkinliklerinin araştırıldığı SEM çalışmalarında kullanılan bir yöntemdir (Blank-Goncalves et al., 2011; Saber Sel ve Hashem, 2011). Bu çalışmada kök kanallarının in vivo koşulları taklit edebilmesi amacıyla Tay ve ark.'ın (2010) tanımlamış olduğu kök ucunun yumuşak mumla kapatılmasıyla elde edilen kapalı kök kanal model tekniği kullanıldı.

Tüm dişler aynı enstrümantasyon tekniği kullanılarak genişletildi, enstrümantasyon sonrası apikal açıklık ve foramen çapları kontrol edilerek standardizasyon sağlandı. Usman ve ark. (2004) kök kanallarının apikal kısmının genişletilmesinde yapılan geniş preparasyonların daha dar yapılan preparasyonlara göre temizleme etkinliğini artırdığını iddia etmektedirler. van der Sluis ve ark. (2006) 20/0.06, 0.08 ve 0.1 açılı preparasyonların temizleme etkinliğine etkisini araştırdıkları çalışmalarında en iyi temizlemenin 0.1 açılı preparasyonla sağlandığını bildirmişlerdir. Literatürde kök kanallarındaki irrigasyon solüsyonlarının akışının görüntülenmesinde kullanılan bir teknik olan bilgisayarlı akış dinamiği analizlerinde (CFD), genişletme açısının ve apikal preparasyonun artırılmasının, kök kanallarında irrigasyonun etkinliğini artırdığı bildirilmiştir (Boutsioukis et al., 2010a; 2010b). Araştırmamızda kullandığımız irrigasyon teknikleri arasındaki farklılıkları optimum seviyede karşılaştırmak, çalışmamızla benzer çalışma metoduna sahip diğer araştırmalarla kıyaslanabilirlik (Al-Ali et al., 2012; Hashem et al., 2009; Saber Sel ve Hashem, 2011) ve kullanılan irrigasyon solüsyonlarının kök kanallarında yeterli derinliğe ulaşabilmesi amacıyla kök kanallarının genişletilmesinde son eğe olarak F4 (40/0.6) boyutunda kök kanal eğesi kullanıldı.

Endodontide kullanılan irrigasyon solüsyonlarının etkin bir şekilde kök kanallarını temizleyebilmesi için periradiküler dokulara taşmadan basınçsız bir şekilde kök kanallarının apikal üçlüsüne kadar ulaşabilmeleri gerekir (Baker et al., 1975). Bu amaca uygun olarak, kök kanalının apikal üçlüsüne kadar uzanabilen özel endodontik iğne uçları tasarlanmıştır ve bu uçların klasik iğnelere kıyasla daha etkin temizleme yaptığı iddia edilmektedir (Abou-Rass ve Piccinino, 1982). Moser ve Heuer (1982) tüm kanal boyunca ilerleyebilen ucu açık enjektörlerin kullanımının uygulanan irrigasyon solüsyonunun temizleme etkinliğini arttırdığını bildirmişlerdir. Abou-Rass ve Piccinino (1982) dört farklı irrigasyon yönteminin etkinliğini inceledikleri çalışmalarında, apikal üçlüye kadar ulaşan anestezik iğneler (30 gauge) ile uygulanan solüsyonun kök kanal duvarları ile direk temasta olmasının materyalin etkinliğini arttırdığını belirtmişlerdir. Yaptığımız çalışmada irrigasyon işlemlerinin tamamı ucu açık 30 gauge'luk özel endodontik iğne uçları kullanılarak yapılmıştır.

Kök kanallarında smear tabakasının organik ve inorganik içeriğinin ikisini birden uzaklaştırabilen bir solüsyon bulunmadığından kök kanallarının irrigasyonunda organik ve inorganik çözücülerin birlikte kullanılması tavsiye edilmiştir (Baumgartner et al., 1984; Cengiz et al., 1990; Tatsuta et al., 1999). Literatürde günümüze kadar kök kanal tedavisinde kullanılan farklı irrigasyon solüsyonlarının smear tabaka üzerinde hangi konsantrasyon, pH ve hacimde daha etkin olduklarını araştıran pek çok çalışma bulunmaktadır (Baumgartner ve Cuenin, 1992; Perez ve Rouqueyrol-Pourcel, 2005; Stojicic et al., 2010; Yamada et al., 1983; Yamashita et al., 2003). Yamashita ve ark. (2003) % 2'lik klorheksidin, %2.5'luk NaOCl ve %2.5'luk NaOCl ile %17'lik EDTA'nin birlikte kullanımının kök kanallarındaki smear tabakası üzerinde etkinliklerini kıyasladıkları çalışmalarında en etkili sonuçların %2.5'luk NaOCl ve %17'lik EDTA solüsyonlarının birlikte kullanılmasıyla oluştuğunu rapor etmişlerdir. Benzer şekilde yapılan başka çalışmalarda da %2.5'luk NaOCl ve %17'lik EDTA solüsyonlarının birlikte kullanımının kök kanallarındaki smear tabakayı uzaklaştırmada etkin konsantrasyonlar olduğu bildirilmiştir (de Vasconcelos et al., 2007; Goel ve Tewari, 2009; Menezes et al., 2003). %2.5'luk NaOCl ve %17'lik EDTA solüsyonlarının smear tabakasının uzaklaştırılmasındaki etkinliği ve benzer çalışmalarla kıyaslanabilirlik açısından çalışmamızda bu konsantrasyonlardaki solüsyonların

kullanılması tercih edildi (Castagna et al., 2013; Goel ve Tewari, 2009; Guidotti et al., 2012; Ribeiro et al., 2012).

Araştırmacılar, kullanılan solüsyonun etkinliğinde; konsantrasyonun dışında, solüsyonun uygulama hacmi, süresi, sıcaklığı ve pH seviyesinin önemli olduğunu bildirmişlerdir (Baker et al., 1975; Stojicic et al., 2010; van der Sluis et al., 2006). Fakat kök kanalına uygulanacak irrigasyon solüsyonlarının en etkin hacim ve süresi üzerinde henüz görüş birliğine varılamamıştır. Yapılan çalışmalarda NaOCl ve EDTA solüsyonlarının kök kanalında uygulama süresi arttıkça dentin yüzeyinde erozyon meydana getirme olasılığını da arttırdığı bildirilmiştir (Calt ve Serper, 2002; Niu et al., 2002). Yamada ve ark. (1983) irrigasyon solüsyonunun kök kanalı ile birkaç saniyelik temasının yeterli olabileceğini bildirmişlerdir. Çalt ve Serper (2002) kök kanalında %17'lik EDTA'in 1 dakikadan daha uzun sürede kullanılmasından kaçınılması gerektiğini bildirmişlerdir. Peters ve ark. (2011) kök kanallarında uzun süreli irrigasyon aktivasyonunun solüsyonun kimyasal yapısında değişikliğe neden olabileceğini bildirmişlerdir. Kök kanallarında irrigasyon solüsyonunun 30-60 sn ultrasonik aktivasyonu kanalların temizlenmesinde yeterli görülmektedir (Ahmad, 1990). DiVito ve ark. (2012) yaptıkları çalışmalarında 20 sn ve 40 sn boyunca %17'lik EDTA ve Er:YAG lazer uygulamasının kök kanallarında oldukça etkin bir temizleme oluşturduğunu ve SEM görüntülerinde açık dentin tübüllerinin görüldüğünü rapor etmişlerdir. Araştırmamızda kullanılan solüsyonların hepsi kök kanallarına oda sıcaklığında ve eşit pH'da, her bir irrigasyon solüsyonu için 4'er defa 5'er saniyelik yıkama işlemleri arasında (toplam 20 sn) ve sonrasında 4'er defa 5'er saniye aktivasyon olacak şekilde (toplam 20 sn) boyunca aktivasyon olacak şekilde tüm gruplarda standardize bir protokol uygulandı. EndoVac irrigasyon sisteminin kullanıldığı diğer çalışmalarda 30 sn'lik aktivasyon süresi kullanılırken bu çalışmada 20 sn'lik aktivasyon süresi uygulanmıştır (Abarajithan et al., 2011; Shin et al., 2010). Bu durum lazer sistemlerinde uygulanan 20 sn'lik irrigasyon aktivasyon süreleri ile bu gruptaki irrigasyon süresini eşit zaman aralığında standardize etmek amacıyla oluşturuldu. Dolayısıyla ultrasonic uygulanan grupta 20 sn aktivasyon süresi kullanıldı.

Endodontik uygulamalar sırasında kök dentininde termal hasarın oluşmaması için kök kanallarında kullanılan irrigasyon yöntemlerinin uygun parametrelerde ve sürelerde kullanılması gerekmektedir (Laird ve Walmsley, 1991; B S Lee et al.,

2004). Kök yüzeyinde 47°C'nin üzerindeki sıcaklık artışının periodontal ligament hücrelerinde ve kemikte yıkıcı etkilere neden olabileceği bildirilmiştir (Eriksson ve Albrectsson, 1983). Literatürde yapılan çalışmalarda kök kanallarında termal hasarın oluşmaması için ultrasonik irrigasyonda orta düzeyde güç ayarları önerilmektedir (Cameron, 1983; 1987a). Cameron (1988b) kök kanallarında ultrasoniklerle aralıklı sıvı akışı ile kök yüzeyinde oluşabilecek maksimum sıcaklık artışının 45°C olduğunu bildirmiştir. Biz de yapmış olduğumuz çalışmada PUI için ultrasonik sistemdeki güç ayarını ½ olacak ve aralıklı olarak sıvı akışı sağlanacak şekilde uyguladık.

Kimura ve ark. (2002) lazer uygulaması ile kök kanal duvarı yüzeyinde meydana gelebilecek ısı artışının 3-6°C olduğunu bildirmiştir. Wigdor ve ark. (1993) Er:YAG lazerin Nd:YAG ve CO₂ lazerden daha az termal zarara neden olduğunu bildirmişlerdir. Dederich ve ark. (1984) dentin yüzeylerine 10-90 W arasında uygulanan Nd:YAG lazerin, düşük parametrelerde dentin yüzeylerinde herhangi bir etki meydana getirmediğini, güç artırıldığında dentin yüzeylerinde erimeler ve rekrystalize alanlar oluşturduğunu rapor etmişlerdir.

de Moura-Netto ve ark. (2008) yaptıkları çalışmalarında atımlı modda Nd:YAG (1.5 W, 100 mJ, and 15 Hz) ve 2.5 W devamlı modda Diyet lazer uygulamalarının kök kanallarının apikal dentin yüzeylerinde meydana getirdiği morfolojik değişiklikleri inceledikleri çalışmalarında, SEM görüntülerinde Nd:YAG ve Diyet lazer uygulanan dentin yüzeylerinde morfolojik değişikliğe neden olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan başka bir araştırmada (1998b) prepare edilmiş kök kanallarında uygulanan argon (1 W, 50 mJ, ve 5 Hz), Nd:YAG (2 W, 200 mJ ve 20 Hz) ve Er:YAG lazer (1 W, 100 mJ and 10 Hz) sistemlerinde Nd:YAG lazerin örneklerde erimiş, kaynaşmış ve rekrystalize alanlar meydana getirdiğini rapor etmişlerdir.

Günümüze kadar lazerlerin periodontal etkisinin araştırıldığı birçok çalışma bulunmaktadır (Bahcall et al., 1992; Ishikawa et al., 2003; Jeng et al., 1999) fakat lazerlerin kök kanallarında uygun parametrelerde kullanılmasıyla periodontal ligamentte oluşan termal hasarla ilgili bir veri bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmamızda, kök kanallarındaki smear tabakasının uzaklaştırılmasında üretici firmaların önerileri doğrultusunda 1.2 W parametrelerinde Diyet, 1 W enerji 100 mJ atım hızı; 15 Hz frekans hızın parametrelerinde Nd:YAG lazer, 0.5 W, 50 mJ atım

hızı ve 10 Hz frekans hızı parametrelerinde Er:YAG lazer ve 0.3 W, 20 mJ atım hızı; 15 Hz parametrelerinde PIPS sistemi ile Er:YAG lazer kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan parametrelerle lazer uygulamaları sonucu kök kanallarında rekristalizasyon ve karbonizasyon alanları gözlenmemiştir.

Daha önce yapılan çalışmalarda lazerlerin kök kanallarında termal hasar oluşturmaması için aralıklı (4x5) aktivasyon uygulanmıştır (De Moor et al., 2010; Jiang et al., 2010b; Moon et al., 2012). Daha sağlıklı bir karşılaştırma için bu çalışmada kullanılan lazer sistemlerinde de 4x5 sn aktivasyon uygulandı. Standardizasyonu sağlamak için ultrasonik gruplarında da böyle bir yaklaşım izlendi.

Son yıllarda kök kanallarında solüsyonlarının aktive edilerek uygulanması irrigasyon konusundaki güncel yaklaşımlardan birisidir. Temelde tüm irrigasyon teknikleri kök kanalında irrigasyon solüsyonunun aktive edilerek veya aktive edilmeden uygulanmasını içermektedir. İlk defa Martin ve ark. (1976) tarafından yıkama etkinliğini artırmak amacıyla irrigasyon solüsyonunun aktivasyonu ultrasoniklerle gerçekleştirilmiştir. Organik ve inorganik debrisin kök kanal sisteminden uzaklaştırılması amacıyla kullanılan aktivasyonun, irrigasyon solüsyonunun etkinliğini artırdığı öne sürülmüştür (Weller et al., 1980). Irrigasyon solüsyonunun aktivasyonu ile etkin akış dinamiği sağlanarak kök kanal sistemindeki mekanik temizleme etkinliğinin artırıldığı bildirilmiştir (Jiang et al., 2010b). Macedo ve ark. (2010) NaOCl'in aktivasyon, uygulama süresi, konsantrasyon ve pH'sının sıgır dentinindeki meydana getirdiği reaksiyonları değerlendirdikleri çalışmalarında aktivasyonun en güçlü modulator olduğunu ayrıca bu araştırmacılar lazerle irrigasyon solüsyonunun aktivasyonu ile serbestleşen klorin miktarının önemli düzeyde arttığını bildirmişlerdir. de Groot ve ark. (2009) kök kanal modelinde lazerin irrigasyon solüsyonunda meydana getirdiği akış ve kavitasyonu görüntüleyerek değerlendirmişlerdir. Kök kanalında lazerlerin etki mekanizmasının, irrigasyon solüsyonunun aktivasyonu ile oluşan genişleme ve patlamalarla meydana geldiğini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar bu fiziksel etkinin solüsyonun kök kanalında hızlı akışına neden olarak lazerlerin dentin yüzeylerindeki temizleme etkinliğini artırdığını bildirmişlerdir. DiVito ve Lloyd (2012), son yıllarda endodonti pratiğinde tek bir aletle yapılan enstrümantasyon tekniğinin ve konservatif kanal preparasyonunun güncel yaklaşımlar arasında olduğunu fakat bu yeniliğin irrigasyon

iğnesinin kök kanalında yeterli mesafede ilerlemesini ve irrigasyon solüsyonunun istenilen hacimde uygulanmasını zorlaştırdığını bildirmişlerdir. Bu güncel yaklaşım göz önünde bulundurularak endodonti pratiğinde geliştirilen yeni yaklaşımlardan birisi de irrigasyon solüsyonunun lazerle aktive edilerek kanalda uygulanması tekniğidir. Bu teknik için özel üretilen lazer ucu (PIPS) ile oluşturulan fotoakustik etki ile üç boyutlu olarak daha temiz kök kanallarının elde edilebileceği bildirilmiştir (DiVito ve Lloyd, 2012).

de Gregorio ve ark. (2010) NaOCl'in lateral kanallara penetrasyon derinliği üzerine farklı irrigasyon aktivasyon tekniklerinin etkinliklerini inceledikleri çalışmalarında irrigasyon solüsyonunun lateral kanallara penetrasyonunda negatif basınçla irrigasyon sisteminin sınırlı etkinlik gösterdiğini, PUI'in ise oldukça etkin olduğunu rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Paragliola ve ark. (2010) da kök kanal duvarlarının apikal kısmında irrigasyon solüsyonunun lateral kanallara penetrasyonunda PUI'un etkin bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir.

Munoz ve Camacho-Cuadra (2012) farklı irrigasyon sistemlerinde irrigasyon solüsyonlarının çalışma boyuna ulaşma etkinliklerini değerlendirmişlerdir. Irrigasyon solüsyonlarının çalışma boyuna ulaşmasında PUI ve EndoVac sistemlerinin konvansiyonel şırınga ile irrigasyon yöntemine göre daha etkin olduğunu PUI ve EndoVac sistemleri arasında herhangi bir fark olmadığını rapor etmişlerdir.

Roy ve ark. (1994) irrigasyon solüsyonu içinde serbestçe titreşen ultrasonik ucun kök kanal duvarlarına temas eden ultrasonik uca göre daha fazla ultrasonik etki meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Ultrasonik ucun kırılmasının, kanalda perforasyon ve basamak oluşturmasının önüne geçmek için düz yüzeyli olması önerilmektedir (Sabins et al., 2003). Kök kanallarında irrigasyon solüsyonlarının pasif ultrasonik aktivasyonu ile Ni-Ti enstrümanların veya büyük K-file eğelerin küçük K-file eğelere göre kök yüzeyinde daha az ısı artışı meydana getirdiği rapor edilmiştir (Zeltner et al., 2009). Malki ve ark. (2012) ultrasonik ucun yerleştirilme derinliğinin temizleme etkinliğe etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında çalışma boyundan 1 ve 2 mm kısa mesafede yerleştirilen ultrasonik ucun 3, 4 ve 5 mm kısa mesafede yerleştirilen ultrasonik uçlara göre daha etkin şekilde dentin debris uzaklaştırdığını rapor etmişlerdir. Literatürde yer alan bilgilere göre yaptığımız çalışmada ultrasonik uç kök kanallarına paralel olacak şekilde ve kök kanal

duvarlarına temasından kaçınılarak çalışma boyundan 1 mm kısa mesafede kesmeyen Ni-Ti ESI enstrüman kullanılarak aktivasyon gerçekleştirilmiştir.

Literatürde farklı çapta ve tipte lazer uçları yer almaktadır fakat kök kanallarında hangi tip ve ucun daha etkin olduğuna dair henüz görüş birliğine varılamamıştır (George ve Walsh, 2011; George et al., 2008). Yaptığımız çalışmada tüm lazer sistemlerinde standardizasyonu sağlayabilmek için kök kanallarındaki irrigasyon solüsyonunun aktivasyonunda 300 µm'lik düz fiber optik uç kullanılmıştır.

Kök kanal dentininin SEM cihazından elde edilen görüntüler üzerinden incelenmesi güvenilir bir yöntem olduğu günümüze kadar birçok araştırmacı tarafından gösterilmiştir (Alapati et al., 2005; Baumgartner ve Cuenin, 1992; Bitter, 1989b; Ram, 1980). Bu yöntem, kök kanallarında kullanılan preparasyon ve irrigasyon yöntemlerinin debris ve smear tabakasını uzaklaştırma yönünden etkinliklerinin değerlendirilmesinde sıklıkla tercih edilen bir methodur. Çalışmamızda farklı irrigasyon tekniklerinin smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerinin değerlendirilmesinde SEM cihazı kullanılmıştır.

Günümüze kadar kök kanal duvarlarından smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla pek çok materyal ve teknik kullanılmıştır (Ciucchi et al., 1989; Mader et al., 1984; Mayer et al., 2002). Fakat kök kanallarından uzaklaştırılıp uzaklaştırılmaması konusu hala tartışmalı bir konudur. Bazı araştırmacılar smear tabakasının uzaklaştırılmasının gerekliliğini savunurlarken (Brannstrom, 1984; Garberoglio ve Becce, 1994) bazı araştırmacılar da uzaklaştırılmaması (Drake et al., 1994; Pashley et al., 1981) yönünde görüşlerini beyan etmişlerdir.

Yapılan çalışmalarda, smear tabakasının uzaklaştırılmasında kök kanallarının koronal ve orta üçte birlik bölgesinde apikal bölgeye oranla daha etkili temizlemenin görüldüğü belirtilmiştir (Bitter, 1989b; Calt ve Serper, 2002). Bu durum kök kanalların koronal ve orta üçte birlik bölgelerdeki çapının apikal bölgeden daha geniş olmasına ve bu bölgelerde irrigasyon solüsyonunun dentinle temasının ve akıcılığının daha iyi sağlanmasına bağlanmıştır. O'Connell ve ark. (2000) final irrigasyonu için kök kanallarında üç farklı EDTA solüsyonu ve % 5.25'lik NaOCl kullanıldığında, smear tabakasının koronal ve orta bölgelerde tamamen uzaklaştığını, apikal bölgelerde ise bu etkinliğin azaldığını bildirmişlerdir. Guidotti ve ark. (2012) kök kanalının apikal kısmının endodontik tedavi esnasında temizlenebilirliğinin oldukça

düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Saber ve ark. (2009) farklı irrigasyon tekniklerinin smear tabakayı uzaklaştırma etkinliklerini inceledikleri çalışmalarında en yüksek skordan en düşük skora doğru sırasıyla apikal, orta ve koronal bölge şeklinde değerlendirmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada SEM cihazında elde edilen X1000 magnifikasyondaki görüntülerde yapılan skorlamaya göre koronal ve orta bölgeler apikal bölgelere göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha az smear tabakası içermektedir. Ayrıca koronal bölgede orta bölgeye göre daha az smear tabakası ve daha açık dentin tübülleri gözlemlenmiştir.

Blank-Gonçalves ve ark. (2011) kurvatürlü kanalların apikal bölgelerinde konvansiyonel şırınga ile irrigasyon aktivasyon sistemlerinin smear tabakayı uzaklaştırma etkinliğini karşılaştırmışlar, sonik ve ultrasonik sistemlerinin şırınga ile irrigasyona göre daha etkin olduğunu bildirmişlerdir.

Andrabi ve ark. (2013) irrigasyon solüsyonlarının kök kanallarında ultrasoniklerle ve MDA ile aktivasyonunun aktivasyon uygulanmamasına göre daha etkin şekilde smear tabakasını uzaklaştırdığını bildirmişlerdir. Ahmad ve ark. (1987b) ultrasoniklerin apikal kısımdaki smear tabakasını etkin bir şekilde uzaklaştırdığını rapor etmişlerdir.

Abarajithan ve ark. (2011) kök kanallarındaki smear tabakayı uzaklaştırma etkinlikleri bakımından apikal kısımda EndoVac sisteminin konvansiyonel şırınga ile irrigasyon sistemine göre oldukça etkin olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Heilborn ve ark. (2010) EndoVac irrigasyon sisteminin, pozitif basınçla irrigasyona göre apikal kısımda daha az zamanda daha etkin temizleme sağladığını bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada smear tabakasının kök kanallarından uzaklaştırılmasında pasif ultrasonik ve EndoVac irrigasyon sistemleri, Manuel irrigasyon grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha etkin sonuçlar vermiştir ($p<0,05$). Yapmış olduğumuz çalışmanın verileri daha önce yapılan benzer çalışmalarla paralellik göstermektedir (Abarajithan et al., 2011; Andrabi et al., 2013; Blank-Goncalves et al., 2011; Malki et al., 2012; Ribeiro et al., 2012).

Ribeiro ve ark. (2012) EndoVac ve ultrasonik irrigasyon sistemlerinin smear tabakayı uzaklaştırma etkinliği açısından aralarında fark olmadığını bildirmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada bu çalışmayla benzer şekilde EndoVac ve ultrasonik

irrigasyon sistemleri arasında smear tabakayı uzaklaştırma etkinliği açısından fark bulunamamıştır ($p>0,05$).

Saber ve ark. (2011) farklı irrigasyon aktivasyon tekniklerinin smear tabakayı uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında ANP ve MDA tekniklerinin pasif irrigasyon ve PUI tekniklerinden daha etkin şekilde smear tabakasını uzaklaştırdığını, pasif irrigasyon ve PUI teknikleri arasında fark olmadığını rapor etmişlerdir. Bu çalışmanın bulguları yapmış olduğumuz çalışmanın verileri ile çelişmektedir. Bizim çalışmamızdan farklı olarak bu çalışmada güç ayarı 5 olacak şekilde kullanılmıştır. Jiang ve ark. (2010a) yüksek güç ayarının ultrasonik uçta yüksek salınım amplitüdü meydana getirdiğini ve bunun ultrasoniklerin kök kanallarındaki temizleme etkinliğini artırdığını bildirmişlerdir. Pasif ultrasonik irrigasyonun ANP tekniği'ne göre düşük etkinlik göstermesinde araştırmacıların uyguladığı düşük güç ayarı etken olabilir.

Literatürde Er:YAG, Nd:YAG ve Diyet lazerler kök kanallarındaki smear tabakasının uzaklaştırılmasında kullanılan lazer tipleridir (Harashima et al., 1997; Takeda et al., 1998a; Wang et al., 2005). Er:YAG lazerlerin sert dokulardaki etkisi hidroksiapatite karşı olan yüksek afinitesine bağlanılmaktadır. İnorganik yapılar içerisindeki su tarafından absorbe edilerek doku içerisinde basınç oluşmasına ve dokuların parçalanmasına sebep olurlar (B S Lee et al., 2004). Nd:YAG lazerler ise protein, pigmente dokular ve koyu renkli yüzeyler tarafından daha iyi absorbe edilirken su tarafından iyi absorbe edilememektedir (Barbakow et al., 1999).

Saghiri ve ark. (2012b) kök kanallarında %17'lik EDTA veya BioPure MTAD (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) solüsyonları ile Diyet lazer uygulaması sonucu smear tabakasının uzaklaştırıldığını fakat %17'lik EDTA uygulanan örneklerde dentin yüzeyinde erime alanlarının oluştuğunu bildirmişlerdir.

da Costa Ribeiro ve ark. (2007) kök kanallarında Diyet lazer (810 nm) uygulaması sonrasında elde edilen SEM görüntülerinde özellikle kök kanalının apikal kısmında kapalı dentin tübüllerinin olduğunu bildirmişlerdir. Bu araştırmacıların bulguları Moritz ve ark.'ın (1997a) yapmış oldukları çalışmanın bulguları ile benzerlik göstermektedir. Bizim çalışmamızın sonucunda irrigasyon solüsyonlarını aktive etmek için Diyet lazer kullanımının etkin bir yöntem olmadığı belirlenmiştir. Manuel irrigasyon yöntemi ile Diyet lazer arasında istatistiksel olarak

fark bulunamamıştır ($p>0,05$). Bizim çalışmamızın verileri de Costa Ribeiro ve ark. (2007) ve Moritz ve ark. (1997a) yapmış oldukları çalışmanın sonuçları ile benzerdir.

Takeda ve ark. (1998a) yaptıkları SEM çalışmasında 1 W ve 2 W gücünde Er:YAG lazer uygulamasının kök kanallarındaki smear tabakasını ve debrisleri tamamen ortadan kaldırdığını her iki parametre arasında fark olmadığını rapor etmişlerdir. Yapılan başka bir araştırmada (1998b) argon (1 W, 50 mJ, ve 5 Hz), Nd:YAG (2 W, 200 mJ ve 20 Hz), ve Er:YAG lazer (1 W, 100 mJ and 10 Hz) sistemlerinin prepare edilmiş kök kanallarından smear tabakayı uzaklaştırma etkinlikleri incelenmiştir. Argon lazerin kullanıldığı grupta kök kanalının orta bölgesinden, Nd:YAG lazerin kullanıldığı grupta ise orta ve apikal bölgelerden smear tabakasının uzaklaştırıldığı gözlemlenmiştir. Nd:YAG lazerin uygulandığı örneklerde erimiş, kaynaşmış ve rekristalize alanların olduğu ayrıca Er:YAG lazerin her iki lazerden daha etkin bir şekilde smear tabakayı uzaklaştırdığı ve açık dentin tübüllerinin gözlemlendiği rapor edilmiştir. Goya ve ark. (2000) Nd:YAG lazerlerin, smear tabakasının uzaklaştırılmasında Er:YAG lazerlere göre daha az etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Bu araştırmanın bulguları Takeda ve ark. (1999)'ın yaptıkları çalışma ile benzerdir. Kıvanç ve ark. (2008) smear tabakasını uzaklaştırılmasında Er:YAG lazerle Nd:YAG lazer arasında farklılık olmadığını bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada Er:YAG lazer, Nd:YAG lazer'e göre daha etkin şekilde smear tabakayı uzaklaştırdı fakat bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0,05$). Bu bulgular Goya ve ark. (2000), Takeda ve ark. (1999) ve Kıvanç ve ark. (2008) yaptıkları çalışmaların sonuçları ile benzerdir.

Guidotti ve ark. (2012) yaptıkları çalışmalarında irrigasyon solüsyonun aktivasyonunda Er:YAG lazer uygulamasının smear tabakasının uzaklaştırılmasındaki etkinliğini değerlendirmişlerdir. Lazerin (1 W, 50 mJ, 20 Hz) parametrelerinde kök kanallarında irrigasyon solüsyonlarının aktive edilmesinde en etkin yöntem olduğunu ve smear tabakasını etkin bir şekilde uzaklaştırdığını bildirmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada Er:YAG lazer'in; Kontrol, Manuel İrrigasyon ve Diyet Lazer'e göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha etkin smear tabakasını uzaklaştırdığı gözlemlendi ($p\leq 0,05$). Çalışmamızın Er:YAG lazerle ilgili bu bulguları daha önce yapılmış benzer çalışmalarla paralellik göstermektedir (Goya et al., 2000; Guidotti et al., 2012; Takeda et al., 1998a; 1998b).

Peters ve ark. (2011) PIPS tekniği ile irrigasyon solüsyonunun aktive edilmesinin kökün apikal kısımlarında ve dentinal tübüllerin içerisinde bulunan bakterileri tamamen ortadan kaldırmadığını fakat apikal kısımda lazerle aktivasyonun ultrasonik aktivasyon yöntemine göre bakteri ve biofilm tabakasını daha iyi uzaklaştırdığını bildirmişlerdir. DiVito ve Lloyd (2012), PIPS-lazer aktivasyon yöntemi ile termal hasar oluşturmadan kök kanallarındaki biofilm tabakası üzerine etkin sonuçlar elde edilebileceğini bildirmiştir. Aynı araştırmacının yapmış olduğu başka bir çalışmada da (DiVito et al., 2012) kök kanallarında PIPS yöntemi ile irrigasyon solüsyonu aktivasyonunun geleneksel yöntemle irrigasyona göre daha etkin şekilde smear tabakasını uzaklaştırdığı bildirilmiştir. Bu araştırmanın bulgularıyla paralel olarak, yaptığımız çalışmada en az smear tabakası PIPS yönteminin kullanıldığı grupta gözlemlendi. PIPS yöntemi'nin; Kontrol, Manuel Irrigasyon ve Diyet Lazer'e göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha etkin smear tabakasını uzaklaştırdığı tespit edildi ($p \leq 0,05$). DiVito ve ark.'nın (2012) yaptıkları çalışma, PIPS yönteminin smear tabaka üzerindeki etkinliğini doğrular niteliktedir fakat literatürde PIPS yöntemi ile diğer irrigasyon sistemlerinin smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği bakımından karşılaştırıldığı herhangi bir çalışma bulunmamaktadır bu nedenle bu yöntemin diğer gruplarla karşılaştırıldığı herhangi bir literatür bilgisi sunulamamıştır.

Barbakow ve ark. (1999) kök kanal dentin yüzeyindeki smear tabakasını kaldırmada Nd:YAG lazerin farklı enerji yoğunlukları arasında (159, 239 ve 318Ji/cm^2) istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmadığını ve smear tabakasını uzaklaştırmadığını bildirmişlerdir. Bu araştırmacılar bizden farklı olarak Nd:YAG lazeri kök kanallarına irrigasyon solüsyonu olmadan uygulamışlardır. Uygulamadaki bu farklılık bizim çalışmamızdaki verilerle bu çalışma arasındaki farkı açıklamaktadır.

Yaptığımız çalışmada Ultrasonik ve EndoVac sistemleri Nd:YAG lazer'e göre daha etkin bulunurken, Er:YAG lazer ve PIPS yöntemleri'ne göre etkinliğinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Fakat bu yöntemler arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır ($p > 0,05$). Diyet lazerin ise Ultrasonik ve EndoVac sistemleri'ne göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük etkinlik gösterdiği tespit edilmiştir. Literatürde bizim çalışmamızda kullanılan lazer sistemleri ile Ultrasonik ve EndoVac

sistemlerinin karşılaştırıldığı herhangi bir çalışma bulunmamaktadır, bu nedenle çalışmamızda kullandığımız lazer yöntemlerinin diğer deneysel gruplarla karşılaştırıldığı herhangi bir literatür bilgisi sunulamamıştır.

Literatürde uygulanan irrigasyon tekniğinin dentin içeriğinde meydana getirebileceği olası değişiklikler, farklı yöntemlerle belirlenmeye çalışılmıştır. Lee ve ark. (2004) Er:YAG lazerin dentin yüzeyinde faz, kompozisyon ve morfolojik özellikler açısından meydana getirdiği değişiklikleri incelemek amacıyla XRD (x-ray diffractometer) ile FTIR (Fourier transform infrared spectroscopy) tekniklerini kullanmışlardır. Dentinin mineral içeriği SEM ve Energy Dispersive Spectrometer (EDS) ile ppm (mg/l) hassasiyetiyle veya ICP-AES tekniği ile ppb ($\mu\text{g/l}$) hassasiyetiyle ölçülebilir. ICP-AES tekniği birçok elementin analizinin yapılabildiği bir tekniktir. SEM ve EDS ile ikinci bir element analizi için tekrarlı ölçümler yapılabilmektedir. SEM -EDX analizi moleküler düzeyde ağırlık analizinin yapıldığı bir yöntemdir ve günümüze kadar endodontik uygulamalar sonrası kök dentininde meydana gelen değişiklikleri tespit etmek için kullanılmıştır (Altundasar et al., 2006; Borges et al., 2012). Teknik olarak çok hassas bir yöntem olmasından dolayı kesin yargılara varılması oldukça güçtür fakat literatürde bahsedilen avantajlarından dolayı yapmış olduğumuz çalışmada farklı irrigasyon tekniklerinin kök dentininin mineral içeriğinde meydana getirdiği değişiklikleri incelemek için SEM-EDX yönteminden yararlanılmıştır.

Dentinin kimyasal yapısı organik ve inorganik komponentlerden oluşmaktadır. Ca, P ve düşük oranda Mg dental sert yapıların inorganik kısmının major komponentlerini oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalarda kimyasal ajanların dentin yüzeyinde Ca/P oranında değişikliğe neden olduğu bildirilmiştir (Hennequin ve Douillard, 1995; Hennequin et al., 1994). Yaptığımız SEM-EDX analizinde dentinin Ca, P, Mg içeriği ve Ca/P oranı değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme kökün koronal, orta ve apikal kısımlarından X500 magnifikasyonla elde edilen görüntüler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Moshonov ve ark. (2004), yaptıkları çalışmada Nd:YAP lazeri kök kanallarında K tipi eğeler ile kombine kullanmışlar ve kök kanal duvarlarının kontrol grubuna göre daha temiz olduğunu ve bu lazerin dentinde Ca ve P oranlarında anlamlı bir farklılık oluşturmadığını bildirmişlerdir.

Altundasar ve ark. (2006) Er,Cr:YSGG lazer uygulanan dentinde Ca, P ve Mg değerlerinde artış olduğunu, bunun yanında Ca/P oranında anlamlı bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir. Bu araştırmacılar lazere bağlı değişikliklerin ancak moleküler seviyede olduğunu, klinik olarak anlamlı sonuçlara yol açabilecek bir farklılık yaratmayacağını bildirmişlerdir.

Gurbuz ve ark. (2008) yaptıkları in vitro çalışmalarında kök kanallarında beş farklı irrigasyon solüsyonunun ve Nd:YAG lazerin uygulanmasının kök kanal dentin yüzeylerinin mineral içeriğine ve morfolojisine etkisini X ışını Floresans Spektrometresi ile değerlendirmişlerdir. NaOCl'in kök yüzeyindeki Ca ve Ca/P oranını önemli düzeyde düşürdüğünü, Nd:YAG lazer ve kontrol grubunda ise Ca/P oranının aynı olduğunu bildirmişlerdir. Ca değerinin en yüksek olduğu grubun Nd:YAG lazer, K değerinin ise kontrol grubunda yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Doğan ve Çalt (2001) final irrigasyonda kullanılan %17'lik EDTA ve %2.5'lük NaOCl kombinasyonunun dentinin Ca/P oranını önemli derecede artırdığını aynı zamanda NaOCl'in şelasyon ajanıyla beraber kullanımının kök dentinindeki Mg seviyesini de artırdığını bildirmişlerdir.

Ari ve Erdemir (2004) yaptıkları çalışmalarında kontrol grubuna göre %5.25'lik NaOCl dışındaki farklı irrigasyon solüsyonlarının dentindeki Ca ve P seviyelerini düşürdüğünü K, Mg ve S seviyesinde ise istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik meydana getirmediğini bildirmişlerdir. Bu araştırmacılar yüksek konsantrasyondaki NaOCl seviyelerinin dentindeki inorganik materyali etkilediğini veya organik materyali direk olarak çözdüğünü rapor etmişlerdir.

Kimura ve ark. (2001) kök yüzeyine Er,Cr:YSGG lazer (5.0 W, 20 Hz) uygulaması sonrasında meydana gelen değişiklikleri morfolojik ve atomik analitik çalışmalarla incelemişler, SEM-EDX incelemesindeki görüntülerde erime ve karbonizasyon alanlarının olmadığını ayrıca kök yüzeyinde Ca/P oranının değişmediğini bildirmişlerdir. Yapılan bir araştırmada dentin içeriğindeki Ca, P ve Mg değerlerindeki artışın, dentindeki çözünme direncine karşı olumlu etkisinin olabileceği bildirilmiştir (Hossain et al., 2001).

Gómez ve ark. (2009) kök yüzeyine Er:YAG lazer (120 mJ/pulse) uygulamasının Ultrasonik enstrümantasyon uygulamasına göre kök yüzeyindeki

kalsiyum ve fosfor seviyesini artırdığını, Nd:YAG lazer (1.5 W) uygulamasının ise kalsiyum ve fosfor seviyesini düşürdüğünü rapor etmişlerdir.

Ca ve P değerlerine ait istatistiksel analiz incelendiğinde PIPS tekniği uygulanan grup; Er:YAG ve Diyet lazer uygulanan gruplarla, Diyet lazer uygulanan grupla Kontrol grubu arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlendi. ($p<0,05$). Ayrıca PIPS tekniği kullanılan grup (Grup 8) dışındaki tüm gruplarda kontrol grubuna (Grup 1) göre Ca seviyesinin arttığı gözlemlendi. Bu bulgu Altundasar ve ark. (2006) yaptıkları çalışmanın bulgularıyla benzerlik göstermektedir. Bu araştırmacılar bu durumu lazer uygulaması sırasında organik yapıda meydana gelen buharlaşma sonunda göreceli olarak inorganik komponentlerin artışı ile açıklamaktadırlar. Ca değerleri bakımından Nd:YAG lazer ve kontrol grubu karşılaştırıldığında Nd:YAG lazere ait değerler daha yüksek olduğu belirlendi bu bulgu Gurbuz ve ark.'nın (2008) yaptıkları çalışma ile paralellik göstermektedir.

Ca/P değerlerine ait istatistiksel analiz incelendiğinde Diyet lazer grubuna ait değerler PIPS tekniği uygulanan gruba göre anlamlı düzeyde daha yüksekti ($p<0,05$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlendi ($p>0,05$). Çalışmamızda, Kontrol grubu ve Nd:YAG lazer grubu karşılaştırıldığında elde edilen veriler, Gurbuz ve ark.'nın (2008) yaptıkları çalışma ile benzerdi. Bu çalışmada bizim çalışmamızdan farklı olarak irrigasyon solüsyonları dentin yüzeyine 15 dakika uygulanmıştır ve lazer veya herhangi bir irrigasyon solüsyonu aktivasyonu değerlendirilmemiştir. Nd:YAG lazer, kök kanallarına irrigasyon solüsyonu olmadan uygulanmıştır. Yaptığımız çalışmada Ca/P oranında anlamlı bir değişiklik olmaması, irrigasyon metotlarına bağlı oluşabilecek değişikliklerin moleküler seviyede olduğunu, klinik koşullarda anlamlı değişikliklere yol açabilecek bir farklılık oluşturmadığını düşündürmektedir. Bu bulgu Kimura ve ark. (2001) ve Altundasar ve ark. (2006) yapmış oldukları çalışma ile benzerdir.

Ca, P, Ca/P değerlerine ait verilerde diğer gruplar arasında ve koronal, orta ve apikal bölgeler arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlendi ($p>0,05$). Koronal, orta ve apikal bölgelere ait değerler kıyaslandığında yalnızca Mg'a ait verilerde istatistiksel olarak fark olduğu gözlemlendi ($p<0,05$). Daha önce yapılmış

olan çalışmalarda kök kanallarının farklı bölgeleri arasında kıyaslanmanın yapıldığı herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Bizim çalışmamızda Mg değerlerine ait veriler incelendiğinde Diyet lazer uygulanan grup, Manuel, Ultrasonik, Er:YAG ve PIPS teknikleri ile irrigasyon aktivasyonu yapılan gruplara göre, aynı şekilde EndoVac irrigasyon sisteminin uygulandığı gruptaki Mg değerleri de PIPS tekniği ile irrigasyon yapılan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha düşük değerler sergiledi ($p < 0,05$). Diyet lazer dışında Mg değerleri açısından kontrol grubu ve diğer gruplar arasında istatistiksel olarak fark olmadığı belirlendi ($p > 0,05$). Bu bulgu Ari ve Erdemir'in (2004) yaptıkları çalışma ile benzerdir bu araştırmacılar da farklı irrigasyon solüsyonlarının kök dentinindeki Mg seviyesini değiştirmediğini bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada Diyet lazer devamlı modda, diğer lazerler ise atımlı modda kök kanallarına uygulanmıştır. Moleküler seviyedeki bu farklılık lazerlerin kullanım şekline bağlı olarak hedef dokuda meydana getirebilecekleri değişikliklerle açıklanabilir. Ayrıca çalışmamızda Kontrol grubu ile diğer gruplar karşılaştırıldığında elde edilen veriler Altundasar ve ark.'nın (2006) yaptığı çalışmayla farklılık göstermiştir. Bu farklılığın nedeninin bu araştırmacıların kullandıkları lazer tipinin ve kök kanallarına uygulama şeklinin çalışmamızdan farklı olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Bu araştırmacılar lazerleri kök kanallarına irrigasyon solüsyonu olmadan uygulamışlardır.

Günümüze kadar yapılmış olan çalışmalarda Ultrasonik, EndoVac, Diyet lazer ve PIPS tekniğinin dentin yapısında meydana getirdiği kimyasal değişimle ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca irrigasyon solüsyonlarının kök kanallarında aktive edilmesiyle veya lazer sistemlerinin kök kanallarına irrigasyon solüsyonu varlığında uygulandığı bir çalışma da bulunmamaktadır. Bu nedenle bu gruplara ait verilerin başka araştırmalarla karşılaştırılması uygun değildir.

SEM-EDX analizi moleküler düzeyde ağırlık analizi yapılan bir teknik olduğundan çalışmamızdaki bulgulara bağlı verilerde, kesin yargılara varılması oldukça güçtür. Bu verilerin dentinin kimyasal yapısının incelenebileceği başka analiz yöntemleriyle de doğrulanması gerektiğini düşünmekteyiz.

İrrigasyon yöntemlerinin kök kanallarından dentin debrisini uzaklaştırma etkinliğinin değerlendirilmesinde Lee ve ark. (2004) tarafından tanımlanmış olan

daha önce farklı araştırmacıların da kullanmış olduğu deneysel model kullanılmıştır (De Moor et al., 2010; Jiang et al., 2010b). Bu model standardize kök kanal anatomisi ve irrigasyon prosedürlerinden önce kök kanalında bulunan dentin debrisini standardize etmektedir. Ayrıca dentin debrisi uzaklaştırmanın değerlendirilmesinde istenilen güvenilirliği temin etmektedir. Bu metot hassas ve verileri tekrarlanabilir bir yöntemdir (ven der sluis, 2007).

Nielsen ve Baumgartner (2007) EndoVac irrigasyon sistemi ile 30-gauge'luk ProRinse irrigasyon iğnesinin kök kanallarındaki temizleme etkinliklerini kıyasladıkları çalışmalarında, irrigasyon sonrası kanal lümenindeki kalan debris yüzdelerini değerlendirmişlerdir. Çalışma boyundan 1 mm uzaklıkta EndoVac irrigasyon sistemi 30-gauge'lık ProRinse irrigasyon iğnesine (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) göre daha etkin bulunurken 3 mm uzaklıkta gruplar arasında herhangi bir fark olmadığını rapor etmişlerdir. Shin ve ark. (2010) yapmış oldukları *in vitro* bir çalışmada EndoVac irrigasyon sisteminin 24- veya 30-gauge'luk irrigasyon iğnesine göre daha etkin bir şekilde kök kanallarındaki debrisi uzaklaştırdığını rapor etmişlerdir.

Lee ve ark. (2004) tarafından yapılan başka bir çalışmada kanin dişlerinde enstrmante edilmeyen kök kanal düzensizliklerini taklit eden oluk ve ukurcukları dentin debrisi ile doldurmuşlar, bu alanlarda ultrasonik ve manuel şırınga ile irrigasyon aktivasyonunun dentin debrisinin uzaklaştırılmasındaki etkinliklerini incelemişlerdir. Ultrasonik irrigasyonun, manuel şırınga ile irrigasyona göre dentin debrisini çok daha etkin bir şekilde uzaklaştırdığını bildirmişlerdir.

Susin ve ark. (2010) EndoVac ve MDA tekniklerinin mandibular birinci molarlarda kanal ve istmuslardaki debris uzaklaştırma etkinliklerini değerlendirmişler, her iki tekniğin de istmuslardaki debrisi tamamen uzaklaştıramadığını, debris uzaklaştırmada EndoVac tekniğinin diğer tekniğe göre daha etkin olduğunu bildirmişlerdir.

Jiang ve ark. (2012) yaptıkları çalışmalarında standardize kök kanallarında dentin debrisi uzaklaştırma etkinliği açısından konvansiyonel şırınga ile irrigasyon, açılı veya açısız gutta perka konları ile manuel dinamik aktivasyon (MDA), Safety irrigasyon sistemi (Vista Dental, Racine, WI), devamlı ultrasonik irrigasyon ve ANP irrigasyonunun etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, devamlı ultrasonik

irrigasyon tekniğinin diğer yöntemlerden daha etkin bir şekilde kök kanallarındaki debrisini uzaklaştırdığını en az etkinliği ise manuel şırınga ile irrigasyon yapılan grupta olduğunu gözlemlemişlerdir.

Malki ve ark. (2012) ultrasonik ucun yerleştirilme derinliğinde düz ve eğimli kök kanallarında meydana getirdiği irrigasyon akışını görüntülemişler ve temizleme etkinliğini değerlendirmişlerdir. Ultrasonikle aktive edilen gruplarda aktivasyonun olmadığı gruplara göre kök kanallarından dentin debrisinin daha etkin şekilde uzaklaştırıldığını rapor etmişleridir.

Ribeiro ve ark. (2012) kök kanallarında, fırça kaplı NaviTip FX irrigasyon iğnesi (NaviTip FX, Ultradent, USA), MDA, PUI ve EndoVac irrigasyon sistemlerinin debris uzaklaştırma etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında, kök kanallarındaki debrisini PUI ve EndoVac irrigasyon sistemlerinin diğer yöntemlere göre daha etkin şekilde uzaklaştırdığını bildirmişlerdir.

Howard ve ark. (2011) ultrasonik, manuel ve EndoVac irrigasyon sistemleri ile istmusların ve kök kanallarındaki debrisin etkin şekilde uzaklaştırıldığını bildirmişlerdir.

Rödig ve ark. (2010) yaptıkları çalışmalarında farklı irrigasyon aktivasyon tekniklerinin kurvatürlü kök kanallarında dentin debrisini uzaklaştırma etkinliğini değerlendirmişlerdir. Kontrol grubu dışında EndoActivator® (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK) irrigasyon sistemi, ultrasonik irrigasyon ve CanalBrush® (Roeko Canal Brush TM, Coltène/Whaledent, Langenau, Germany) arasında dentin debrisini uzaklaştırma etkinliği açısından herhangi bir fark olmadığını rapor etmişlerdir.

de Moura-Netto ve ark. (2008) atımlı modda Nd:YAG (1.5 W, 100 mJ, ve 15 Hz) ve 2.5 W devamlı modda Diyot lazer uygulamalarının debris uzaklaştırma etkinliklerini inceledikleri çalışmalarında SEM görüntülerinde Nd:YAG ve Diyot lazer uygulanan gruplarda parsiyel olarak debrisin uzaklaştığını ve her iki lazerin dentin yüzeylerinde morfolojik değişikliğe neden olduğunu bildirmişlerdir.

Yapmış olduğumuz dentin debrisini uzaklaştırma etkinliği değerlendirmesinde kontrol grubu, Diyot lazer uygulanan grup dışındaki tüm gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek debris skorlarına sahip olduğu belirlendi. Diğer irrigasyon metotları arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı belirlendi

($p>0,05$). Ultrasonik uygulanan grup, diğer gruplara göre en düşük skorlara sahipti ve EndoVac, Er:YAG Lazer ve PIPS gruplarıyla arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$). PIPS yöntemi ile dentin debris uzaklaştırma etkinliğinin araştırıldığı literatur bilgisi olmadığından bu gruptaki veriler başka araştırmalarla karşılaştırılmadı. Bu veriler SEM çalışmamızdaki bulgulara paraleldi ve düşük dentin debris varlığı izlendi. SEM çalışmamızdan farklı olarak ultrasonik uygulanan grupta istatistiksel olarak anlamlı olmamakla beraber daha düşük dentin debris skorları elde edildi ($p>0,05$). Biz bu farklılığın nedenini, çalışmamızın SEM bulgularına dayanarak, açılan debris oluklarının kök kanalının apikal kısmında yer alması ve apikal bölgede Er:YAG lazerin ultrasoniklere göre etkinliğinin daha düşük olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Çalışmamızda Ultrasonikle irrigasyon uygulanan grupta, manuel olarak irrigasyon uygulanan gruba göre daha etkin şekilde dentin debrislerini uzaklaştırdığı gözlemlendi. Bu iki irrigasyon sisteminin karşılaştırılmasına ait bulgular Lee ve ark. (2004), Jiang ve ark. (2012), Malki ve ark. (2012) ve Howard ve ark. (2011) yapmış oldukları çalışmaların sonuçları ile paralellik göstermektedir. Ultrasonikle irrigasyon uygulanan grubun, EndoVac grubuna göre istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte kök kanallarındaki debrisin uzaklaştırılmasında daha etkin olduğunu belirledik. Bu bulgular Jiang ve ark. (2012) yapmış olduğu çalışmayla benzerdir. EndoVac irrigasyon sistemi uygulanan örneklerde manuel olarak irrigasyon uygulanan örneklere göre daha etkin şekilde dentin debrisinin uzaklaştırıldığı gözlemlendi. Bu iki irrigasyon sisteminin karşılaştırılmasına ait bulgular istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte Nielsen ve Baumgartner (2007) ve Ribeiro ve ark. (2012) yapmış oldukları çalışmaların sonuçları ile uyumludur. EndoVac irrigasyon sistemi uygulanan örneklerde, Er:YAG, Nd:YAG ve Diyet lazer uygulanan gruplara göre daha etkin şekilde debris uzaklaştırıldığı gözlemlendi. Bu farklılığın nedenini istatistiksel olarak anlamlı olmamakla beraber çalışmamızın SEM değerlendirmesi yapılan kısmında apikal bölgede EndoVac İrrigasyon sisteminin en etkin temizlemeyi sağladığı bulgularına dayanarak açıklamaktayız. Yaptığımız çalışmada Diyet lazer uygulanan grup, kontrol grubundan sonra en yüksek debris skorlarına sahipti, bunun nedeni olarak da deney gözlemlerimize dayanarak Diyet lazerin devamlı modda iken kök kanalındaki irrigasyon solüsyonunda fiziksel bir akış dinamiği oluşturmamasının neden olduğunu

düşünmekteyiz. Fakat bu konuda herhangi bir literatür bilgisi bulunmamaktadır. Bu bulgular de Moura-Netto ve ark. (2008) yapmış oldukları çalışma ile paralellik göstermektedir.

De Moor ve ark. (2010) çalışmalarında Er:YAG, Er,Cr:YSGG lazer ve ultrasonik sistemlerin debris uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırmışlardır. Daha kısa sürede lazerlerle irrigasyon solüsyonu aktivasyonu yapılan grubun, daha uzun sürede pasif ultrasonik irrigasyon yapılan gruba benzer sonuçlar gösterdiğini rapor etmişlerdir. Aynı araştırmacıların (De Moor et al., 2009) yaptıkları başka bir çalışmada irrigasyon solüsyonlarının konvansiyonel şırınga, pasif ultrasonik ve Er,Cr:YSGG (75 mJ, 20 Hz) lazer yöntemlerinin kullanılarak aktive edilmesiyle kök kanallarındaki debris uzaklaştırma etkinliklerini araştırmışlar ve irrigasyon solüsyonunun aktive edilmesinde lazerin diğer yöntemlere göre oldukça etkin bir yöntem olduğunu rapor etmişlerdir.

de Groot ve ark. (2009) Er:YAG lazerin irrigasyon solüsyonunda meydana getirdiği akışı ve kavitasyonu görüntüleyerek değerlendirdikleri çalışmalarında kök kanalının apikal kısmındaki dentin debrislerinin uzaklaştırılmasında lazerle aktivasyonun pasif ultrasonik irrigasyon veya manuel irrigasyon yöntemine göre daha etkin olduğunu bildirmişlerdir. Biz bu çalışmalarla yapmış olduğumuz çalışma arasındaki farklılıkları çalışmamızda irrigasyon solüsyonunu kök kanallarına aralıklı olarak uygulamış olmamıza, ayrıca lazer sisteminde ve ultrasonik sistemde kullanılan güç ayarındaki farklılıklardan kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Lazerlerin etkinlikleri; kullanılan güç seviyesi, enerji modu, lazerin dokuda uygulama süresi, dokunun absorpsiyon miktarı, kök kanalının şekli ve lazer ucuyla hedef doku arasındaki mesafe gibi birçok faktöre bağlıdır (Ritter, 2006). Yaptığımız çalışmanın sonucunda elde edilen farklı verilerin nedeni, lazerlerin etkinliğini belirleyen faktörlerle de açıklanabilir.

Son yıllarda, kök kanallarında uygulanan endodontik materyaller ve diş yapısı arasındaki adezyonun etkinliğinin değerlendirilmesinde bağlanma dayanımı testleri, popüler yöntemler haline gelmiştir. Bağlanma dayanımı testi olarak; makaslama bağlanma dayanımı (shear bond strength), gerilim bağlanma dayanımı (tensile bond strength), mikromakaslama bağlanma dayanımı (microshear bond strength) ve mikrogerilim bağlanma dayanımı (microtensile bond strength) deneyleri

kullanılmaktadır. Fakat günümüzde hangi yöntemin tercih edilmesi gerektiği konusunda görüş birliğine varılamamıştır.

Son yıllarda fiber postların dentine bağlanma dayanımlarının “ push-out testi” ile değerlendirildiği (Renovato et al., 2012; Saghiri et al., 2012a) dikkati çekmektedir. Goracci ve ark. (2004) mikrogerilim bağlanma dayanımı testinin sadece adeziv materyal ile rezin siman arasındaki bağlanmayı değerlendirdiğini, fiber postların kök dentinine bağlanmasının değerlendirilmesinde push-out bağlanma dayanımı deney yönteminin klinik şartları daha iyi taklit ettiğini bildirmişlerdir. Soares ve ark. (2008) postun bağlanma dayanımını mikrogerilim ve push-out deneyleri ile karşılaştırdıkları çalışmalarında push-out deneyinin daha homojen stres dağılımı gösterdiğini bildirmişlerdir. Push-out bağlanma dayanımı testi dentin-siman veya post-siman ara yüzündeki klinik koşullarda ortaya çıkan stresi taklit edebilmektedir (Sudsangiam ve van Noort, 1999). Bahsedilen avantajlarından dolayı bu çalışmamızda fiber postların kök kanal dentinine bağlanma dayanımlarını test etmek için “push-out testi” kullanılmıştır.

Push-out testi tüm post yüzeyinde veya kalın kök kesitleri üzerinde uygulanıyor ise (Sudsangiam ve van Noort, 1999) düzenli olmayan stres dağılımı meydana getirebileceği için, orijinal push-out testi kökten 1 mm kalınlığında kesitler alınarak modifiye edilmiştir (Frankenberger et al., 1999; Grassi et al., 2012). Bu yöntemle kök kanalı içinde düşük bağlanma dayanımı gösteren bölgeler ve bölgesel farklar da test edilebilmektedir (Loxley et al., 2003). Biz de bu bilgiler doğrultusunda çalışmamızdaki örneklerden $1,00 \pm 0,05$ mm kalınlığında kesitler almayı tercih ederek deneyde modifiye push out testini uyguladık.

Son yıllarda yapılan bazı araştırmalarda endodontide kullanılan irrigasyon solüsyonlarının rezin materyallerin dentine bağlanma dayanımlarını olumsuz etkilediği rapor edilmiştir (Erdemir et al., 2004a; Erdemir et al., 2004b; Ozturk ve Ozer, 2004). Dentinin alt tabakalarındaki kalan NaOCl, dentin ve adeziv materyalin ara yüzünde rezin monomerlerinin polimerizasyonlarını olumsuz etkilemesine neden olmaktadır ve bu durum bağlanma dayanımını tehlikeye sokmaktadır (Perdigao et al., 2000). Yapılan bir çalışmada ve self-etch adezivlerle rezin-dentin arayüzü hazırlanırken irrigasyon solüsyonuna bağlı olarak oluşabilecek aşırı demineralizasyondan kaçınmak gerektiği vurgulanmıştır (Hayashi et al., 2005).

Yaptığımız çalışmada post boşluğu hazırlandıktan sonra kök kanallarına %2.5'lük NaOCl ve %17'lik EDTA ile yıkama sonrası ilave olarak her örnekte 3 ml distile suyla irrigasyon uygulanmıştır.

Arısu ve ark. (2013) yaptıkları çalışmalarında post boşluğu preparasyon şeklinin cam fiber postların push-out bağlanma dayanımına ve kopma tiplerine etkisini değerlendirmişlerdir. Tüm gruplarda servikal kök bölgesi, orta kök bölgesinden daha yüksek bağlanma dayanımı sergilemiştir. NaOCl ve EDTA'in beraber uygulandığı örneklerin, yalnızca NaOCl veya Diyet lazer uygulanan gruplara göre daha yüksek bağlanma dayanımı sergilediğini rapor etmişlerdir.

Saghiri ve ark. (2012a) Diyet lazer ve MTAD'ın MTA-dentin ara yüzeyininin push-out bağlanma dayanımına etkisini inceledikleri araştırmalarında yalnızca Diyet veya MTAD uygulanan grupların düşük bağlanma dayanımı gösterdiğini Diyet lazerle MTAD'ın beraber uygulanmasının da bağlanma dayanımını negatif etkilediğini bildirmişlerdir.

Garcia Lda ve ark. (2011) yaptıkları çalışmalarında 980 nm Diyet lazerin farklı parametrelerinin fiber postların bağlanma dayanımına etkisini incelemişlerdir. Diyet lazer uygulanan tüm gruplarda uygulanmayan gruplara göre daha yüksek bağlanma dayanımı olduğunu bildirmişlerdir. 1.5 W/100 Hz ve 1.5 W/devamlı modda (CW) Diyet lazer uygulanan grupların, 3.0 W/100Hz ve 3.0 W/CW parametrelerinde Diyet lazer uygulanan gruplara göre daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiğini bildirmişlerdir. 1.5 W lazer uygulanan grupların mix, diğer grupların ise dentin siman arayüzeyinde kopma tipi sergilediğini göstermişlerdir.

Kıvanç ve ark. (2012) gaz ozon ve Nd:YAG lazer uygulamalarının cam fiber postların kök kanalına bağlanma dayanımları üzerine etkisini push out testini kullanarak inceledikleri çalışmalarında, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığını rapor etmişlerdir. Post boşluklarının Nd:YAG lazer veya ozonla dezenfeksiyonunun cam fiber postların bağlanma dayanımlarına olumsuz bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Negase ve ark. (2011) Nd:YAG lazer (1.5 W, 10 Hz, 100 mJ), Er,Cr:YSGG lazer (0.75 W, 20 Hz) ve her iki lazeri birlikte uyguladıkları çalışma sonucunda tüm gruplarda fraktürlerin rezin ve dentin arasında meydana geldiğini ve Nd:YAG lazer uygulamasının post retansiyonunu olumsuz etkilediğini rapor etmişlerdir.

Bitter ve ark. (2008) kök kanalına antibakteriyel ajanların (Er:YAG lazer ve ozon gazı) uygulandıktan sonraki fiber postların bağlanma dayanımlarını incelemişlerdir. Çalışmadaki fiber postları; Panavia F 2.0, Variolink II (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), Rely X Unicem (3M Espe; Seefeld, Germany) veya Ketac Cem (3M Espe) olmak üzere dört farklı siman tipini kullanarak kök kanalına yerleştirmişlerdir. Araştırmacılar push-out bağlanma dayanımını kullanılan antimikrobiyal ajan türünün değil siman tipinin etkilediğini rapor etmişlerdir. Ozon gazı ön tedavisi sonrasında RelyX Unicem kullanılan grupta diğer gruplara göre oldukça düşük bağlanma dayanımının olduğunu, Panavia F 2.0 kullanılan grubun ise en yüksek değerlere sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada fiber postların kök kanalına yerleştirilmesinde Panavia F 2.0 siman tercih edildi.

Zhang ve ark. (2008) iki farklı self etch sisteminin (Clearfil SE Bond veya Clearfil DC Bond) ve farklı irrigasyon tekniklerinin kökün farklı kısımlarında fiber postların retansiyonuna etkisini push out test yöntemi ve SEM görüntülerini kullanarak incelemişlerdir. Her iki self etch yöntemde, fiber postların apikal push-out bağlanma dayanımının hem %35'lik fosforik asit uygulanan hem de EDTA/NaOCl ile ultrasonik irrigasyonun birlikte kullanıldığı gruplarda arttığını rapor etmişlerdir.

Tunçdemir ve ark. (2013) alüminyum oksit (Al_2O_3) air-abrazyon ve Er:YAG lazer (10 Hz, 150 mJ) uygulamasının kök yüzeylerine uygulanan fiber postların bağlanma dayanımı üzerine olan etkisini inceledikleri çalışmalarında her iki yöntem arasında fark olmadığını fakat tüm gruplarda en yüksek bağlanma değerlerinin koronal kesitlerden elde edildiğini rapor etmişlerdir. Farina ve ark. (2011) rezin simanla cam ve karbon fiber postların kök kanalının koronal, orta ve apikal kısımlarına bağlanma dayanımlarını inceledikleri çalışmalarında her iki post sisteminde de koronal kök kısmına ait örneklerin orta ve apikal kısımdaki örneklerle göre daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiğini rapor etmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada da tüm gruplarda koronal kısımlardan elde edilen örneklerin bağlanma dayanımı apikal bölgeden elde edilen örneklerin bağlanma dayanımlarına göre yüksekti.

Örnekler incelendiğinde en düşük bağlanma dayanımının kontrol grubunda olduğu gözlemlendi ve diğer gruplarla arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu. ($p<0,05$). Sonuç olarak smear tabakasının uzaklaştırılması bağlanma

dayanımını artırdı. PIPS uygulanan grup diğer gruplara göre en yüksek bağlanma dayanımı gösterdi ve Manuel irrigasyon (Grup 2) ve Diyot lazer (Grup 5) grupları dışında diğer deneysel gruplarla arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlendi ($p>0,05$). Bu bulgular SEM analizinde ve debris uzaklaştırma etkinliğinde elde ettiğimiz verilerle benzerlik göstermektedir. Diğer deneysel irrigasyon metotları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0,05$).

Manuel irrigasyon uygulanan grupla, Nd:YAG ve Er:YAG lazer uygulanan gruplar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). Bu bulgular Kıvanc ve ark. (2012) ve Bitter ve ark. (2008) yapmış oldukları çalışmalar ile paralellik göstermektedir. Yaptığımız çalışma Negase ve ark. (2011) yaptığı çalışma ile farklılık göstermektedir. Bu farklılığın nedeninin Negase ve ark.'nın (2011), kök kanallarında irrigasyon solüsyonları olmadan lazer uygulaması yapılmış olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Bu çalışmada, Manuel irrigasyon uygulanan grupla Diyot lazer uygulanan grup arasında bağlanma dayanımı açısından farklılık olmadığı belirlendi ($p>0,05$). SEM çalışması sonuçlarına bakıldığında da Diyot lazerle irrigasyon solüsyonunun aktive edilemediği ve smear uzaklaştırmada yetersiz kaldığı gözlemlenmektedir. Bu veriler Garcia Lda ve ark.'nın (2011) yaptığı çalışma ile paralellik göstermektedir. Bu bulguların Saghiri ve ark. (2012a) yapmış oldukları çalışmayla gösterdiği farklılığın nedeninin kullanılan irrigasyon solüsyonunun farklılığından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Ultrasonik uygulanan grup, kontrol grubuna ve Manuel irrigasyon uygulanan gruba göre daha yüksek bağlanma dayanımı sergilemiştir. Bu bulgular Zhang ve ark. (2008) yapmış oldukları çalışmanın bulguları ile benzerlik göstermektedir.

Tüm gruplarda apikal bölgeye ait bağlanma dayanımı, koronal bölgeye göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük olduğu tespit edildi. Bu bulgular Arısu ve ark. (2013) yapmış oldukları çalışmanın verileriyle paralellik göstermektedir.

Sonuç olarak; günümüzde kök kanallarındaki smear tabakasının ve dentin debrislerinin uzaklaştırılması; irrigasyon solüsyonlarının, medikamentlerin ve kök kanal dolgu maddelerinin ve post yapıştırma simanlarının dentin tübüllerine penetrasyonunun sağlanması açısından önem taşımaktadır. Günümüze kadar bu amaçla, birçok materyal ve uygulama tekniğinden yararlanılmıştır fakat şu ana kadar

hiçbir materyal tek başına kök kanallarından smear tabakasını ve debrisi tam olarak uzaklaştıramamıştır. Son yıllarda irrigasyon solüsyonlarının kök kanallarındaki etkinliğinin artırılması amacıyla yeni teknikler ve uygulamalar geliştirilmiştir. Bu in vitro çalışmanın sınırları içerisinde SEM bulguları değerlendirildiğinde;

- 1- NaOCl ve EDTA irrigasyon solüsyonları'nın birlikte kullanımının kök kanallarındaki smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkin olduğu,
- 2- Manuel irrigasyonun ve Diyet lazerle aktivasyonun smear tabakasının uzaklaştırmasında yetersiz olduğu,
- 3- Diyet lazer dışındaki Ultrasonik, EndoVac, Nd:YAG, Er:YAG ve PIPS yöntemlerinin irrigasyon solüsyonu aktivasyonu ile kök kanallarındaki smear tabakayı uzaklaştırmada etkin yöntemler olduğu,
- 4- Tüm gruplarda en yoğun smear tabakası varlığının apikal bölgede olduğu, bu yoğunluğun orta bölgeden koronal bölgeye doğru azaldığı,
- 5- Koronal ve orta bölgede Ultrasonik, Er:YAG ve PIPS tekniklerinin, apikal bölgede ise EndoVac yönteminin smear tabakayı uzaklaştırma bakımından en iyi etkinlik gösterdiği belirlenmiştir.

EDX analizi değerlendirildiğinde;

- 1- Dentin mineral içeriğindeki değişiklikler bakımından dentindeki Ca, P, Ca/P ve Mg minerallerinde, farklı irrigasyon metotları ile irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonunun meydana getirdiği değişikliğin moleküler seviyede olduğu belirlendi.

Debris uzaklaştırma etkinliği değerlendirildiğinde;

- 1- İrrigasyon solüsyonu olarak NaOCl ve EDTA kullanımının kök kanallarındaki debrisi uzaklaştırmada etkili olduğu,
- 2- Debris uzaklaştırma bakımından Ultrasonik, EndoVac ve PIPS uygulamalarının en etkin yöntemler olduğu belirlenmiştir.

Push out bağlanma dayanımı testi değerlendirildiğinde;

- 1- Smear tabakası varlığının fiber postların bağlanma dayanımını olumsuz etkilediği,
- 2- İrrigasyon solüsyonlarının PIPS yöntemi ile aktivasyonunun bağlanma dayanımını en fazla artıran teknik olduğu,

- 3- Ultrasonik, Nd:YAG ve Er:YAG Lazer ile irrigasyon solüsyonu aktivasyonunun fiber postların bağlanma dayanımını olumlu yönde etkilediği,
- 4- Koronal bölgedeki bağlanma dayanımının apikal bölgeye göre daha yüksek olduğu belirlendi.

PIPS yöntemi kök kanallarında oluşturduğu fotoakustik etkiye bağlı olarak irrigasyon solüsyonunda meydana getirdiği sekonder kabarcık formasyonu ile irrigasyon aktivasyonunda oldukça yeni ve güncel bir tekniktir. Yapmış olduğumuz çalışmada; bu tekniğin etkinliği konusunda yapılmış çok fazla çalışmanın olmaması ayrıca bu yöntemle beraber Manuel, Ultrasonik, EndoVac, Diyet, Nd:YAG ve Er:YAG Lazerlerin smear tabaka, dentin debris uzaklaştırma, dentinin mineral içeriğine ve bağlanma dayanımına etkisi üzerine bir arada kıyaslandığı herhangi bir çalışmanın olmamasının literüre yeni bir yön verdiği ve gerçek anlamda bir katkı sağladığı düşüncesindeyiz.

Çalışmamızda uygulamış olduğumuz güncel bir irrigasyon aktivasyon tekniği olan PIPS tekniğinin, irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonunda kök kanallarında kullanımı önerilen Ultrasonik, EndoVac, Diyet, Nd:YAG ve Er:YAG yöntemlerinin smear tabaka, dentin debris uzaklaştırma ve dentinde meydana getirdiği değişiklikler bakımından etkinliğinin inceleneceği, ayrıca bu yöntemlerin kök kanallarındaki etkinliklerinin geliştirmesi amacıyla farklı metotlarla kombine kullanılması yönünde yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.

6. KAYNAKLAR

- Abarajithan M Dham S Velmurugan N Valerian-Albuquerque D Ballal S Senthilkumar H (2011) Comparison of Endovac irrigation system with conventional irrigation for removal of intracanal smear layer: an in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 112(3), 407-411.
- Abbott PV Heijkoop PS Cardaci SC Hume WR Heithersay GS (1991) An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *Int Endod J*, 24(6), 308-316.
- Abou-Rass M Piccinino MV (1982) The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 54(3), 323-328.
- Ahmad M (1989) Effect of ultrasonic instrumentation on *Bacteroides intermedius*. *Endod Dent Traumatol*, 5(2), 83-86.
- Ahmad M (1990) Measurements of temperature generated by ultrasonic file in vitro. *Endod Dent Traumatol*, 6(5), 230-231.
- Ahmad M Pitt Ford TJ Crum LA (1987a) Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod*, 13(10), 490-499.
- Ahmad M Pitt Ford TR Crum LA (1987b) Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *J Endod*, 13(3), 93-101.
- Akgün B (2004) Dis Hekimliginde Lazer. *Dentalife*, 9, 14-19.
- Akpata ES Blechman H (1982) Bacterial invasion of pulpal dentin wall in vitro. *J Dent Res*, 61(2), 435-438.
- Aktener BO Cengiz T Piskin B (1989) The penetration of smear material into dentinal tubules during instrumentation with surface-active reagents: a scanning electron microscopic study. *J Endod*, 15(12), 588-590.
- Al-Ali M Sathorn C Parashos P (2012) Root canal debridement efficacy of different final irrigation protocols. *Int Endod J*, 45(10), 898-906.

- Alacam T (2000) *Endodonti, 2.Baskı, Ankara Barış Yayınları, Fakülte Kitabevi, Ankara, s:289-312.*
- Alacam T Demirtola N Misirligil A Ayhan N Gokay O (1987) In vivo comparison of antimicrobial effectiveness of conventional and ultrasound activated irrigation techniques in root canal therapy. *Bull Tokyo Dent Coll*, 28(1), 19-22.
- Alapati SB Brantley WA Svec TA Powers JM Nusstein JM Daehn GS (2005) SEM observations of nickel-titanium rotary endodontic instruments that fractured during clinical Use. *J Endod*, 31(1), 40-43.
- Altundasar E Ozcelik B Cehreli ZC Matsumoto K (2006) Ultramorphological and histochemical changes after ER,CR:YSGG laser irradiation and two different irrigation regimes. *J Endod*, 32(5), 465-468.
- Andrabi SM Kumar A Zia A Iftekhar H Alam S Siddiqui S (2013) Effect of passive ultrasonic irrigation and manual dynamic irrigation on smear layer removal from root canals in a closed apex in vitro model. *J Invest Clin Dent*.
- 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. *J Endod*, 21(12), 594-598.
- Aoki A Ando Y Watanabe H Ishikawa I (1994) In vitro studies on laser scaling of subgingival calculus with an erbium:YAG laser. *J Periodontol*, 65(12), 1097-1106.
- Arakawa S Cobb CM Rapley JW Killoy WJ Spencer P (1996) Treatment of root fracture by CO₂ and Nd:YAG lasers: an in vitro study. *J Endod*, 22(12), 662-667.
- Aranha AC Domingues FB Franco VO 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. *Photomed Laser Surg*, 23(5), 504-508.
- Arcoria CJ Frederickson CJ Judy MM Jennett EL Motamedi M (1994) Jet-assisted laser tools for tooth preparation. *J Clin Laser Med Surg*, 12(3), 153-157.

- Arcoria CJ Steele RE Wagner MJ Judy MM Matthews JL Hults DF (1991) Enamel surface roughness and dental pulp response to coaxial carbon dioxide-neodymium: YAG laser irradiation. *J Dent*, 19(2), 85-91.
- Ari H Erdemir A (2005) Effects of endodontic irrigation solutions on mineral content of root canal dentin using ICP-AES technique. *J Endod*, 31(3), 187-189.
- Ari H Erdemir A Belli S (2004) Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *J Endod*, 30(11), 792-795.
- Arisu HD Kivanc BH Saglam BC Simsek E Gorgul G (2013) Effect of post-space treatments on the push-out bond strength and failure modes of glass fibre posts. *Aust Endod J*, 39(1), 19-24.
- Ayhan H Sultan N Cirak M Ruhi MZ Bodur H (1999) Antimicrobial effects of various endodontic irrigants on selected microorganisms. *Int Endod J*, 32(2), 99-102.
- Bader G Lejeune S (1998) Prospective study of two retrograde endodontic apical preparations with and without the use of CO2 laser. *Endod Dent Traumatol*, 14(2), 75-78.
- Bahcall J Howard P Miserendino L Walia H (1992) Preliminary investigation of the histological effects of laser endodontic treatment on the periradicular tissues in dogs. *J Endod*, 18(2), 47-51.
- Baker NA Eleazer PD Averbach RE Seltzer S (1975) Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *J Endod*, 1(4), 127-135.
- Baker PJ Evans RT Coburn RA Genco RJ (1983) Tetracycline and its derivatives strongly bind to and are released from the tooth surface in active form. *J Periodontol*, 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 Int*, 30(12), 837-845.

- Barbosa SV Safavi KE Spangberg SW (1994) Influence of sodium hypochlorite on the permeability and structure of cervical human dentine. *Int Endod J*, 27(6), 309-312.
- Baumgartner JC Cuenin PR (1992) Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod*, 18(12), 605-612.
- Baumgartner JC Brown CM Mader CL Peters DD Shulman JD (1984) A scanning electron microscopic evaluation of root canal debridement using saline, sodium hypochlorite, and citric acid. *J Endod*, 10(11), 525-531.
- Berg MS Jacobsen EL BeGole EA Remeikis NA (1986) A comparison of five irrigating solutions: a scanning electron microscopic study. *J Endod*, 12(5), 192-197.
- Bergmans L Moisiadis P Teughels W Van Meerbeek B Quirynen M Lambrechts P (2006) Bactericidal effect of Nd:YAG laser irradiation on some endodontic pathogens ex vivo. *Int Endod J*, 39(7), 547-557.
- Berry EA, 3rd von der Lehr WN Herrin HK (1987) Dentin surface treatments for the removal of the smear layer: an SEM study. *J Am Dent Assoc*, 115(1), 65-67.
- Bitter K Noetzel J Volk C Neumann K Kielbassa AM (2008) Bond strength of fiber posts after the application of erbium:yttrium-aluminum-garnet laser treatment and gaseous ozone to the root canal. *J Endod*, 34(3), 306-309.
- Bitter NC (1989a) A 25% tannic acid solution as a root canal irrigant cleanser: a scanning electron microscope study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 67(3), 333-337.
- Bitter NC (1989b) Tannic acid for smear layer removal: pilot study with scanning electron microscope. *J Prosthet Dent*, 61(4), 503-507.
- Blank-Goncalves LM Nabeshima CK Martins GH Machado ME (2011) Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: conventional irrigation versus activation systems. *J Endod*, 37(9), 1268-1271.

- Blanken J De Moor RJ Meire M Verdaasdonk R (2009) Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study. *Lasers Surg Med*, 41(7), 514-519.
- Blum JY Abadie MJ (1997) Study of the Nd:YAP laser. Effect on canal cleanliness. *J Endod*, 23(11), 669-675.
- 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. *J Endod*, 17(3), 116-118.
- Borges RP Sousa-Neto MD Versiani MA Rached-Junior FA De-Deus G Miranda CE Pecora JD (2012) Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *Int Endod J*, 45(5), 419-428.
- Boutsioukis C Gogos C Verhaagen B Versluis M Kastrinakis E Van der Sluis LW (2010a) The effect of root canal taper on the irrigant flow: evaluation using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. *Int Endod J*, 43(10), 909-916.
- Boutsioukis C Gogos C Verhaagen B Versluis M Kastrinakis E Van der Sluis LW (2010b) The effect of apical preparation size on irrigant flow in root canals evaluated using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. *Int Endod J*, 43(10), 874-881.
- Bowen RL Eick JD Henderson DA Anderson DW (1984) Smear layer: removal and bonding considerations. *Oper Dent Suppl*, 3, 30-34.
- Boyde A Knight PJ (1970) Scanning electron microscope studies of the preparation of the embrasure walls of class II cavities. *Br Dent J*, 129(12), 557-564.
- Brannstrom M (1984) Smear layer: pathological and treatment considerations. *Oper Dent Suppl*, 3, 35-42.
- Brannstrom M Nyborg H (1973) The protective effect of a liner applied as a thin film beneath deep composite resin fillings. A histologic investigation. *Odontol Revy*, 24(4), 335-342.

- Brannstrom M Johnson G (1974) Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: a scanning electron microscopic investigation. *J Prosthet Dent*, 31(4), 422-430.
- Bystrom A Sundqvist G (1985) The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J*, 18(1), 35-40.
- Calt S Serper A (2002) Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod*, 28(1), 17-19.
- Camargo SE Valera MC Camargo CH Fonseca MB Menezes MM (2005) Effects of Nd:YAG laser irradiation on root canal dentin wall: a scanning electron microscopic study. *Photomed Laser Surg*, 23(4), 399-404.
- Cameron JA (1983) The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *J Endod*, 9(7), 289-292.
- Cameron JA (1987a) The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. *J Endod*, 13(11), 541-545.
- Cameron JA (1987b) The use of 4 per cent sodium hypochlorite, with or without ultrasound, in cleansing of uninstrumented immature root canals; SEM study. *Aust Dent J*, 32(3), 204-213.
- Cameron JA (1988a) The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration; SEM study. *Aust Dent J*, 33(3), 193-200.
- Cameron JA (1988b) The effect of ultrasonic endodontics on the temperature of the root canal wall. *J Endod*, 14(11), 554-559.
- Cameron JA (1995) Factors affecting the clinical efficiency of ultrasonic endodontics: a scanning electron microscopy study. *Int Endod J*, 28(1), 47-53.
- Castagna F Rizzon P da Rosa RA Santini MF Barreto MS Duarte MA So MV (2013) Effect of passive ultrasonic instrumentation as a final irrigation protocol on

debris and smear layer removal--a SEM analysis. *Microsc Res Tech*, 76(5), 496-502.

Cengiz T Aktener BO Piskin B (1990) Effect of dentinal tubule orientation on the removal of smear layer by root canal irrigants. A scanning electron microscopic study. *Int Endod J*, 23(3), 163-171.

Cergneux M Ciucchi B Dietschi JM Holz J (1987) The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *Int Endod J*, 20(5), 228-232.

Cheung GS Stock CJ (1993) In vitro cleaning ability of root canal irrigants with and without endosonics. *Int Endod J*, 26(6), 334-343.

Chow TW (1983) Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod*, 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. *Int Endod J*, 22(1), 21-28.

Coluzzi DJ (2000) An overview of laser wavelengths used in dentistry. *Dent Clin North Am*, 44(4), 753-765.

Coluzzi DJ (2004) Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dent Clin North Am*, 48(4), 751-770, v.

Coluzzi DJ (2005) Lasers in dentistry. *Compend Contin Educ Dent*, 26(6A Suppl), 429-435; quiz 436.

Coluzzi DJ (2008a) An overview of lasers in dentistry, continued. *Alpha Omegan*, 101(4), 179-180.

Coluzzi DJ (2008b) An overview of lasers in dentistry. *Alpha Omegan*, 101(3), 125-126.

Coluzzi DJ Convissar RA (2004) Lasers in clinical dentistry. *Dent Clin North Am*, 48(4), xi-xii.

- Coluzzi DJ Goldstein AJ (2004) Lasers in dentistry. An overview. *Dent Today*, 23(4), 120-122, 124-127.
- Convissar RA (2004) Lasers in general dentistry. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*, 16(2), 165-179.
- Crumpton BJ Goodell GG McClanahan SB (2005) Effects on smear layer and debris removal with varying volumes of 17% REDTA after rotary instrumentation. *J Endod*, 31(7), 536-538.
- Cruz-Filho AM Sousa-Neto MD Saquy PC Pecora JD (2001) Evaluation of the effect of EDTAC, CDTA, and EGTA on radicular dentin microhardness. *J Endod*, 27(3), 183-184.
- Cymerman JJ Jerome LA Moodnik RM (1983) A scanning electron microscope study comparing the efficacy of hand instrumentation with ultrasonic instrumentation of the root canal. *J Endod*, 9(8), 327-331.
- Czonstkowsky M Wilson EG Holstein FA (1990) The smear layer in endodontics. *Dent Clin North Am*, 34(1), 13-25.
- da Costa Ribeiro A Nogueira GE Antoniazzi JH Moritz A Zezell DM (2007) Effects of diode laser (810 nm) irradiation on root canal walls: thermographic and morphological studies. *J Endod*, 33(3), 252-255.
- Dabrowska E Zdanowicz-Wiloch J Pawinska-Magnuszewska M Stokowska W (1997) Intravital treatment of the pulp with simultaneous laser biostimulation. *Rocz Akad Med Bialymst*, 42(1), 168-176.
- Dakin HD (1915) On the Use of Certain Antiseptic Substances in the Treatment of Infected Wounds. *Br Med J*, 2(2852), 318-320.
- de Gregorio C Estevez R Cisneros R Paranjpe A Cohenca N (2010) Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: an in vitro study. *J Endod*, 36(7), 1216-1221.

- de Groot SD Verhaagen B Versluis M Wu MK Wesselink PR van der Sluis LW (2009) Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization. *Int Endod J*, 42(12), 1077-1083.
- De Moor RJ Blanken J Meire M Verdaasdonk R (2009) Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: evaluation of the efficacy. *Lasers Surg Med*, 41(7), 520-523.
- De Moor RJ Meire M Goharkhay K Moritz A Vanobbergen J (2010) Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs. *J Endod*, 36(9), 1580-1583.
- de Moura-Netto C de Moura AA Davidowicz H Aun CE Antonio MP (2008) Morphologic changes and removal of debris on apical dentin surfaces after Nd:YAG laser and diode laser irradiation. *Photomed Laser Surg*, 26(3), 263-266.
- de Vasconcelos BC Luna-Cruz SM De-Deus G de Moraes IG Maniglia-Ferreira C Gurgel-Filho ED (2007) Cleaning ability of chlorhexidine gel and sodium hypochlorite associated or not with EDTA as root canal irrigants: a scanning electron microscopy study. *J Appl Oral Sci*, 15(5), 387-391.
- Dederich DN (1991) Laser/tissue interaction. *Alpha Omegan*, 84(4), 33-36.
- Dederich DN (1993) Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue? *J Am Dent Assoc*, 124(2), 57-61.
- Dederich DN Zakariasen KL Tulip J (1984) Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentin following neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. *J Endod*, 10(9), 428-431.
- Desai P Himel V (2009) Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *J Endod*, 35(4), 545-549.
- Di Lenarda R Cadenaro M Sbaizero O (2000) Effectiveness of 1 mol L⁻¹ citric acid and 15% EDTA irrigation on smear layer removal. *Int Endod J*, 33(1), 46-52.
- Dippel HW Borggreven JM Hoppenbrouwers PM (1984) Morphology and permeability of the dentinal smear layer. *J Prosthet Dent*, 52(5), 657-662.

- DiVito E Lloyd A (2012) ER:YAG laser for 3-dimensional debridement of canal systems: use of photon-induced photoacoustic streaming. *Dent Today*, 31(11), 122, 124-127.
- DiVito E Peters OA Olivi G (2012) Effectiveness of the erbium:YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers Med Sci*, 27(2), 273-280.
- Dogan H Qalt S (2001) Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *J Endod*, 27(9), 578-580.
- Dostalova T Jelinkova H Krejsa O Hamal H (1996) Evaluation of the surface changes in enamel and dentin due to possibility of thermal overheating induced by Erbium:YAG laser radiation. *Scanning Microsc*, 10(1), 285-290; discussion 290-281.
- Drake DR Wiemann AH Rivera EM Walton RE (1994) Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer. *J Endod*, 20(2), 78-82.
- Dummer PM Alodeh MH Doller R (1989) Shaping of simulated root canals in resin blocks using files activated by a sonic handpiece. *Int Endod J*, 22(5), 211-215.
- Ehrlich AD Boyer TJ Hicks ML Pelleu GB, Jr. (1989) Effects of sonic instrumentation on the apical preparation of curved canals. *J Endod*, 15(5), 200-203.
- Eick JD Wilko RA Anderson CH Sorensen SE (1970) Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J Dent Res*, 49(6), Suppl:1359-1368.
- Einstein A (1917) Zur Quanten Theorie Der Strahlung. *Physikalische Zeitschrift*, 18, 121-130.
- Erdemir A Eldeniz AU Belli S Pashley DH (2004a) Effect of solvents on bonding to root canal dentin. *J Endod*, 30(8), 589-592.

- Erdemir A Ari H Gungunes H Belli S (2004b) Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. *J Endod*, 30(2), 113-116.
- Eriksson AR Albrektsson T (1983) Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent*, 50(1), 101-107.
- Estrela C Estrela CR Barbin EL Spano JC Marchesan MA Pecora JD (2002) Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J*, 13(2), 113-117.
- Farina AP Cecchin D Garcia Lda F Naves LZ Pires-de-Souza Fde C (2011) Bond strength of fibre glass and carbon fibre posts to the root canal walls using different resin cements. *Aust Endod J*, 37(2), 44-50.
- Featherstone J Blankenau RJ Zakariasen RL Barron JR Dederich DN (1996) What is the future of lasers in dentistry? *Quintessence Int*, 27(4), 286-291.
- Fegan SE Steiman HR (1995) Comparative evaluation of the antibacterial effects of intracanal Nd:YAG laser irradiation: an in vitro study. *J Endod*, 21(8), 415-417.
- Frankenberger R Sindel J Kramer N Petschelt A (1999) Dentin bond strength and marginal adaptation: direct composite resins vs ceramic inlays. *Oper Dent*, 24(3), 147-155.
- Frentzen M Koort HJ (1990) Lasers in dentistry: new possibilities with advancing laser technology? *Int Dent J*, 40(6), 323-332.
- Garberoglio R Becce C (1994) Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 78(3), 359-367.
- Garcez AS Nunez SC Hamblim MR Suzuki H Ribeiro MS (2010) Photodynamic therapy associated with conventional endodontic treatment in patients with antibiotic-resistant microflora: a preliminary report. *J Endod*, 36(9), 1463-1466.
- Garcia Lda F Naves LZ Farina AP Walker CM Consani S Pires-de-Souza Fde C (2011) The effect of a 980 nm diode laser with different parameters of

irradiation on the bond strength of fiberglass posts. *Gen Dent*, 59(1), 31-37; quiz 38-39, 80.

Gazelius B Olgart L Edwall B (1988) Restored vitality in luxated teeth assessed by laser Doppler flowmeter. *Endod Dent Traumatol*, 4(6), 265-268.

George R Walsh LJ (2011) Performance assessment of novel side firing safe tips for endodontic applications. *J Biomed Opt*, 16(4), 048004.

George R Meyers IA Walsh LJ (2008) Laser activation of endodontic irrigants with improved conical laser fiber tips for removing smear layer in the apical third of the root canal. *J Endod*, 34(12), 1524-1527.

George S Kishen A Song KP (2005) The role of environmental changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by *Enterococcus faecalis*. *J Endod*, 31(12), 867-872.

Goel S Tewari S (2009) Smear layer removal with passive ultrasonic irrigation and the NaviTip FX: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 108(3), 465-470.

Goldberg F Abramovich A (1977) Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. *J Endod*, 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 Surg Oral Med Oral Pathol*, 53(1), 74-77.

Goldberg F Soares I Massone EJ Soares IM (1988) Comparative debridement study between hand and sonic instrumentation of the root canal. *Endod Dent Traumatol*, 4(5), 229-234.

Goldman L (1965) Comparison of the Biomedical Effects of the Exposure of Human Tissues to Low and High Energy Lasers. *Ann N Y Acad Sci*, 122, 802-831.

Goldman L Hornby P Meyer R Goldman B (1964) Impact of the Laser on Dental Caries. *Nature*, 203, 417.

- Goldman LB Goldman M Kronman JH Lin PS (1981) The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 52(2), 197-204.
- Goldman M Goldman LB Cavaleri R Bogis J Lin PS (1982) The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: Part 2. *J Endod*, 8(11), 487-492.
- Gomez C Bisheimer M Costela A Garcia-Moreno I Garcia A Garcia JA (2009) Evaluation of the effects of Er:YAG and Nd:YAG lasers and ultrasonic instrumentation on root surfaces. *Photomed Laser Surg*, 27(1), 43-48.
- Gonzalez CD Zakariasen KL Dederich DN Pruhs RJ (1996) Potential preventive and therapeutic hard-tissue applications of CO₂, Nd:YAG and argon lasers in dentistry: a review. *ASDC J Dent Child*, 63(3), 196-207.
- Goracci C Tavares AU Fabianelli A Monticelli F Raffaelli O Cardoso PC Tay F Ferrari M (2004) The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci*, 112(4), 353-361.
- Gordon TM Damato D Christner P (1981) Solvent effect of various dilutions of sodium hypochlorite on vital and necrotic tissue. *J Endod*, 7(10), 466-469.
- Goya C Yamazaki R Tomita Y Kimura Y Matsumoto K (2000) Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on smear layer at the apical stop and apical leakage after obturation. *Int Endod J*, 33(3), 266-271.
- Grassi FR Pappalettere C Di Comite M Corsalini M Mori G Ballini A Crincoli V Pettini F Rapone B Boccaccio A (2012) Effect of different irrigating solutions and endodontic sealers on bond strength of the dentin-post interface with and without defects. *Int J Med Sci*, 9(8), 642-654.
- Grawehr M Sener B Waltimo T Zehnder M (2003) Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *Int Endod J*, 36(6), 411-417.
- Greer DE White CL (1987) The smear layer--restorative considerations. *Mo Dent J*, 67(4), 37, 39-40.

- Grossman LI Meiman BW (1941) Solution of pulp tissue by chemical agents. *Journal of American Dental Association*, 28, 223-225.
- Guidotti R Merigo E Fornaini C Rocca JP Medioni E Vescovi P (2012) Er:YAG 2,940-nm laser fiber in endodontic treatment: a help in removing smear layer. *Lasers Med Sci*.
- Gurbuz T Ozdemir Y Kara N Zehir C Kurudirek M (2008) Evaluation of root canal dentin after Nd:YAG laser irradiation and treatment with five different irrigation solutions: a preliminary study. *J Endod*, 34(3), 318-321.
- Gutarts R Nusstein J Reader A Beck M (2005) In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod*, 31(3), 166-170.
- Gutierrez JH Herrera VR Berg EH Villena F Jofre A (1990) The risk of intentional dissolution of the smear layer after mechanical preparation of root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 70(1), 96-108.
- Gutknecht N Moritz A Conrads G Sievert T Lampert F (1996) Bactericidal effect of the Nd:YAG laser in in vitro root canals. *J Clin Laser Med Surg*, 14(2), 77-80.
- Gutmann JL (1993) Adaptation of injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of the dentinal smear layer. *Int Endod J*, 26(2), 87-92.
- Haapasalo HK Siren EK Waltimo TM Orstavik D Haapasalo MP (2000) Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study. *Int Endod J*, 33(2), 126-131.
- Hahn FL Reygadas F (1951) Demineralization of hard tissues. *Science*, 114(2966), 462-463.
- Hall G Anneroth G Schennings T Zetterqvist L Ryden H (1994) Effect of low level energy laser irradiation on wound healing. An experimental study in rats. *Swed Dent J*, 18(1-2), 29-34.

- Hand RE Smith ML Harrison JW (1978) Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *J Endod*, 4(2), 60-64.
- Harashima T Takeda FH Kimura Y Matsumoto K (1997) Effect of Nd:YAG laser irradiation for removal of intracanal debris and smear layer in extracted human teeth. *J Clin Laser Med Surg*, 15(3), 131-135.
- Hardee MW Miserendino LJ Kos W Walia H (1994) Evaluation of the antibacterial effects of intracanal Nd:YAG laser irradiation. *J Endod*, 20(8), 377-380.
- Hashem AA Ghoneim AG Lutfy RA Fouda MY (2009) The effect of different irrigating solutions on bond strength of two root canal-filling systems. *J Endod*, 35(4), 537-540.
- Hasselgren G Olsson B Cvek M (1988) Effects of calcium hydroxide and sodium hypochlorite on the dissolution of necrotic porcine muscle tissue. *J Endod*, 14(3), 125-127.
- Hayashi M Takahashi Y Hirai M Iwami Y Imazato S Ebisu S (2005) Effect of endodontic irrigation on bonding of resin cement to radicular dentin. *Eur J Oral Sci*, 113(1), 70-76.
- Heard F Walton RE (1997) Scanning electron microscope study comparing four root canal preparation techniques in small curved canals. *Int Endod J*, 30(5), 323-331.
- Heilborn C Reynolds K Johnson JD Cohenca N (2010) Cleaning efficacy of an apical negative-pressure irrigation system at different exposure times. *Quintessence Int*, 41(9), 759-767.
- Hennequin M Douillard Y (1995) Effects of citric acid treatment on the Ca, P and Mg contents of human dental roots. *J Clin Periodontol*, 22(7), 550-557.
- Hennequin M Pajot J Avignant D (1994) Effects of different pH values of citric acid solutions on the calcium and phosphorus contents of human root dentin. *J Endod*, 20(11), 551-554.

- Hossain M Nakamura Y Murakami Y Yamada Y Matsumoto K (2003a) A comparative study on compositional changes and Knoop hardness measurement of the cavity floor prepared by Er:YAG laser irradiation and mechanical bur cavity. *J Clin Laser Med Surg*, 21(1), 29-33.
- Hossain M Kimura Y Nakamura Y Yamada Y Kinoshita JI Matsumoto K (2001) A study on acquired acid resistance of enamel and dentin irradiated by Er,Cr:YSGG laser. *J Clin Laser Med Surg*, 19(3), 159-163.
- Hossain M Yamada Y Nakamura Y Murakami Y Tamaki Y Matsumoto K (2003b) A study on surface roughness and microleakage test in cavities prepared by Er:YAG laser irradiation and etched bur cavities. *Lasers Med Sci*, 18(1), 25-31.
- Howard RK Kirkpatrick TC Rutledge RE Yaccino JM (2011) Comparison of debris removal with three different irrigation techniques. *J Endod*, 37(9), 1301-1305.
- Hulsmann M Schade M Schafers F (2001) A comparative study of root canal preparation with HERO 642 and Quantec SC rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J*, 34(7), 538-546.
- Hulsmann M Heckendorff M Lennon A (2003) Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J*, 36(12), 810-830.
- Huque J Kota K Yamaga M Iwaku M Hoshino E (1998) Bacterial eradication from root dentine by ultrasonic irrigation with sodium hypochlorite. *Int Endod J*, 31(4), 242-250.
- Ishikawa I Sasaki KM Aoki A Watanabe H (2003) Effects of Er:YAG laser on periodontal therapy. *J Int Acad Periodontol*, 5(1), 23-28.
- Ishikawa K (2003) Photoemission and ionization of He⁺ under simultaneous irradiation of fundamental laser and high-order harmonic pulses. *Phys Rev Lett*, 91(4), 043002.
- Jeng JH Chen KW Lin CP Chou HG Lan WH (1999) Ultrastructural changes of the tooth root surface by Nd:YAG laser irradiation followed by citric acid and tetracycline. *J Formos Med Assoc*, 98(4), 242-247.

- Jiang LM Verhaagen B Versluis M van der Sluis LW (2010a) Influence of the oscillation direction of an ultrasonic file on the cleaning efficacy of passive ultrasonic irrigation. *J Endod*, 36(8), 1372-1376.
- Jiang LM Verhaagen B Versluis M van der Sluis LW (2010b) Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *J Endod*, 36(1), 143-146.
- Johnson BR Remeikis NA (1993) Effective shelf-life of prepared sodium hypochlorite solution. *J Endod*, 19(1), 40-43.
- Judy MM Matthews JL Aronoff BL Hulst DF (1993) Soft tissue studies with 805 nm diode laser radiation: thermal effects with contact tips and comparison with effects of 1064 nm Nd:YAG laser radiation. *Lasers Surg Med*, 13(5), 528-536.
- Karagoz-Kucukay I Bayirli G (1994) An apical leakage study in the presence and absence of the smear layer. *Int Endod J*, 27(2), 87-93.
- Keller U Hibst R (1989) [Ablative effect of an Er:YAG laser on enamel and dentin]. *Dtsch Zahnarztl Z*, 44(8), 600-602.
- Khabbaz MG Makropoulou MI Serafetinides AA Papadopoulos D Papagiakoumou E (2004) Q-switched versus free-running Er:YAG laser efficacy on the root canal walls of human teeth: a SEM study. *J Endod*, 30(8), 585-588.
- Kim S Kratchman S (2006) Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. *J Endod*, 32(7), 601-623.
- Kimura Y Wilder-Smith P Matsumoto K (2000) Lasers in endodontics: a review. *Int Endod J*, 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. *J Endod*, 28(2), 76-78.
- Kimura Y Yu DG Kinoshita J Hossain M Yokoyama K Murakami Y Nomura K Takamura R Matsumoto K (2001) Effects of erbium, chromium:YSGG laser

irradiation on root surface: morphological and atomic analytical studies. *J Clin Laser Med Surg*, 19(2), 69-72.

Kivanc BH Ulusoy OI Gorgul G (2008) Effects of Er:YAG laser and Nd:YAG laser treatment on the root canal dentin of human teeth: a SEM study. *Lasers Med Sci*, 23(3), 247-252.

Kivanc BH Arisu HD Ozcan S Gorgul G Alacam T (2012) The effect of the application of gaseous ozone and ND:YAG laser on glass-fibre post bond strength. *Aust Endod J*, 38(3), 118-123.

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. *Int Endod J*, 31(6), 415-420.

Kreisler M Al Haj H d'Hoedt B (2002) Temperature changes at the implant-bone interface during simulated surface decontamination with an Er:YAG laser. *Int J Prosthodont*, 15(6), 582-587.

Krell KV Johnson RJ Madison S (1988) Irrigation patterns during ultrasonic canal instrumentation. Part I. K-type files. *J Endod*, 14(2), 65-68.

Kutsch VK (1993) Lasers in dentistry: comparing wavelengths. *J Am Dent Assoc*, 124(2), 49-54.

Laird WR Walmsley AD (1991) Ultrasound in dentistry. Part 1--Biophysical interactions. *J Dent*, 19(1), 14-17.

Lee BS Lin CP Hung YL Lan WH (2004) Structural changes of Er:YAG laser-irradiated human dentin. *Photomed Laser Surg*, 22(4), 330-334.

Lee SJ Wu MK Wesselink PR (2004) The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J*, 37(10), 672-678.

Lester KS Boyde A (1970) [canning electron microscopy of developing roots of molar teeth of the laboratory rat]. *J Ultrastruct Res*, 33(1), 80-94.

- Lester KS Boyde A (1977) Scanning electron microscopy of instrumented, irrigated and filled root canals. *Br Dent J*, 143(11), 359-367.
- Levy G (1992) Cleaning and shaping the root canal with a Nd:YAG laser beam: a comparative study. *J Endod*, 18(3), 123-127.
- Lewis PR (1954) Sodium Hypochlorite Root Canal Therapy. *J. Fla. Dent. Soc*, 24, 10.
- Lim TS Wee TY Choi MY Koh WC Sae-Lim V (2003) Light and scanning electron microscopic evaluation of Glyde File Prep in smear layer removal. *Int Endod J*, 36(5), 336-343.
- Lioubavina-Hack N (2002) [Lasers in dentistry. 5. The use of lasers in periodontology]. *Ned Tijdschr Tandheelkd*, 109(8), 286-292.
- Loushine RJ Weller RN Hartwell GR (1989) Stereomicroscopic evaluation of canal shape following hand, sonic, and ultrasonic instrumentation. *J Endod*, 15(9), 417-421.
- Loxley EC Liewehr FR Buxton TB McPherson JC, 3rd (2003) The effect of various intracanal oxidizing agents on the push-out strength of various perforation repair materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 95(4), 490-494.
- Lumley PJ Walmsley AD Laird WR (1991) Streaming patterns produced around endosonic files. *Int Endod J*, 24(6), 290-297.
- Lumley PJ Walmsley AD Walton RE Rippin JW (1992) Effect of precurving endosonic files on the amount of debris and smear layer remaining in curved root canals. *J Endod*, 18(12), 616-619.
- Macedo RG Wesselink PR Zaccheo F Fanali D Van Der Sluis LW (2010) Reaction rate of NaOCl in contact with bovine dentine: effect of activation, exposure time, concentration and pH. *Int Endod J*, 43(12), 1108-1115.
- Mader CL Baumgartner JC Peters DD (1984) Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod*, 10(10), 477-483.

Maiman TH (1960) Stimulated optical radiation in ruby. *Nature*, 187, 493- 494.

Malki M Verhaagen B Jiang LM Nehme W Naaman A Versluis M Wesselink P van der Sluis L (2012) Irrigant flow beyond the insertion depth of an ultrasonically oscillating file in straight and curved root canals: visualization and cleaning efficacy. *J Endod*, 38(5), 657-661.

Martin H (1976) Ultrasonic disinfection of the root canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 42(1), 92-99.

Mayer BE Peters OA Barbakow F (2002) Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J*, 35(7), 582-589.

McComb D Smith DC (1975) A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod*, 1(7), 238-242.

McComb D Smith DC Beagrie GS (1976) The results of in vivo endodontic chemomechanical instrumentation--a scanning electron microscopic study. *J Br Endod Soc*, 9(1), 11-18.

McKinley IB, Jr. Ludlow MO (1994) Hazards of laser smoke during endodontic therapy. *J Endod*, 20(11), 558-559.

Meister J Esteves-Olivera M Franzen R (2007) Influence of Er:YAG laser irradiation distance on the bond strength of a restorative system to enamel by D.T. Chimello-Sousa et al. [J. Dentist. 34 (2006) 245-251]. *J Dent*, 35(11), 878; author reply 879.

Melcer F Melcer J (1982) [Results of short and medium term use of CO2 lasers in dentistry]. *Inf Dent*, 64(22), 2147-2151.

Menezes AC Zanet CG Valera MC (2003) Smear layer removal capacity of disinfectant solutions used with and without EDTA for the irrigation of canals: a SEM study. *Pesqui Odontol Bras*, 17(4), 349-355.

Mercer C (1996) Lasers in dentistry: a review. Part 1. *Dent Update*, 23(2), 74-80.

- Meryon SD Jakeman KJ Browne RM (1986) Penetration in vitro of human and ferret dentine by three bacterial species in relation to their potential role in pulpal inflammation. *Int Endod J*, 19(5), 213-220.
- Metzler RS Montgomery S (1989) Effectiveness of ultrasonics and calcium hydroxide for the debridement of human mandibular molars. *J Endod*, 15(8), 373-378.
- Mezawa S Iwata K Naito K Kamogawa H (1988) The possible analgesic effect of soft-laser irradiation on heat nociceptors in the cat tongue. *Arch Oral Biol*, 33(9), 693-694.
- Michelich VJ Schuster GS Pashley DH (1980) Bacterial penetration of human dentin in vitro. *J Dent Res*, 59(8), 1398-1403.
- Midda M Renton-Harper P (1991) Lasers in dentistry. *Br Dent J*, 170(9), 343-346.
- Miller M Truhe T (1993) Lasers in dentistry: an overview. *J Am Dent Assoc*, 124(2), 32-35.
- Miranda RG Santos EB Souto RM Gusman H Colombo AP (2012) Ex vivo antimicrobial efficacy of the EndoVac((R)) system plus photodynamic therapy associated with calcium hydroxide against intracanal *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J*.
- Miserendino LJ (1988) The laser apicoectomy: endodontic application of the CO₂ laser for periapical surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 66(5), 615-619.
- Miserendino LJ Neiburger EJ Pick RM (1987) Current status of lasers in dentistry. *Ill Dent J*, 56(4), 254-257.
- Monroe C (2002) Quantum information processing with atoms and photons. *Nature*, 416(6877), 238-246.
- Moodnik RM Dorn SO Feldman MJ Levey M Borden BG (1976) Efficacy of biomechanical instrumentation: a scanning electron microscopic study. *J Endod*, 2(9), 261-266.

- Moon YM Kim HC Bae KS Baek SH Shon WJ Lee W (2012) Effect of laser-activated irrigation of 1320-nanometer Nd:YAG laser on sealer penetration in curved root canals. *J Endod*, 38(4), 531-535.
- Moorer WR Wesselink PR (1982) Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J*, 15(4), 187-196.
- Moritz A Schoop U Goharkhay K Sperr W (1998) The CO2 laser as an aid in direct pulp capping. *J Endod*, 24(4), 248-251.
- Moritz A Gutknecht N Goharkhay K Schoop U Wernisch J Sperr W (1997a) In vitro irradiation of infected root canals with a diode laser: results of microbiologic, infrared spectrometric, and stain penetration examinations. *Quintessence Int*, 28(3), 205-209.
- Moritz A Gutknecht N Doertbudak O Goharkhay K Schoop U Schauer P Sperr W (1997b) Bacterial reduction in periodontal pockets through irradiation with a diode laser: a pilot study. *J Clin Laser Med Surg*, 15(1), 33-37.
- Moser JB Heuer MA (1982) Forces and efficacy in endodontic irrigation systems. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 53(4), 425-428.
- Moshonov J Peretz B Brown T Rotstein I (2004) Cleaning of the root canal using Nd:YAP laser and its effect on the mineral content of the dentin. *J Clin Laser Med Surg*, 22(2), 87-89.
- Munoz HR Camacho-Cuadra K (2012) In vivo efficacy of three different endodontic irrigation systems for irrigant delivery to working length of mesial canals of mandibular molars. *J Endod*, 38(4), 445-448.
- Myers ML (1991) The effect of laser irradiation on oral tissues. *J Prosthet Dent*, 66(3), 395-397.
- Nagase DY de Freitas PM Morimoto S Oda M Vieira GF (2011) Influence of laser irradiation on fiber post retention. *Lasers Med Sci*, 26(3), 377-380.
- Nair PN Baltensperger MM Luder HU Eyrich GK (2003) Pulpal response to Er:YAG laser drilling of dentine in healthy human third molars. *Lasers Surg Med*, 32(3), 203-209.

- Neiburger EJ Miserendino L (1988) Laser reflectance: hazard in the dental operator. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 66(6), 659-661.
- Nielsen BA Craig Baumgartner J (2007) Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *J Endod*, 33(5), 611-615.
- Nissan R Segal H Pashley D Stevens R Trowbridge H (1995) Ability of bacterial endotoxin to diffuse through human dentin. *J Endod*, 21(2), 62-64.
- 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. *Int Endod J*, 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.
- O'Connell MS Morgan LA Beeler WJ Baumgartner JC (2000) A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *J Endod*, 26(12), 739-743.
- Oksan T Aktener BO Sen BH Tezel H (1993) The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *Int Endod J*, 26(5), 301-305.
- Olgart L Brannstrom M Johnson G (1974) Invasion of bacteria into dentinal tubules. Experiments in vivo and in vitro. *Acta Odontol Scand*, 32(1), 61-70.
- Olgart L Gazelius B Lindh-Stromberg U (1988) Laser Doppler flowmetry in assessing vitality in luxated permanent teeth. *Int Endod J*, 21(5), 300-306.
- Onal B Ertl T Siebert G Muller G (1993) Preliminary report on the application of pulsed CO₂ laser radiation on root canals with AgCl fibers: a scanning and transmission electron microscopic study. *J Endod*, 19(6), 272-276.
- Orstavik D Haapasalo M (1990) Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol*, 6(4), 142-149.

- Ozturk B Ozer F (2004) Effect of NaOCl on bond strengths of bonding agents to pulp chamber lateral walls. *J Endod*, 30(5), 362-365.
- Paragliola R Franco V Fabiani C Mazzoni A Nato F Tay FR Breschi L Grandini S (2010) Final rinse optimization: influence of different agitation protocols. *J Endod*, 36(2), 282-285.
- Pashley DH (1984) Smear layer: physiological considerations. *Oper Dent Suppl*, 3, 13-29.
- Pashley DH Depew DD (1986) Effects of the smear layer, Copalite, and oxalate on microleakage. *Oper Dent*, 11(3), 95-102.
- Pashley DH Michelich V Kehl T (1981) Dentin permeability: effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent*, 46(5), 531-537.
- Pashley DH O'Meara JA Williams EC Kepler EE (1985) Dentin permeability: effects of cavity varnishes and bases. *J Prosthet Dent*, 53(4), 511-516.
- Pashley DH Tao L Boyd L King GE Horner JA (1988) Scanning electron microscopy of the substructure of smear layers in human dentine. *Arch Oral Biol*, 33(4), 265-270.
- Passarinho-Neto JG Marchesan MA Ferreira RB Silva RG Silva-Sousa YT Sousa-Neto MD (2006) In vitro evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonic irrigation. *Aust Endod J*, 32(3), 123-128.
- Pawlicka H Piatkowska D Hajdukiewicz G (1981) [Effectiveness of cleansing agents in root canal preparation. A scanning electron microscopy study]. *Stomatol DDR*, 31(9), 684-688.
- Perdigao J Lopes M Geraldeli S Lopes GC Garcia-Godoy F (2000) Effect of a sodium hypochlorite gel on dentin bonding. *Dent Mater*, 16(5), 311-323.
- Perez F Rouqueyrol-Pourcel N (2005) Effect of a low-concentration EDTA solution on root canal walls: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 99(3), 383-387.

- Perry DA Goodis HE White JM (1997) In vitro study of the effects of Nd:YAG laser probe parameters on bovine oral soft tissue excision. *Lasers Surg Med*, 20(1), 39-46.
- Peters OA (2004) Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod*, 30(8), 559-567.
- Peters OA Schonenberger K Laib A (2001) Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J*, 34(3), 221-230.
- Peters OA Bardsley S Fong J Pandher G Divito E (2011) Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *J Endod*, 37(7), 1008-1012.
- Pick RM (1992) Lasers and their use in dentistry. *Mo Dent J*, 72(3), 34-41, 43.
- Pick RM (1993) Using lasers in clinical dental practice. *J Am Dent Assoc*, 124(2), 37-34.
- Pick RM Powell GL (1993) Laser in dentistry. Soft-tissue procedures. *Dent Clin North Am*, 37(2), 281-296.
- Pick RM Colvard MD (1993) Current status of lasers in soft tissue dental surgery. *J Periodontol*, 64(7), 589-602.
- Picoli F Brugnera-Junior A Saquy PC Guerisoli DM Pecora JD (2003) Effect of Er:YAG laser and EDTAC on the adhesiveness to dentine of different sealers containing calcium hydroxide. *Int Endod J*, 36(7), 472-475.
- Potts TV Petrou A (1990) Laser photopolymerization of dental materials with potential endodontic applications. *J Endod*, 16(6), 265-268.
- Powell GL Whisenant BK (1991) Comparison of three lasers for dental instrument sterilization. *Lasers Surg Med*, 11(1), 69-71.
- Prati C Selighini M Ferrieri P Mongiorgi R (1994) Scanning electron microscopic evaluation of different endodontic procedures on dentin morphology of human teeth. *J Endod*, 20(4), 174-179.

- Ram Z (1977) Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 44(2), 306-312.
- Ram Z (1980) Chelation in root canal therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 49(1), 64-74.
- Renovato SR Santana FR Ferreira JM Souza JB Soares CJ Estrela C (2012) Effect of calcium hydroxide and endodontic irrigants on fibre post bond strength to root canal dentine. *Int Endod J*.
- Ribeiro EM Silva-Sousa YT Souza-Gabriel AE Sousa-Neto MD Lorencetti KT Silva SR (2012) Debris and smear removal in flattened root canals after use of different irrigant agitation protocols. *Microsc Res Tech*, 75(6), 781-790.
- Richman RJ (1957) The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *Medicine Dentistry Journal*, 12, 12-18.
- Ritter AV (2006) Lasers in dentistry. *J Esthet Restor Dent*, 18(1), 58.
- Rocca JP Jasmin JR Duprez JP (1994) Removal of calcified attached denticle with a pulsed dye laser. A case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 77(3), 281-284.
- Rodig T Dollmann S Konietzschke F Drebenstedt S Hulsmann M (2010) Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. *J Endod*, 36(12), 1983-1987.
- Rome WJ Doran JE Walker WA, 3rd (1985) The effectiveness of Gly-Oxide and sodium hypochlorite in preventing smear layer formation. *J Endod*, 11(7), 281-288.
- Rooney J Midda M Leeming J (1994) A laboratory investigation of the bactericidal effect of a NdYAG laser. *Br Dent J*, 176(2), 61-64.
- Roy RA Ahmad M Crum LA (1994) Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *Int Endod J*, 27(4), 197-207.

- Saber SE El-Askary FS (2009) The outcome of immediate or delayed application of a single-step self-etch adhesive to coronal dentin following the application of different endodontic irrigants. *Eur J Dent*, 3(2), 83-89.
- Saber Sel D Hashem AA (2011) Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. *J Endod*, 37(9), 1272-1275.
- Sabins RA Johnson JD Hellstein JW (2003) A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod*, 29(10), 674-678.
- Saghiri MA Garcia-Godoy F Lotfi M Ahmadi H Asatourian A (2012a) Effects of diode laser and MTAD on the push-out bond strength of mineral trioxide aggregate-dentin interface. *Photomed Laser Surg*, 30(10), 587-591.
- Saghiri MA Asgar K Gutmann JL Garcia-Godoy F Ahmadi K Karamifar K Asatourian A (2012b) Effect of laser irradiation on root canal walls after final irrigation with 17% EDTA or BioPure MTAD: X-ray diffraction and SEM analysis. *Quintessence Int*, 43(10), e127-134.
- Scaini F Souza-Gabriel AE Alfredo E Da Cruz Filho AM (2008) Temperature variation on the external root surface during intracanal Er:YAG laser irradiation. *Photomed Laser Surg*, 26(5), 413-417.
- Schein B Schilder H (1975) Endotoxin content in endodontically involved teeth. *J Endod*, 1(1), 19-21.
- Schoop U Kluger W Moritz A Nedjelic N Georgopoulos A Sperr W (2004) Bactericidal effect of different laser systems in the deep layers of dentin. *Lasers Surg Med*, 35(2), 111-116.
- Segura JJ Jimenez-Rubio A Guerrero JM Calvo JR (1999) Comparative effects of two endodontic irrigants, chlorhexidine digluconate and sodium hypochlorite, on macrophage adhesion to plastic surfaces. *J Endod*, 25(4), 243-246.
- Seltzer S Bender IB (1965) Cognitive dissonance in endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 20(4), 505-516.

- Sen BH Wesselink PR Turkun M (1995) The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J*, 28(3), 141-148.
- Serper A Calt S (2002) The demineralizing effects of EDTA at different concentrations and pH. *J Endod*, 28(7), 501-502.
- Shahravan A Haghdoost AA Adl A Rahimi H Shadifar F (2007) Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *J Endod*, 33(2), 96-105.
- Shin SJ Kim HK Jung IY Lee CY Lee SJ Kim E (2010) Comparison of the cleaning efficacy of a new apical negative pressure irrigating system with conventional irrigation needles in the root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 109(3), 479-484.
- Siqueira JF, Jr. Rocas IN Favieri A Lima KC (2000) Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod*, 26(6), 331-334.
- Sjogren U Sundqvist G (1987) Bacteriologic evaluation of ultrasonic root canal instrumentation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 63(3), 366-370.
- Sjogren 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. *Int Endod J*, 30(5), 297-306.
- Soares CJ Santana FR Castro CG Santos-Filho PC Soares PV Qian F Armstrong SR (2008) Finite element analysis and bond strength of a glass post to intraradicular dentin: comparison between microtensile and push-out tests. *Dent Mater*, 24(10), 1405-1411.
- Spangberg L (1973) Kinetic and quantitative evaluation of material cytotoxicity in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 35(3), 389-401.
- 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.

- Spoleti P Siragusa M Spoleti MJ (2003) Bacteriological evaluation of passive ultrasonic activation. *J Endod*, 29(1), 12-14.
- Stabholz A Leopold Y Rosenberg Y Moshonov J (2001) [Lasers in dentistry. Part A-Development, characteristics, structure, principles of operation and types of lasers]. *Refuat Hapeh Vehashinayim*, 18(2), 11-23, 61.
- Stabholz A Zeltser R Sela M Peretz B Moshonov J Ziskind D (2003) The use of lasers in dentistry: principles of operation and clinical applications. *Compend Contin Educ Dent*, 24(12), 935-948; quiz 949.
- Stewart GG (1955) The importance of chemomechanical preparation of the root canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 8(9), 993-997.
- Stewart GG (1998) A scanning electron microscopic study of the cleansing effectiveness of three irrigating modalities on the tubular structure of dentin. *J Endod*, 24(7), 485-486.
- Stock CJ (1991) Current status of the use of ultrasound in endodontics. *Int Dent J*, 41(3), 175-182.
- Stojicic S Zivkovic S Qian W Zhang H Haapasalo M (2010) Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod*, 36(9), 1558-1562.
- Sudsangiam S van Noort R (1999) Do dentin bond strength tests serve a useful purpose? *J Adhes Dent*, 1(1), 57-67.
- Sulewski JG (2000) Historical survey of laser dentistry. *Dent Clin North Am*, 44(4), 717-752.
- Susin L Liu Y Yoon JC Parente JM Loushine RJ Ricucci D Bryan T Weller RN Pashley DH Tay FR (2010) Canal and isthmus debridement efficacies of two irrigant agitation techniques in a closed system. *Int Endod J*, 43(12), 1077-1090.
- Takac S Stojanovic S (1999) [Characteristics of laser light]. *Med Pregl*, 52(1-2), 29-34.

- Takamori K Furukawa H Morikawa Y Katayama T Watanabe S (2003) Basic study on vibrations during tooth preparations caused by high-speed drilling and Er:YAG laser irradiation. *Lasers Surg Med*, 32(1), 25-31.
- Takeda FH Harashima T Kimura Y Matsumoto K (1998a) Efficacy of Er:YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. *J Endod*, 24(8), 548-551.
- Takeda FH Harashima T Kimura Y Matsumoto K (1998b) Comparative study about the removal of smear layer by three types of laser devices. *J Clin Laser Med Surg*, 16(2), 117-122.
- Takeda FH Harashima T Kimura Y Matsumoto K (1999) A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *Int Endod J*, 32(1), 32-39.
- Tatsuta CT Morgan LA Baumgartner JC Adey JD (1999) Effect of calcium hydroxide and four irrigation regimens on instrumented and uninstrumented canal wall topography. *J Endod*, 25(2), 93-98.
- Tay FR Gu LS Schoeffel GJ Wimmer C Susin L Zhang K Arun SN Kim J Looney SW Pashley DH (2010) Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *J Endod*, 36(4), 745-750.
- Tonami K Takahashi H Kato J Nakano F Nishimura F Takagi Y Kurosaki N (2005) Effects of laser irradiation on tensile strength of bovine dentin. *Photomed Laser Surg*, 23(3), 278-283.
- Torabinejad M (1994) Passive step-back technique. A sequential use of ultrasonic and hand instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 77(4), 402-405.
- Torabinejad M Handysides R Khademi AA Bakland LK (2002) Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 94(6), 658-666.
- Trepagnier CM Madden RM Lazzari EP (1977) Quantitative study of sodium hypochlorite as an in vitro endodontic irrigant. *J Endod*, 3(5), 194-196.

- Tronstad L Barnett F Schwartzben L Frasca P (1985) Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Endod Dent Traumatol*, 1(2), 69-76.
- Tuncdemir AR Yildirim C Guller F Ozcan E Usumez A (2013) The effect of post surface treatments on the bond strength of fiber posts to root surfaces. *Lasers Med Sci*, 28(1), 13-18.
- Turkun M Cengiz T (1997) The effects of sodium hypochlorite and calcium hydroxide on tissue dissolution and root canal cleanliness. *Int Endod J*, 30(5), 335-342.
- Usman N Baumgartner JC Marshall JG (2004) Influence of instrument size on root canal debridement. *J Endod*, 30(2), 110-112.
- van As G (2004) Erbium lasers in dentistry. *Dent Clin North Am*, 48(4), 1017-1059, viii.
- van der Sluis LW Gambarini G Wu MK Wesselink PR (2006) The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J*, 39(6), 472-476.
- van der Sluis LW Versluis M Wu MK Wesselink PR (2007) Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J*, 40(6), 415-426.
- van Hillegersberg R (1997) Fundamentals of laser surgery. *Eur J Surg*, 163(1), 3-12.
- Vezzani MS Pietro R Silva-Sousa YT Brugnera-Junior A Sousa-Neto MD (2006) Disinfection of root canals using Er:YAG laser at different frequencies. *Photomed Laser Surg*, 24(4), 499-502.
- Vojinovic O Nyborg H Brannstrom M (1973) Acid treatment of cavities under resin fillings: bacterial growth in dentinal tubules and pulpal reactions. *J Dent Res*, 52(6), 1189-1193.
- von Arx T Kurt B (1999) Root-end cavity preparation after apicoectomy using a new type of sonic and diamond-surfaced retreatip: a 1-year follow-up study. *J Oral Maxillofac Surg*, 57(6), 656-661.

- 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 Surg Med*, 13(6), 605-610.
- Walker A (1936) Definite and dependable therapy for pulpless teeth. *Journal of the American Dental Association*, 23, 1418-1424.
- Walker TL del Rio CE (1989) Histological evaluation of ultrasonic and sonic instrumentation of curved root canals. *J Endod*, 15(2), 49-59.
- Walker TL del Rio CE (1991) Histological evaluation of ultrasonic debridement comparing sodium hypochlorite and water. *J Endod*, 17(2), 66-71.
- Walmsley AD (1987) Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *Int Endod J*, 20(3), 105-111.
- Walmsley AD Williams AR (1989) Effects of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. *J Endod*, 15(5), 189-194.
- Wang X Sun Y Kimura Y Kinoshita J Ishizaki NT Matsumoto K (2005) Effects of diode laser irradiation on smear layer removal from root canal walls and apical leakage after obturation. *Photomed Laser Surg*, 23(6), 575-581.
- Waplinton M Lumley PJ Walmsley AD (1995) Sonic instruments in root canal therapy. *Dent Update*, 22(8), 339-342.
- Watanabe H Ishikawa I Suzuki M Hasegawa K (1996) Clinical assessments of the erbium:YAG laser for soft tissue surgery and scaling. *J Clin Laser Med Surg*, 14(2), 67-75.
- Wayman BE Kopp WM Pinero GJ Lazzari EP (1979) Citric and lactic acids as root canal irrigants in vitro. *J Endod*, 5(9), 258-265.
- Weesner BW, Jr. (1998) Lasers in medicine and dentistry: where are we now? *J Tenn Dent Assoc*, 78(1), 20-25.
- Weichman JA Johnson FM (1971) Laser use in endodontics. A preliminary investigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 31(3), 416-420.

- Weller RN Brady JM Bernier WE (1980) Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod*, 6(9), 740-743.
- White JM (2005) Critical appraisal. Lasers for use in dentistry. *J Esthet Restor Dent*, 17(1), 60-65.
- Wigdor H Abt E Ashrafi S Walsh JT, Jr. (1993) The effect of lasers on dental hard tissues. *J Am Dent Assoc*, 124(2), 65-70.
- Wigdor HA Walsh JT, Jr. Featherstone JD Visuri SR Fried D Waldvogel JL (1995) Lasers in dentistry. *Lasers Surg Med*, 16(2), 103-133.
- Williams S Goldman M (1985) Penetrability of the smeared layer by a strain of *Proteus vulgaris*. *J Endod*, 11(9), 385-388.
- Winn DW, 2nd (2003) Lasers in dentistry: soft tissue capabilities. *Pract Proced Aesthet Dent*, 15(10), 803-805.
- Yahya AS ElDeeb ME (1989) Effect of sonic versus ultrasonic instrumentation on canal preparation. *J Endod*, 15(6), 235-239.
- Yamada RS Armas A Goldman M Lin PS (1983) A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *J Endod*, 9(4), 137-142.
- Yamamoto H (1983) [Lasers in dentistry]. *Shiyo*, 31(1), 13-17.
- Yamashita JC Tanomaru Filho M Leonardo MR Rossi MA Silva LA (2003) Scanning electron microscopic study of the cleaning ability of chlorhexidine as a root-canal irrigant. *Int Endod J*, 36(6), 391-394.
- Yu DG Kimura Y Tomita Y Nakamura Y Watanabe H Matsumoto K (2000) Study on removal effects of filling materials and broken files from root canals using pulsed Nd:YAG laser. *J Clin Laser Med Surg*, 18(1), 23-28.
- Zach A Kaufman AY (1983) Quantitative evaluation of the influence of dequalinium acetate and sodium hypochlorite on human dentition. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 55(5), 524-526.

Zakariasen KL Dederich DN Tulip J (1988) Lasers in dentistry. "Star wars". Dreaming or a future reality? *J Can Dent Assoc*, 54(1), 27-30.

Zakariasen KL Dederich DN Tulip J DeCoste S Jensen SE Pickard MA (1986) Bactericidal action of carbon dioxide laser radiation in experimental dental root canals. *Can J Microbiol*, 32(12), 942-946.

Zeltner M Peters OA Paque F (2009) Temperature changes during ultrasonic irrigation with different inserts and modes of activation. *J Endod*, 35(4), 573-577.

Zhang L Huang L Xiong Y Fang M Chen JH Ferrari M (2008) Effect of post-space treatment on retention of fiber posts in different root regions using two self-etching systems. *Eur J Oral Sci*, 116(3), 280-286.

ÖZGEÇMİŞ

Şefika Nur Akyüz 12.04.1986 tarihi'nde Manisa'nın Selendi İlçesi'nde doğdu. İlk öğrenimini Özel Eminbey İlköğretim Okulu'nda bitirdikten sonra İstanbul Pertevniyal Anadolu Lisesi'nden 2003 yılında mezun oldu. 2008 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'ni bitirdi. Mezuniyetinden bu yana Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilimdalı'nda araştırma görevlisi olarak görev yapan Şefika Nur Akyüz iyi derecede İngilizce bilmektedir.