

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**FARKLI LAZER SİSTEMLERİNİN FARKLI İRRİGASYON
SOLÜSYONLARI KULLANILARAK SMEAR TABAKASINI
UZAKLAŞTIRMADAKİ ETKİSİ**

Arş. Gör. Dt. Yağız ÖZBAY

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

DANIŞMAN

Prof. Dr. Ali ERDEMİR

2017-KIRIKKALE

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**FARKLI LAZER SİSTEMLERİNİN FARKLI İRRİGASYON
SOLÜSYONLARI KULLANILARAK SMEAR TABAKASINI
UZAKLAŞTIRMADAKİ ETKİSİ**

Araş. Gör. Dt. Yağız ÖZBAY

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Ali ERDEMİR

**Bu Tez Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından 2016/063 numaralı proje ile desteklenmiştir.**

2017-KIRIKKALE

KABUL VE ONAY FORMU

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 26/12/2017

TEZ SINAV JÜRİSİ

Prof. Dr. Oğuz YOLDAŞ

Çukurova Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi

Jüri Başkanı



Prof. Dr. Ali ERDEMİR

Kırıkkale Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi


Üye



Prof. Dr. Tamer TAŞDEMİR

Karadeniz Teknik Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi

Üye



Prof. Dr. H. Ebru OLGUN

Kırıkkale Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi

Üye



Yrd. Doç. Dr. Ali TÜRKYILMAZ

Kırıkkale Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi

Üye

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
ÖNSÖZ.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ.....	1
GENEL BİLGİLER.....	4
1.1 Smear Tabakası.....	6
1.2 Smear Tabakasının Uzaklaştırılma Yöntemleri.....	9
1.2.1 Smear Tabakasının Kimyasal Olarak Uzaklaştırılması.....	10
1.2.2 Şelasyon Ajanları	14
1.2.3 QMix	18
1.2.4 MTAD	18
1.3 İrrigasyon Solüsyonlarının Uygulanması	19
1.3.1 Manuel-Dinamik İrrigasyon.....	20
1.3.2 Endodontik Fırçalar.....	21
1.3.3 Sonik Sistemler İle Aktivasyon.....	22
1.3.4 Ultrasonik Sistemler ile Aktivasyon	22
1.3.5 EndoVac	24
1.3.6 Lazer Sistemleri	25
1.3.7 Smear Tabakasının Lazer Sistemleri Yardımıyla Uzaklaştırılması	36
2. GEREÇ VE YÖNTEM	40
2.1 Örneklerin Hazırlanması.....	40
2.1.1 Kök Kanallarının Preparasyonu	41
2.1.2 Örnek Kesitlerin Hazırlanması.....	49
2.2 SEM Cihazı İçin Örneklerin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi	49
2.3 İstatistiksel Analizler	53

3. BULGULAR	54
3.1 Gözlemciler Arasındaki ve Farklı Zaman Aralıklarındaki Uyumun Değerlendirilmesi	54
3.2 Farklı Tekniklerin Smear Tabaka Uzaklaştırma Etkinliği	54
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	86
5. KAYNAKLAR.....	99
ÖZGEÇMİŞ.....	134



ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösterip destekleyen ve yardımını esirgemeyen danışman hocam, ana bilim dalı başkanımız ve dekanımız Prof. Dr. Ali ERDEMİR'e,

Mali desteği için K.K.Ü Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'ne,

İstatistiksel analizler konusundaki yardımları için Doç. Dr. Serkan ARAT'a,

Tez çalışmalarım boyunca fikir ve desteğini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Ali TÜRKYILMAZ'a,

Tezimin materyal metod aşamasında yardımları için Araş. Gör. Dt. Gözde AKBAL DİNÇER ve Dt. Deniz ERDOĞAN'a,

Bir arada çalışmaktan mutluluk duyduğum K.K.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Ana Bilim Dalı'ndaki çalışma arkadaşlarıma,

Sonsuz emek ve sevgisiyle bugünlere gelmemi sağlayan, her konudaki desteği, anlayışı ve sevgisiyle hep yanımda olan fedakâr aileme,

Saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunuyorum.

SİMGELER VE KISALTMALAR

Å:	Ångström
Ar :	Argon
Ca(OH)₂ :	Kalsiyum hidroksit
Cl₂:	Klorin
Co:	Kobalt
CO₂ :	Karbondioksit
cpm:	Cycles per minute
Cu:	Bakır
EDTA :	Ethylenediamine Tetra-acetic Acid
Er,Cr:YSGG :	Erbium Chromium Yttrium Scandium Gallium Garnet
Er:YAG :	Erbium yttrium aluminum garnet
Fe:	Demir
Ga-As :	Galyum-Arsenide
He-Ne :	Helium-Neon
Hz :	Hertz
HOCl :	Hipoklorik asit
Ho:YAG :	Holmium yttrium aluminum garnet
ISO :	International Organization for Standardization
kHz :	Kilohertz
kV:	Kilovolt
J :	Joule
kV :	kilovolt
LASER :	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
LAI :	Laser activated irrigation
mJ :	milijoule
ml :	Mililitre
mm :	Milimetre
µm :	Mikrometre
µs :	Mikrosaniye
MTAD :	Mixed tetracycline acid detergent

Mn:	Mangan
Na :	Sodyum
NaOCl :	Sodyum hipoklorit
NaOH:	Sodyum hidroksit
Ni-Ti:	Nikel Titanyum
Nd:YAG :	Neodymium yttrium aluminum garnet
nm :	Nanometre
P :	Fosfor
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
W :	Watt
% :	Yüzde
°C :	Santigrad derece

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Dişlerden elde edilen radyografiler.....	40
Şekil 2.2 Çalışmamızda kullanılan Nd:YAG ve Er:YAG Lazer.....	42
Şekil 2.3 Çalışmamızda kullanılan Er,Cr:YSGG lazer	43
Şekil 2.4 Er:YAG Lazer'e ait 300 µm'lik fiber optik uç	44
Şekil 2.5 PIPS fiber optik uç	44
Şekil 2.6 Çalışmamızda kullanılan Er:YAG Lazer'e ait parametreler.....	45
Şekil 2.7 Nd:YAG Lazer'e ait 320 µm'lik fiber optik uç	45
Şekil 2.8 Çalışmamızda kullanılan Nd:YAG Lazer'e ait parametreler.....	46
Şekil 2.9 Er,Cr:YSGG lazer ile kullandığımız RFT3 uç ve handpiece.....	46
Şekil 2.10 Çalışmamızda kullanılan Er,Cr:YSGG Lazer'e ait parametreler	47
Şekil 2.11 Sputter cihazı (Altın-palladyum kaplama cihazı)	49
Şekil 2.12 Altın-palladyum kaplanan diş örnekleri.....	50
Şekil 2.13 Çalışmamızda kullanılan SEM cihazı.....	50
Şekil 2.14 Skor 0	51
Şekil 2.15 Skor 1	52
Şekil 2.16 Skor 2	52
Şekil 2.17 Skor 3	53
Şekil 3.1 Tüm gruptaki örneklerin SEM incelemesi sonucunda elde edilen ortalama smear skor değerlerinin grafiksel görünümü.....	58
Şekil 3.2 Grup 1A (Apikal): Distile su aktivasyon yok X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.	59
Şekil 3.3 Grup 1A (Orta): Distile su aktivasyon yok X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri	60
Şekil 3.4 Grup 1A (Koronal): Distile su aktivasyon yok X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri	61
Şekil 3.5 Grup 1B (Apikal): Distile su ve PIPS tekniği ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.	62
Şekil 3.6 Grup 1B (Orta): Distile su ve PIPS tekniği ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.	63

Şekil 3.7 Grup 1B (Koronal): Distile su ve PIPS tekniği ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler.	64
Şekil 3.8 Grup 1C (Apikal): Distile Su ve Nd YAG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler.	65
Şekil 3.9 Grup 1C (Orta): Distile Su ve Nd YAG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler.	66
Şekil 3.10 Grup 1C (Koronal): Distile Su ve Nd YAG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler.	67
Şekil 3.11 Grup 1D (Apikal): Distile su ve Er,Cr;YSGG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler.	68
Şekil 3.12 Grup 1D (Orta): Distile su ve Er,Cr;YSGG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler	69
Şekil 3.13 Grup 1D (Koronal): Distile su ve Er,Cr;YSGG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler	70
Şekil 3.14 Grup 2A (Apikal): NaOCl+EDTA, aktivasyon yok X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler.	71
Şekil 3.15 Grup 2A (Orta): NaOCl+EDTA, aktivasyon yok X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler.	72
Şekil 3.16 Grup 2A (Koronal): NaOCl+EDTA, aktivasyon yok X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler.	73
Şekil 3.17 Grup 2B (Apikal): NaOCl+EDTA, PIPS tekniği ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler.	74
Şekil 3.18 Grup 2B (Orta): NaOCl+EDTA, PIPS tekniği ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler.	75
Şekil 3.19 Grup 2B (Koronal): NaOCl+EDTA, PIPS tekniği ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler.	76
Şekil 3.20 Grup 2C (Apikal): NaOCl+ EDTA, ND:YAG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler.	77
Şekil 3.21 Grup 2C (Orta): NaOCl+ EDTA, ND:YAG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler.	78
Şekil 3.22 Grup 2C (Koronal): NaOCl+ EDTA, ND:YAG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler.	79

Şekil 3.23 Grup 2D (Apikal): NaOCl+ EDTA, Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler.....	80
Şekil 3.24 Grup 2D (Orta): NaOCl+ EDTA, Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler.	81
Şekil 3.25 Grup 2D (Koronal): NaOCl+ EDTA, Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler.....	82
Şekil 3.26 Grupların Apikal Bölgelerine Ait Görüntüler a) Grup 1A, b) Grup 1B, c) Grup 1C, d) Grup 1D, e) Grup 2A, f) Grup 2B, g) Grup 2C, h) Grup 2D.....	83
Şekil 3.27 Grupların Orta Bölgelerine Ait Görüntüler a) Grup 1A, b) Grup 1B, c) Grup 1C, d) Grup 1D, e) Grup 2A, f) Grup 2B, g) Grup 2C, h) Grup 2D.....	84
Şekil 3.28 Grupların Koronal Bölgelerine Ait Görüntüler a) Grup 1A, b) Grup 1B, c) Grup 1C, d) Grup 1D, e) Grup 2A, f) Grup 2B, g) Grup 2C, h) Grup 2D.....	85

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No:

Çizelge 2.1. İrrigasyon ve Aktivasyon Prosedürlerine Ait Çizelge48



TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No:

Tablo 3.1. Farklı Tekniklerin Smear Tabaka Uzaklaştırma Etkinliği.....57



ÖZET

Farklı Lazer Sistemlerinin Farklı İrrigasyon Solüsyonları Kullanılarak Smear Tabakasını Uzaklaştırmadaki Etkisi

Smear tabakasının kök kanallarından uzaklaştırılması amacıyla günümüze kadar pek çok cihaz kullanılmış ve farklı yöntemler uygulanmıştır. Bununla birlikte, son yıllarda lazerler irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonunun etkinliğini arttırmak amacıyla kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmanın amacı distile su, NaOCl ve EDTA gibi klinik pratiğinde sıklıkla kullanılan irrigasyon solüsyonlarının farklı lazerlerle aktive edilerek smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin kök kanallarının farklı bölgelerini de göz önünde bulundurarak karşılaştırılması ve değerlendirilmesidir.

İrrigasyon aktivasyon prosedürleri sonrasında, kökler longitüenal olarak ikiye ayrıldı ve x1000 büyütmede elde edilen SEM görüntüleri üzerinde kökün farklı üç bölgesinde (apikal, orta, koronal) smear tabakası uzaklaştırma etkinliği iki farklı araştırmacı tarafından örneklerde hangi irrigasyon ve aktivasyon prosedürünün kullanıldığı bilinmeden birer hafta aralıklarla iki kez değerlendirildi. Gözlemciler arası uyum ve gözlemcilerin kendi içindeki uyumu Kappa analizi kullanılarak değerlendirildi. İstatistiksel analizler SPSS 15.0 for Windows (SPSS Inc, Chicago, IL) bilgisayar programı yardımıyla gerçekleştirildi ve final irrigasyon aktivasyon teknikleri arasında anlamlı farkın bulunup bulunmadığını belirlemek için Kruskal-Wallis testi uygulandı. Gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalar ve koronal, orta ve apikal üçlüler arasındaki karşılaştırmalar için Bonferroni düzeltilmeli Mann-Whitney U testi kullanıldı.

NaOCl ve EDTA kullanılan gruplarda sadece distile su kullanılan gruplara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha az smear tabakası gözlemlendi ($p<0.05$). En yoğun smear tabakası kontrol grubu olarak belirlenen sadece distile su kullanılan Grup 1A'da gözlemlendi ve bu grup ile diğer gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$). En düşük smear tabakası varlığı ise irrigasyon solüsyonu olarak NaOCl ve EDTA'in lazerlerle aktive edildiği gruplarda (Grup 2B, 2C, 2D) gözlemlendi ($p<0.05$). Bu üç grup arasındaki fark istatistiksel

olarak anlamlı değildi ($p>0.05$). Distile su ile birlikte lazer kullanılan gruplarla (Grup 1B, 1C, 1D), NaOCl ve EDTA'in lazer aktivasyonu olmadan kullanıldığı kontrol grubu (Grup 2A) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0.05$). İrrigasyon aktivasyon yöntemlerinin tamamının smear tabakasının kaldırılmasında istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğu bulundu ($p<0.05$). Ancak distile suyun lazerle aktive edildiği grupların kendi arasında ve NaOCl ve EDTA solüsyonlarının lazerle aktive edildiği grupların kendi arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamadı ($p>0.05$). Apikal bölgede, koronal ve orta bölgelere göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha fazla smear tabakası kaldığı ($p<0.05$), bununla birlikte orta ve koronal bölgeler arasında smear tabakasının uzaklaştırılması açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$).

Çalışmamızın sınırları içerisinde; NaOCl ve EDTA'in ardarda kullanımının smear tabakasının uzaklaştırılmasında distile sudan önemli ölçüde daha etkin olduğu gözlemlenmiştir. İkinci olarak, smear tabakası koronal ve orta bölgelerde apikal bölgeye göre daha etkili olarak uzaklaştırılmıştır. Son olarak, farklı irrigasyon solüsyonlarının lazerle aktivasyonu sonucunda smear tabakası daha iyi bir şekilde uzaklaştırılmıştır. NaOCl ve EDTA'in lazer ile aktivasyonu smear tabakasının uzaklaştırılması açısından en etkin yöntemdir.

Anahtar Sözcükler: Er:YAG lazer, Er,Cr:YSGG lazer, irrigasyon, Nd:YAG lazer, smear

SUMMARY

Effect Of Different Laser Systems On Removal Of Smear Layer Using Different Irrigation Solutions

In order to remove the smear layer from the root canals, many devices have been used and various methods have been applied until today. However, in recent years lasers have begun to be used to increase the effectiveness of irrigation solutions activation.

The aim of this study is to compare and evaluate the smear layer removal efficacy of irrigation solutions frequently used in clinical practice, such as distilled water, NaOCl and EDTA, activating by different lasers, taking into account the different regions of the root canals.

In the study, 96 mandibular permanent single rooted non-carious premolar human teeth extracted due to periodontal reasons were used. After root canal preparations, all teeth were divided into 2 groups according to different irrigation solutions. In Group 1, distilled water was used for 80 sec, whereas in Group 2, 2.5% NaOCl (40 sec) and 17% EDTA (40 sec) were applied for irrigation in total of 80 sec. Each group was divided to 4 subgroup according to activation protocol. Final irrigation was completed by activating the irrigation solutions with relevant activation method.

Conventional syringe irrigation was used in Group 1A and 2A without laser activation. Irrigation solutions were activated by Er:YAG laser (LightWalker AT, Fotona, Ljubljana, Slovenia) using with Photon Induced Photoacoustic Streaming (PIPS™) technique in Group 1B and 2B, by Nd:YAG laser (LightWalker AT, Fotona, Ljubljana, Slovenia) in Group 1C and 2C, by Er,Cr:YSGG laser (Waterlase MD, Biolase Technology, Inc., Irvine, CA, USA) in Group 1D and 2D.

After the irrigation activation procedures, the roots were split longitudinally and the smear layer removal efficiency in three different regions was evaluated on the SEM images obtained at x1000 magnification by two researchers without knowing which irrigation and activation procedure was used twice at interval of one week. Interobserver and intraobserver correlation were evaluated by Kappa analysis. Statistical analyzes were performed using a computer program SPSS 15.0 for

Windows (SPSS Inc, Chicago, IL) and Kruskal-Wallis test was applied to determine if there was any significant difference between the final irrigation activation techniques. Bonferroni corrected Mann-Whitney U test was used for comparisons between groups and between coronal, middle, and apical regions.

Statistically significantly fewer smear layer was observed in groups NaOCl and EDTA were used in comparison to groups distilled water was used ($p < 0.05$) The densest smear layer was observed in Group 1A which was determined as control group and the difference between this group and other groups was found statistically significant ($p < 0.05$). The lowest smear layer existence was observed in groups in which NaOCl and EDTA were activated by lasers (Group 2B, 2C, 2D) ($p > 0.05$) The difference between these there groups was not statistically significant ($p > 0.05$). Statistically significant difference was not found between groups in which distilled water and lasers were used and groups in which NaOCl and EDTA were used without laser activation ($p > 0.05$). It was found that all of the irrigation activation methods had a statistically significant effect in removing the smear layer ($P < 0.05$). However, no statistically significant difference was found between these activation methods ($P > 0.05$). Statistically significantly higher smear layer was not removed in apical regions in comparison to coronal and middle regions, however it was observed that there was no statistically significant difference between coronal and middle regions in terms of smear later removal ($p > 0.05$).

Within the limitations of this study, it is observed that sequential use of NaOCl and EDTA is significantly more effective than distilled water in smear layer removal. Secondly, smear layer was removed more efficiently in coronal and middle regions in comparison to apical region. Finally, the use of laser systems enhances smear layer removal capability of different irrigation solutions, and laser activation of NaOCl and EDTA is the most effective method in terms of smear layer removal.

Keywords: Er:YAG laser, Er,Cr:YSGG laser, irrigation, Nd:YAG laser, smear

1. GİRİŞ

Endodonti dental pulpanın korunması, patolojilerinin tanı ve tedavisiyle ilgili diş hekimliği branşıdır. Endodontik tedavi, pulpanın canlılığını sürdürmesi, hasarlı ve nekrotik dişin tedavisi ve restore edilmesi, önceden başarısız endodontik tedavi geçirmiş dişin tedavisinin yenilenmesini de içerir. Böylelikle endodontik tedavinin başlıca hedefinin periradiküler dokunun sağlıklı durumunun korunması veya iyileşmesi için uygun bir ortamın oluşturulması olduğu söylenebilir. Bu ortamın sağlanabilmesi için uygulanan kök kanal tedavisi de güncel endodonti uygulamalarının en yaygın pratiğini oluşturmaktadır.

Dental pulpada patolojik değişiklikler meydana geldiğinde kök kanal sistemi çeşitli bakterileri, bunların toksinleri ve yan ürünlerini barındırmaya elverişli hale gelir. Bir dizi çalışmada pulpa ve periapikal dokularda bakteri yokluğunda patolojik problemlerin oluşmadığı gösterilmiştir (Kakehashi ve ark. 1965, Bergenholtz 1974, Sundqvist 1976, Moller ve ark. 1981). Pulpa patolojisinin seviyesine bağlı olarak, enfekte kök kanallarından çeşitli bakteriler kültüre edilebilir ve bu bakterilerin büyük çoğunluğu pulpayı doğrudan (çürük ya da travmatik yaralanmalar) veya kök kanallarını dolaylı olarak (koronal sızıntı) enfekte edebilen (Madison ve ark. 1987, Swanson ve Madison 1987, Madison ve Wilcox 1988, Torabinejad ve ark. 1990, Magura ve ark. 1991) gram-negatif anaeroblardır (Kakehashi ve ark. 1965, Sundqvist 1976, Fabricius ve ark. 1982).

Kök kanalını istila eden bakterilerin uzaklaştırılması için kanalın dezenfeksiyonu ve preparasyonu gereklidir. Mekanik preparasyon canlı ve nekrotik dokuların uzaklaştırılmasını, kök kanalının dezenfeksiyonu ve medikasyonunu kolaylaştırmayı ve kanal dolgusu için ideal bir boşluk oluşturmayı hedefler.

Mekanik preparasyon esnasında, endodontik enstrümanlar dentin duvarına temas ederek çalıştığında smear tabakası olarak adlandırılan ve mineralize dentin, predentin, pulpa artıkları, bakteri ve biofilmden oluşan bir tabaka oluşur (Eick ve ark. 1970, Pashley ve ark. 1988, Pashley 1992). Bazı araştırmacılar smear tabakasının

uzaklaştırılmasının gerekliliğinin kuşkulu olduğunu belirtse de (Sen ve ark. 1995b), smear tabakası dezenfeksiyon ajanlarının dentindeki etkisini zayıflatabileceğinden ve kök kanal dolgusunun kalitesini düşürebileceğinden uzaklaştırılması gerektiği yönünde bir görüş birliği vardır (Torabinejad ve ark. 2002, Violich ve Chandler 2010).

Smear tabakası inorganik ve organik içeriğe sahip olduğundan mevcut herhangi bir irrigasyon solüsyonunun tek başına kullanımıyla uzaklaştırılmamaktadır. Bu tabakanın uzaklaştırılabilmesi için sodyum hipokloritin (NaOCl) ve bir şelasyon ajanının ya da asidin ardarda kullanımı önerilmektedir.

Kullanılan irrigasyon solüsyonlarının etkili olabilmesi için özellikle kanalların apikal bölümlerinde tüm kanal duvar yüzeyleriyle doğrudan temasının sağlanması gerekmektedir (Al-Hadlaq ve ark. 2006, Grande ve ark. 2006, Zehnder 2006). Bu nedenle kök kanallarının irrigasyonu için daha etkin dağıtım ve aktivasyon sistemlerinin geliştirilmesi için çalışmalar yapılmaktadır.

Lazer sistemleri diğer tıp alanlarında olduğu gibi diş hekimliğinde de hekimlerin kullanım ve araştırma alanlarından biri olmuştur. Lazerin endodontik tedavilerde kullanılması 1970'lerin ilk yarısında başlamış, ancak rutin kullanıma geçilmesi zaman almıştır. Lazer sistemlerindeki teknolojik ilerlemelerle birlikte çeşit ve seçeneklerin artmasına rağmen endodontide güncel olarak en çok kullanılan lazer türlerinin Erbium:Yttrium-Aluminum-Garnet (Er:YAG), Neodymium:Yttrium-Aluminyum-Garnet (Nd:YAG), Erbium, Chromium: Yttrium-Scandium-Gallium-Garnet (Er,Cr:YSGG) olduğu söylenebilir.

Günümüze kadar lazer sistemlerinin smear tabakasını kaldırmadaki etkinliği ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır (Hasheminia ve ark. 2012, Kalyoncuoglu ve Demiryurek 2013, Ashraf ve ark. 2014, Bolhari ve ark. 2014, Akyuz Ekim ve Erdemir 2015, Sahar-Helft ve ark. 2015, Ayranci ve ark. 2016, Al-Zand ve ark. 2017). Ama bu çalışmaların bazılarında sadece lazer kullanılarak ya da distile su lazer ile aktive edilerek smear tabakasının uzaklaştırılma etkinliği incelenirken (DiVito ve ark. 2012, Hasheminia ve ark. 2012, Kalyoncuoglu ve Demiryurek 2013, Ashraf ve ark. 2014, Al-Zand ve ark. 2017), bazılarında ise lazerlerin NaOCl ve EDTA gibi irrigasyon solüsyonlarını aktive ederek smear tabakasını kaldırmadaki etkinliği

değerlendirilmiştir (Akyuz Ekim ve Erdemir 2015, Sahar-Helft ve ark. 2015). Literatürde distile suyun ve NaOCl ve EDTA solüsyonlarının lazerlerle aktive edildiğinde smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin karşılaştırılarak incelendiği bir çalışma bulunmamaktadır. Böylece, distile suyun farklı lazerlerle aktive edildiğinde smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin ve klinik pratiğinde sıklıkla kullanılan NaOCl ve EDTA solüsyonlarının lazer aktivasyonu sonucu smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerinin kök kanallarının farklı bölgelerini de göz önünde bulundurarak karşılaştırılması ve değerlendirilmesi literatüre katkı sunabilir.

Bu çalışmanın amacı distile su ile NaOCl ve EDTA irrigasyon solüsyonlarının farklı lazerlerle aktive edilerek smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin kök kanallarının farklı bölgelerini de göz önünde bulundurarak karşılaştırılması ve değerlendirilmesidir.

GENEL BİLGİLER

Dentin pulpadan pre-dentin olarak isimlendirilen nonmineralize ince bir doku ile ayrılmaktadır. Dentin diş pulpasının odontoblastların derece derece salgıladığı inorganik elementlerle mineralize olan bir organik matriks ile karakterizedir (Olivi ve Kaitsas 2016).

Kök içerisinde dentin tübüleri pulpa-pre-dentin bileşiminden sementodontinal bileşimin içindeki intermediate dentine uzanır. Dentin tübüleri kök içerisinde, krondaki tipik S şekilli dentin tübüllerinden farklı olarak, pulpa ve periferi arasında daha düz bir rota izler ve 1-3 µm arası çapa sahiptirler (Garberoglio ve Brannstrom 1976, Mjor ve Nordahl 1996). Dentin tübüllerinin sayısı bir milimetre kareye 4900'dan 90 000'e kadar çeşitlilik gösterir (Mjor ve Nordahl 1996). Bu yoğunluk apikal-koronal yönde kök yüzeyine doğru artış gösterir. Mine-sement bileşiminde dentin tübüllerinin sayısının yaklaşık olarak milimetre kareye 15 000 olduğu tahmin edilir (Torabinejad ve ark. 2002).

Gerçekleştirilmiş çalışmalar sonucu enfekte kök kanallarında bulunan bakteri ve yan ürünlerinin dentin tübüllerine yerleşebileceği görülmektedir (Akpata ve Blechman 1982, Armitage ve ark. 1983, Haapasalo ve Orstavik 1987, Ando ve Hoshino 1990, Horiba ve ark. 1990, Orstavik ve Haapasalo 1990, Perez ve ark. 1993, Sen ve ark. 1995a, Siqueira ve ark. 1996, Peters ve ark. 2001a). Araştırmacılar enfekte dişteki kök kanal duvarları ve sementodontinal bileşim arasındaki mesafenin yaklaşık yarısında dentin tübüllerinde bakteri varlığını bildirmişlerdir (Armitage ve ark. 1983, Ando ve Hoshino 1990). Sen ve ark. 10 adet çekim öncesinde nekrotik pulpalı insan dişini taramalı elektron mikroskobu ile incelemiş ve köklerin apikal üçte ikisindeki dentin tübüllerine 150 µm'ye kadar bakteri penetrasyonunu bildirmişlerdir (Sen ve ark. 1995a). Horiba ve ark. enfekte kök kanal dentin duvarlarının içerisinde endotoksin bulmuşlardır (Horiba ve ark. 1990). Ayrıca, yapay olarak inoküle kök kanallarının dentin tübüllerinde bakteri varlığının gösterildiği *in vitro* çalışmalar bulunmaktadır (Akpata ve Blechman 1982, Haapasalo ve Orstavik 1987, Orstavik ve Haapasalo 1990).

Endodontik tedavinin başarısı birçok faktöre bağılı olmasına rağmen, kök kanalının preparasyonu kök kanal tedavisinin en önemli bileşenlerinden biridir. Preparasyon mekanik debridmanı, medikamentlerin yerleştirilmesini ve yeterli obturasyon için uygun bir boşluk yaratılmasını içerdiğinden ve sonraki adımların etkinliğini belirlediğinden oldukça temel bir konudur. Malesef preparasyon aşaması, kök kanal anatomisinin varyasyonları (al-Omari ve ark. 1992, Nagy ve ark. 1997, Peters ve ark. 2003) ve operatörün bu anatomiyi radyografilerle görselleştirmedeki yetersizliğinden (Cunningham ve Senia 1992, Stropko 1999) olumsuz etkilenebilir. Bu nedenle, kök kanal preparasyonu önemli olmasının yanı sıra klinisyen için dikkat ve emek gerektiren bir aşamadır.

Kanalların belirlenmesi, hatasız olarak giriş sağlanması ve genişletilmesi, preparasyon sırasında uygun çalışma uzunluğunun korunması, yeterli dezenfeksiyon ve obturasyona imkân verecek preparasyon boyutunun belirlenmesi gibi zorlu ve bugün de tartışmalı olmaya devam eden faktörler nedeniyle kanal preparasyonu oldukça önemlidir (Esposito ve Cunningham 1995, Peters 2004). Kök kanal anatomisinin preparasyonu ledge, zip ve dirsek; apikal foramen ya da kanal transportasyonu, kök kanalının düzleştirilmesi, kök kanal duvarında strip perforasyon ve apikal ya da furkal perforasyon gibi çeşitli komplikasyonlarla sonuçlanabilir (Schilder 1974, Abou-Rass ve ark. 1980).

Kök kanalının preparasyonu için kabul görmüş tek bir teknik ya da enstrüman yoktur. Bununla birlikte yeni kullanılmaya başlanan araç ve yöntemlerdeki artış sürmektedir. Artan boyutlardaki bir dizi K-reamer eğenin sırasıyla kök kanalına çalışma boyuna kadar yerleştirilip daha sonra kök kanal sisteminin doldurulabilmesine olanak sağlayacak şekilde genişletildiği standart preparasyon tekniği hâlâ yaygındır. Kurvatürlü ya da oval kök kanalı olgularında kök kanalının preparasyonu için uygun bir yöntem olmaması nedeniyle bu teknik eleştirilmesine rağmen düz kök kanallarındaki etkinliği bilinmektedir (Pataky ve ark. 2002).

Geçen on yıl boyunca yeni nikel-titanyum (Ni-Ti) döner enstrümanlar endodontik tedavi içindeki yerini sağlamlaştırmışlardır. Döner enstrümanların çalışma güvenliği bazı açılardan tartışılır olsa da, çeşitli incelemeler bazı yeni döner Ni-Ti sistemlerinin orijinal kök kanal kurvatürünü koruma yeteneğine sahip olduğunu

göstermiştir (Versumer ve ark. 2002, Hulsmann ve ark. 2003b, Paque ve ark. 2005). Çalışma güvenliğini artırmak, preparasyon süresini kısaltmak ve sürekli incelen konik preparasyonlar gerçekleştirmek için kesici olmayan uçlu, farklı çapraz kesitli, torsiyonal kırılmalara dirençli ve çeşitlilik gösteren ileri dizayna sahip enstrümanlar geliştirilmiştir (Thompson 2000).

Kök kanal preparasyonu sırasında farklı enstrümanlar ve tekniklerin kullanımı mevcut olmakla birlikte preparasyon işlemi kaçınılmaz olarak kök kanal dentininin kesilmesine ve kesim işlemi sonucunda da smear tabakası adı verilen tabakanın oluşmasına neden olmaktadır.

1.1 Smear Tabakası

Dentin el enstrümanları ya da döner enstrümanlar ile her kesildiğinde mineralize dokular önemli miktarda debris oluşturacak şekilde parçalanır ve mineralize kollajen matriksin çok küçük partiküllerinden oluşan, smear tabakası olarak adlandırılan yapıyı oluşturmak üzere prepare edilen dentin yüzeyini örter (Violich ve Chandler 2010). Elektron tarama mikroskobu (SEM) ile birlikte elektron mikroprobunun kullanılması smear tabakasının tanımlanmasını mümkün kılmıştır ve ilk defa Eick ve ark. tarafından preparasyon sonrası dişlerin oklüzal yüzeylerindeki smear tabakası 1970 yılında bildirilmiştir (Eick ve ark. 1970). Araştırmacılar, çalışma sonucu olarak smear tabakasının 0.5 µm'den 15 µm'ye kadar çeşitli boyutlardaki partiküllerden meydana geldiğini göstermişlerdir.

Braännström ve Johnson tarafından gerçekleştirilen kavite preparasyonlarının SEM altında incelendiği çalışmada ince bir tabaka debris varlığı gösterilmiştir. Araştırmacılar çalışmalarında bu tabakanın 2-5 µm kalınlığında olduğunu ve bir kaç µm kadar dentin tübülleri içine uzandığını bildirmişlerdir (Brannstrom ve Johnson 1974). Bir kavitedeki ya da kök kanallarındaki smear tabakası birbirinden farklı olabilir. Kök kanalındaki dentin tübülü sayıları da büyük bir varyasyon gösterir ve kök kanalında koronal kavitelere göre daha fazla yumuşak doku kalıntısı varlığı muhtemeldir (Violich ve Chandler 2010).

McComb ve Smith 1975 yılında enstrümantasyon sonrası kök kanal yüzeyindeki smear tabakasını ilk tanımlayan araştırmacılarıdır. Araştırmacılar smear tabakasının koronal smear tabakasında olduğu gibi sadece dentinden oluşmadığını ayrıca odontoplastik kalıntılar, pulpa dokusu ve bakteri içerdiğini ileri sürmüşlerdir (McComb ve Smith 1975). Lester ve Boyde 1977 yılında smear tabakasını "yer değiştirmiş inorganik dentinin içine hapsolmuş organik madde" olarak tanımlamışlar ve bu tabaka NaOCl irrigasyonu ile kaldırılamadığından temel olarak inorganik dentinden oluştuğu sonucuna varmışlardır (Lester ve Boyde 1977). Enstrümantasyonun ilk aşamalarında, kanal duvarlarındaki smear tabakası kök kanallarındaki nekrotik ve canlı pulpa dokusu nedeniyle göreceli olarak daha fazla organik içeriğe sahip olabilir (Cameron 1988).

Smear tabakası SEM altında görüntülediğinde genelde amorf düzensiz ve granüler görünüme sahiptir (Brannstrom ve ark. 1980, Yamada ve ark. 1983, Pashley ve ark. 1988). Bu görünümün ise tedavi esnasında dentin duvarlarının yüzeysel bileşenlerinin yer değiştirmesi ve cilalanmasından kaynaklandığı düşünülmüştür (Baumgartner ve Mader 1987). Goldman ve ark smear tabakasının kalınlığını 1 µm olarak hesaplamışlar ve önceki araştırmacılarla smear tabakasının büyük oranda inorganik yapıda olduğu konusunda mutabık olduklarını bildirmişlerdir ve smear tabakasının varlığının enstrümanla edilen kök kanalları boyunca gözlemlendiğini eklemiştir (Goldman ve ark. 1981). Başka bir çalışmada smear tabakasının genel olarak 1-2 µm olduğu bildirilmiştir (Mader ve ark. 1984). Bazı araştırmacılar smear tabakasını ilki yüzeysel smear tabakası, ikincisi dentin tübüllerinde sıkışmış halde bulunan smear tabakası olmak üzere iki bölümde tartışmışlardır (Cameron 1983, Mader ve ark. 1984). Smear tabakasının tübüllerde sıkışması olgusunun frez ve enstrümanların etkinliğine bağlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Brannstrom ve Johnson 1974, Mader ve ark. 1984). Bununla birlikte, smear materyalinin dentin tübüllerine penetrasyonunun dentin tübüllerini ve materyal arasındaki adeziv kuvvetlerin neden olduğu kapiller hareket nedeniyle gerçekleşebileceği öne sürülmüştür (Cengiz ve ark. 1990).

McComb ve Smith K-reamer, K file ve Giromatic resiprokasyon eğeleri ile enstrümantasyon sonrasında benzer yüzeyler meydana geldiğini SEM incelemesi altında gözlemlemişlerdir (McComb ve Smith 1975). Bir başka çalışmada ise gates-

glidden ya da post drilleri gibi motorla birlikte kullanılan enstrümanlarla preparasyon sırasında, el aletleriyle meydana geldiğinden daha fazla miktarda smear materyali oluştuğu bildirilmiştir (Czonstkowsky ve ark. 1990).

Smear tabakasının sızıntı, dentin tübüllerine bakteri penetrasyonu ve kanal dolgu materyallerinin adaptasyonu gibi faktörler üzerine etkileri değerlendirilmesi sonucunda çeşitli nedenlerle uzaklaştırılması ya da bırakılması yönünde farklı görüşler bulunmaktadır.

Bazı araştırmacılar smear tabakası uzaklaştırılmadığında dentin tübüllerini tıkayacağını ve dentin permeabilitesini değiştirerek bakteri ya da toksin penetrasyonunu sınırlayacağını ileri sürmüşlerdir (Michelich ve ark. 1980, Pashley ve ark. 1981, Safavi ve ark. 1990). Bu yaklaşımı destekleyen sonuçlara ulaşan Pashley, kanallar yetersiz dezenfekte edildiğinde ya da kanal preparasyonundan sonra bakteriyel kontaminasyon gerçekleştiğinde, smear tabakasının dentin tübüllerinin istilasını engelleyebileceğini öne sürmüştür (Pashley 1985). Drake ve ark. smear tabakasının mevcudiyetinin ya da uzaklaştırılmasının kök kanallarında bakteri kolonizasyonu üzerine etkisini inceledikleri bir çalışmada *S.anginosus*'un smear tabakasında fazlaca kolonize olamadığını ve sonrasında yüksek sayıda varlık gösteremediğini bildirmişlerdir (Drake ve ark. 1994).

Smear tabakası bakterilerin çoğalabilmesi için ortam sağlayacağından ve sızıntıya neden olabilecek bir boşluk oluşabileceğinden kök kanal duvarlarından tamamen uzaklaştırılmasını savunan araştırmacılar da mevcuttur (Mader ve ark. 1984, Cameron 1987, Meryon ve Brook 1990). Williams ve Goldman smear tabakasının geçirgen olduğunu ve bakteriyel penetrasyonu sadece erteleyebildiğini bildirmişlerdir (Williams ve Goldman 1985). Bununla birlikte, smear tabakası sodyum hipoklorit, kalsiyum hidroksit ve diğer intrakanal medikamentlerin dentin tübüllerine penetrasyonunu engelleyerek dentin tübüllerinin etkili bir şekilde dezenfeksiyonunu sınırlayabilir (Violich ve Chandler 2010).

Cergneux ve ark. smear tabakasının öngörülemez bir kalınlık ve yüksek oranda su içermesinden dolayı stabilitesi düşük bir hacime sahip olduğunu, sızıntı için elverişli bir ortam sağlayabileceğini belirtmişlerdir (Cergneux ve ark. 1987). Başka bir çalışmada smear tabakasının koronal sızıntıya etkisi incelenmiş ve smear tabakasının

uzaklaştırıldığı deney gruplarında belirgin olarak daha az sızıntı gözlemlendiği belirtilmiştir (Taylor ve ark. 1997).

Smear tabakasının kanal dolgu materyallerinin kanal duvarlarına adaptasyonunu inceleyen çalışmalar da mevcuttur. Smear tabakası uzaklaştırıldığında farklı kanal dolgu patlarının dentin tübülleri içine daha iyi penetre olabileceği gözlemlenmiştir (White ve ark. 1987). Gençoğlu ve ark. smear tabakasının uzaklaştırılmasının kanal patı kullanılmaksızın soğuk lateral kompaksiyon ve termoplastik kök kanal dolgularında gutta perkanın adaptasyonunu geliştirdiğini bulmuşlardır (Gencoglu ve ark. 1993). Bir başka çalışmada da smear tabakası kaldırıldıktan sonra termosplastik gutta perkanın adaptasyon sağlayabildiği gösterilmiştir (Gutmann 1993).

Smear tabakasının enstrümantasyon ve obtürasyon niteliğine etkisi üzerindeki tartışmalara rağmen, çeşitli araştırmacılar bu tabakanın kendisinin enfekte olabileceği ve dentin tübüllerindeki bakteri varlığını sürdürebileceğini bulmuşlardır (McComb ve Smith 1975, Brännström 1983). Bu kaygılar nedeniyle, kök kanallarında oluşturulan smear tabakasının uzaklaştırılması gerekli sayılabilir ve bu durum dentin tübüllerine intrakanal ilaçların penetrasyonuna izin verebilir (Torabinejad ve ark. 2002).

1.2 Smear Tabakasının Uzaklaştırılma Yöntemleri

Smear tabakasının enfekte olması ve dentin tübüllerindeki bakterilerin varlığını koruyabilmesi nedeniyle smear tabakasının uzaklaştırılması daha çok tercih edilmiştir. Bu tabakanın uzaklaştırılması için kullanılan kimyasal ve lazer yöntemler mevcuttur (Torabinejad ve ark. 2002).

1.2.1 Smear Tabakasının Kimyasal Olarak Uzaklaştırılması

Kök kanal sisteminin karmaşık anatomisi nedeniyle, endodontide etkin bir dezenfeksiyon mekanik preparasyona ek olarak irrigasyon solüsyonları ile elde edilebilir.

İrrigasyon, enstrümantasyon sırasında ve sonrasında, kök kanalından mikroorganizmaların ve dentin talaşlarının uzaklaştırılmasını sağlar. İrrigasyon solüsyonları ek olarak kök ucunda sert ve yumuşak dokuların sıkışmasını ve bu sıkışan enfekte debrisin periapikal bölgeye taşmasını önler. Bazı irrigasyon ajanları ayrıca antimikrobiyal aktivite de sunar. İrrigasyon solüsyonunun etkinliği solüsyonun kimyasal yapısının yanısıra miktar, sıcaklık, temas süresi, irrigasyon iğnesinin penetrasyon derinliği, iğnenin tipi ve ebatı, irrigasyon solüsyonunun yüzey gerilimi ve raf ömrüne bağlıdır (Ingle ve Taintor 1985).

İnorganik içeriği nedeniyle smear tabakasının uzaklaştırılmasında asit içerikli materyaller kullanılır. Uzaklaştırılan smear tabakasının miktarı, smear tabakasını uzaklaştıran materyalin pH ve uygulama süresine bağlıdır. Smear tabakasını uzaklaştırmak üzere bir dizi irrigasyon solüsyonu incelenmiştir (Morgan ve Baumgartner 1997).

Beklenen bütün kriterleri karşılayabilen tek bir irrigasyon solüsyonu bulunmamaktadır. En güvenli ve etkin irrigasyon iki ya da daha fazla irrigasyon solüsyonunun belirli bir sırayla kombine kullanımına dayalıdır (Arul ve ark. 2015).

1.2.1.1 Sodyum hipoklorit (NaOCl)

NaOCl yüksek pH'ya sahip bir oksitleyicidir. NaOCl solüsyonlarının yaraların irrigasyonu için 1915 yılında kullanılmaya başlandığı bilinmektedir (Dakin 1915) ve bugün genel olarak dezenfektan olarak kullanılmaktadırlar. Ticari olarak iki formda bulunur; (Trepagnier ve ark. 1977)

-Aktif klor miktarı %12-15 arasında değişen ve genellikle sanayide kullanılan birinci sınıf solüsyonlar.

-Aktif klor içeriği %5-5,5 arasında değişen, evde çamaşır suyu olarak ve kök kanal tedavisinde kullanılan ikinci sınıf solüsyonlar.

NaOCl endodontide ilk olarak 1920 yılında kullanılmaya başlanmıştır (Crane 1920). NaOCl geleneksel olarak klorin gazı (Cl_2) ve sodyum hidroksit (NaOH) ile üretilir. Ticari NaOCl solüsyonları güçlü alkalın ve hipertonic özelliğe sahiptirler, zamana, sıcaklığa, ışığa maruz kalmaya ve metal iyonlarıyla kontaminasyona bağlı olarak bozulurlar. Görünür ışık NaOCl'in aktif klor içeriğini azalttığından solüsyonlar yüksek yoğunluklu polietilen, fiberglas, opak cam, beyaz plastik içerisinde saklanmalıdır. Distile su, solüsyonun stabilitesi için sulandırma kullanılabılır. %5'lik NaOCl solüsyonlarının 4°C'de saklandıklarında 200 gün sonunda klor miktarını tamamen korudukları, ancak oda sıcaklığında aynı sürede %34'lük klor kaybına uğradıkları bildirilmiştir. 4-24°C'de %0.5'lik NaOCl'in en stabil olduğu; bu nedenle diş hekimliğinde kullanılacak solüsyonların sulandırarak saklanması uygun olduğu öne sürülmektedir (Pişkin ve Türkün 1995). Ancak raf ömrü 10 hafta olan %5.25'lik NaOCl solüsyonunun konsantrasyon %2,6 ve %1 olduğunda sadece bir hafta stabil kalabildiğini bildiren bir çalışma da mevcuttur (Johnson ve Remeikis 1993).

NaOCl ucuz, bakterisidal ve virüsidal (Best ve ark. 1994, Underwood ve Pirwitz 1999), protein çözücü, düşük viskoziteli ve makul bir raf ömrüne sahip bir endodontik irrigasyon solüsyonudur. NaOCl organik artıkları çözebilmesi, antiseptik olması ve düşük yüzey gerilimi ile dentine kolayca diffüze olabilmesi nedeniyle endodontide yaygın olarak kullanılmaktadır.

NaOCl, suda sodyum (Na^+) ve hipoklorit (OCl^-) iyonlarına ayrışır ve denge hipoklorik asit ($HOCl$) oluşumuyla sağlanır. Klor, asidik ve nötral pH'da $HOCl$ formunda iken, pH 9 ve üzerideyken OCl^- iyonu halindedir. Hipoklorik asit antibakteriyel etkinin kaynağıdır ve hücrel fonksiyonları etkileyerek hücrenin ölümüne neden olur (Siqueira ve ark. 2000).

Endodontide NaOCl %0.5 ve %5.25 arasında farklı konsantrasyonlarda kullanılmaktadır (Haapasalo ve ark. 2000). Pashley ve ark, %0.5 ile %5'lik solüsyonların antimikrobiyal etkinliği arasında fark bulunmadığını bildirirlerken

(Pashley ve ark. 1985a), Ayhan ve ark., %0.5'lik NaOCl'in %5.25'lik solüsyona göre oldukça düşük antimikrobiyal etkinlikte olduğunu belirtmişlerdir (Ayhan ve ark. 1999). NaOCl'in hedef mikroorganizmaları %0.1'den daha düşük konsantrasyonlarda öldürebildiği bilinmektedir (Vianna ve ark. 2004, Portenier ve ark. 2005). Ancak, eksüda ve doku artıkları gibi organik materyaller NaOCl'in etkisini azaltır. Bu nedenle, devamlı irrigasyon ve irrigasyonun süresi etkinlik için önemli faktörlerdir.

NaOCl yüksek konsantrasyonlarda oldukça toksiktir ve temas halinde dokuda irritasyona neden olur. Weeks ve Ravitch %3.12–5.25 NaOCl ile temas ettiğinde kedi özofagusunda yoğun ödem, ülserasyonla birlikte nekroz ve özofagusta daralma gözlemlenmiştir (Weeks ve Ravitch 1971). Pashley ve ark. %5.25'lik NaOCl'in 1:1000 oranında seyreltildiğinde kırmızı kan hücrelerinin hemolizine, 1:10 oranında seyreltildiğinde tavşan gözlerinde irritasyona, 1:10, 1:4, 1:2 oranlarında seyreltildiğinde ise deride ülsera sebep olduğunu bildirmişlerdir (Pashley ve ark. 1985b). %0.025'lik NaOCl'in bakterisidal olduğu ancak dokular için toksik olmadığı için en güvenilir konsantrasyon olduğu belirtilmiştir (Heggens ve ark. 1991). NaOCl'in toksisitesinin doza bağlı olduğu (Zhang ve ark. 2003) ve Ca(OH)₂'den daha toksik olduğu bilinmektedir (Barnhart ve ark. 2005).

NaOCl dokulardaki hemoraji kontrolünde kullanıldığında başarılı bir materyaldir. Histolojik çalışmalar NaOCl'in pulpa dokuları ile biyouyumlu olduğunu ve direkt pulpa kaplamada hemostatik bir ajan olarak kullanıldığında başarılı olduğunu ortaya koymuştur (Tsuneda ve ark. 1995, Cox ve ark. 1998, Hafez ve ark. 2000). Pulpa dokularında %3'lük NaOCl 7 ve 27 gün kullanıldığında nekroz gerçekleşmediği bildirilmiştir (Hafez ve ark. 2002).

Kök kanal sisteminin karmaşık anatomik yapısı nedeniyle irrigasyon solüsyonlarının nekrotik dokuyu çözme özelliği endodontik tedavide oldukça önemlidir (Peters ve ark. 2001b). Bir çalışmada %2.5 ve %5'lik NaOCl solüsyonlarının her iki konsantrasyonda da dentinin organik matriksinde yer alan kollajeni çözebildiği görülmüştür (Zach ve Kaufman 1983). Başka bir çalışmada demineralize dentin modele NaOCl uygulandığında tip 1 kollajen ve glikozaminoglikanın immunoreaktivitesini kaybettikleri gösterilmiştir (Oyarzun ve ark. 2002). Ayrıca, sağlam dentinde bu etkinin minimal olduğu, hidroksiapatitin

NaOCl'in oksidatif aktivitesine karşı koruyucu bir role sahip olduğu öne sürülmüştür (Mohammadi ve Shalavi 2013). Şekillendirilmemiş kanal duvarlarından pulpa artıklarını ve predentini %0.5, 1, 2.5 ve 5.25'lik NaOCl solüsyonlarının tamamen uzaklaştırabildiği gösterilmiştir (Baumgartner ve Cuenin 1992).

NaOCl seyreltildiğinde etkisinin belirgin olarak azaldığı ileri sürülmüştür (Siqueira ve ark. 2000). İrrigasyon solüsyonunun konsantrasyonu düştükçe nekrotik dokuları çözebilme özelliğinin azaldığını bildiren benzer çalışmalar da bulunmaktadır (Hand ve ark. 1978, Johnson ve Remeikis 1993). %5.25 NaOCl'in enfekte olmayan dokuların uzaklaştırılmasında salinden daha etkili olduğu ve NaOCl'in çözücü etkisinin dokunun yüzeyinde etkin olduğu, dokunun derinliği arttıkça etkinliğinin azaldığı gösterilmiştir (Senia ve ark. 1971). Başka bir çalışmada %5.25 NaOCl'in vital pulpa dokusunu çözmede etkin olduğu, ancak kök kanalı içinde hapsedilmiş pulpa dokusu üzerinde aynı çözücü etkinliği gösteremediği bildirilmiştir (Rosenfeld ve ark. 1978). Ayrıca, irrigasyon solüsyonu ve doku arasındaki temas yüzeyi arttıkça dokuların çözünürlüğünün de arttığı bilinmektedir (Moorer ve Wesselink 1982).

NaOCl'in organik doku çözücü özelliğinin sıcaklık ile arttığı bilinmektedir (Moorer ve Wesselink 1982). Berutti ve Marini irrigasyon solüsyonlarının ısıtılmasının kök kanalının orta ve apikal üçlüsündeki smear tabakasına etkisini incelemiştirlerdir. Orta üçlüde 50°C NaOCl solüsyonu kullanılan örneklerde smear tabakasının 21°C NaOCl solüsyonu kullanılan örneklere kıyasla daha ince olduğu ve daha az organize olmuş partiküllerden oluştuğu görülmüştür. Ayrıca araştırmacılar apikal üçlüde 50°C solüsyon kullanılan örneklerde daha ince partiküllü smear yapısına rağmen smear tabakasının kalınlığının farklı sıcaklıktaki NaOCl solüsyonları kullanılan örnekler ile neredeyse aynı olduğunu bildirmişlerdir (Berutti ve Marini 1996).

Birçok araştırmacı NaOCl kullanımının kök kanal duvarlarındaki smear tabakasını yüzeysel olarak temizlediği sonucuna varmıştır (Baker ve ark. 1975, Goldman ve ark. 1981, Berg ve ark. 1986, Baumgartner ve Mader 1987). Baumgartner ve Cuenin kök kanallarına farklı konsantrasyonlarda NaOCl solüsyonlarının kullanımı sonrasında kök kanal dentin yüzeylerini incelemiştirlerdir. Araştırmacılar, tüm yüzeylerde açık dentin tübüleriyle birlikte smear tabakası gözlemlediklerini bildirmişlerdir

(Baumgartner ve Cuenin 1992). McComb ve Smith (McComb ve ark. 1976) ve Bitter (Bitter 1989a) Hidrojen peroksit ve NaOCl'in smear tabakasını uzaklaştırmada yalnız NaOCl kullanımından daha etkin olmadığını göstermişlerdir. Ek olarak, yüzey aktif ajanların NaOCl solüsyonuna etkinlik artışı için eklenmesinin ise etkinliği arttırmadığı kanıtlanmıştır (Cameron 1986).

NaOCl'in organik dokuları etkin bir biçimde çözebilmesine rağmen ve kök kanallarının preparasyonu sonucu meydana gelen dentin debrisisini uzaklaştırabildiği halde, smear tabakasını tek başına uzaklaştıramadığı gösterilmiştir (Baumgartner ve ark. 1984, Orstavik ve Haapasalo 1990), bu nedenle NaOCl'in şelasyon ajanları ile kullanılması önerilmektedir (Ari ve ark. 2004).

1.2.2 Şelasyon Ajanları

"Şelat" terimi Yunanca 'şela' (kıskaç) kelimesinden gelmektedir (Hulsmann ve ark. 2003a). Şelatlar metal iyonları ile organik maddelerin halka şeklindeki bağlarının sonucu olarak ortaya çıkan stabil komplekslerdir. Bu stabilite, bir çiftten daha fazla serbest elektrona sahip olan şelatör ve merkez metal iyon arasındaki bağın bir sonucudur (Grossman ve ark. 1988).

Şelasyon preparatları özellikle dar ve kalsifiye kök kanallarının preparasyonlarında yardımcı bir unsur olarak değerlendirilmiş (Serene 1976, Stock ve Nehammer 1985, Stewart 1986, Lovdahl ve Gutmann 1997) ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında kullanılması savunulmuştur (McComb ve Smith 1975, Goldman ve ark. 1981, Berg ve ark. 1986, Ciucchi ve ark. 1989, Aktener ve Bilkay 1993, Garberoglio ve Becce 1994, Hottel ve ark. 1999, Calt ve Serper 2000, Di Lenarda ve ark. 2000, O'Connell ve ark. 2000, Scelza ve ark. 2000).

Sıklıkla kullanılan şelasyon ajanları, Etilen diamin tetraasetik asit (EDTA)'in 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 Açao 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 şelatörler: 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 (Sen ve ark. 1995b, Calt ve Serper 2002, Serper ve Calt 2002). Şelasyon ajanları içerisinde en sık kullanılanı EDTA'dır.

1.2.2.1 Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA)

En yaygın şelasyon ajanları dentin ve kalsiyum iyonları ile etkileşime giren ve çözünebilir kalsiyum şelatları biçimini alan EDTA bazlıdır (Violich ve Chandler 2010). EDTA ilk kez, bileşimi etilen diamin ve kloroasetik asit ile hazırlayan, Ferdinand Munz tarafından 1935'te tanımlanmıştır (Cagnasso ve ark. 2007). 1951 yılında EDTA'nın diş sert dokuları üzerindeki demineralize edici etkisi bildirilmiştir (Hahn ve Reygadas 1951, Sreebny ve Nikiforuk 1951) ve %15'lik EDTA'nın endodontide kullanımı Nygaard-Ostby tarafından 1957 yılında önerilmiştir (Nygaard-Ostby 1957). Günümüzde EDTA genel olarak etilen diamin, formaldehit ve sodyum siyanid ile sentezlenir (Yuan ve VanBriesen 2006).

EDTA $[(HO_2CCH_2)_2NCH_2CH_2N(CH_2CO_2H)_2]$ formülü ile ifade edilen bir poliaminokarboksilik asittir ve renksiz, suda çözünebilir katı bir maddedir. Bu madde yaygın olarak 2 ve 3 değerlikli metal iyonlarını ayırmak için kullanılmıştır. EDTA metallere 4 karboksilat ve 2 amin gruplarıyla bağlanır ve özellikle Mn, Cu, Fe ve Co ile güçlü kompleksler oluşturur (Wiberg ve ark. 2001) ve bağlanan metal iyonları reaktiviteleri azalmış olarak çözelti içinde bulunurlar (Mohammadi ve ark. 2013).

EDTA'nın antibakteriyel etkisinin bakterilerin dış membranındaki katyonların şelasyonuna dayalı olduğu görülmektedir (Patterson 1963). %10'luk EDTA'nın

bakteriyel çoğalmayı inhibe edici bir tabaka ürettiği gösterilmiştir (Russell 2003). EDTA'in biofilm üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir (Ordinola-Zapata ve ark. 2012). EDTA'in *Enterococcus faecalis* üzerindeki etkinliğinin maleik asitin etkisine eşdeğer olduğu bulunmuştur (Ballal ve ark. 2011). Arias-Moliz ve ark. EDTA'in *E. faecalis* üzerine 60 dakikalık temas sonrasında bile bir etki sahibi olmadığını belirtmişlerdir (Arias-Moliz ve ark. 2008). EDTA ile %5'lik NaOCl kombinasyonunun yalnız NaOCl'e kıyasla daha iyi antibakteriyel etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Bystrom ve Sundqvist 1985). Sen ve ark. agar difüzyon tekniği ile EDTA'in *Candida albicans* üzerine etkin olduğunu ortaya koymuşlardır (Sen ve ark. 2000).

Nygaard-Ostby %15'lik EDTA'in insan pulpası ve periapikal dokular üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar pulpotomiden 28 gün sonra pulpal nekrozun görülmediğini ve EDTA'in apikal foramenden taşırıldığında 14 ay sonra periapikal dokularda hasar bulunmadığını bildirmişlerdir (Nygaard-Ostby 1957). EDTA ve EDTAC'ın intramusküler enjeksiyonunu incelenmiş ve EDTAC'ın çok daha fazla doku irritasyonuna neden olduğu gösterilmiştir (Patterson 1963). EDTA'in kollajeni parçalayabilme yeteneğinin olmadığı ortaya konmuştur (Lindemann ve ark. 1985). Düşük yoğunluktaki EDTA solüsyonunun apikal foramenden taşmasının periapikal kemikte irreversibl dekalsifikasyonun yanı sıra nöroimmünolojik düzenleyici mekanizmaları etkilediği belirtilmiştir (Segura ve ark. 1996).

EDTA dentindeki kalsiyum iyonları ile reaksiyon verir ve çözünebilir kalsiyum şelatları oluşturur. Ayrıca EDTA'in 5 dakika içinde 20-30 µm derinliğe kadar dentinde dekalsifikasyon meydana getirdiği bildirilmiştir (Wu ve ark. 2012). Wu ve ark. %17'lik EDTA'in smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin %20'lik sitrik asit ve MTAD'den önemli ölçüde daha iyi olduğunu bildirmişlerdir (Wu ve ark. 2012). Kök kanalını 5 ml EDTA ile 3 dakika kesintisiz olarak yıkamanın smear tabakasını kök kanal duvarlarından etkin bir biçimde uzaklaştırabildiği gösterilmiştir (Mello ve ark. 2010). %15 EDTA kullanımının %10'luk sitrik asitle kıyaslandığında daha yüksek konsantrasyonda kalsiyum iyonu bağladığı ortaya konmuştur (Spano ve ark. 2009). EDTA'in NaCl ve NaOCl'den smear tabakasını uzaklaştırmak ve dentin tübüllerini açmakta daha başarılı olduğu gösterilmiştir (Gu ve ark. 2009b). Saito ve ark. kök kanal enstrümantasyonu sonrası %17 EDTA ve %6 NaOCl ile irrigasyon

gerçekleştirildiğinde 1 dakikalık EDTA irrigasyonunun 30 saniyelik irrigasyondan daha etkin olarak smear tabakasını uzaklaştırdığını bildirmişlerdir (Saito ve ark. 2008).

Adıgüzel ve ark. self-adjusting file kullanımı ve kesintisiz EDTA irrigasyonunun kanal duvarlarındaki smear tabakasını kök kanallarının servikal, orta ve apikal üçlüsünde sırasıyla %85, %60 ve %50 oranlarında uzaklaştırabildiğini bildirmişlerdir. Ek olarak debrisin sırasıyla %95, %90 ve %85 oranında uzaklaştırıldığı ve aynı prosedür MTAD ile uygulandığında etkinlik farkının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir (Adiguzel ve ark. 2011). Bir *in vitro* çalışmada %8'lik EDTA solüsyonunun 3 dakika uygulanması ve %15'lik EDTA solüsyonunun 1 dakika uygulanmasının smear tabakasına karşı benzer etkinliğe sahip olduğunu gözlemlenmiştir (Perez ve Rouqueyrol-Pourcel 2005).

Şelatörlerin NaOCl'e ilavesi NaOCl'in pH'sını zamana bağlı olarak belli bir oranda düşürür. Bu durum solüsyondaki bağımsız klorinin formunu etkiler ve hipoklorit iyonlarının miktarını azaltma özelliğine sahip hipokloröz asit ve klorin gazında artışa neden olur (Rossi-Fedele ve ark. 2012). Bir çalışmada %1-2'lik NaOCl ile %17'lik EDTA eşit oranlarda karıştırılmış ve elde edilen solüsyonun başlangıç pH'sının 10 olduğu ve 48 saat sonra pH değerinin 8'e düştüğü belirtilmiştir. Ayrıca, NaOCl ve daha fazla hacimde EDTA 1:3 oranında karıştırıldığında pH değerinin 48 saat boyunca stabil olduğu bildirilmiştir (Irala ve ark. 2010). Başka bir çalışmada NaOCl solüsyonundaki pH değerlerinin düşmesinin insan üzerinde potansiyel tehlikeleri olan klorin gazının salınımına sebep olduğu gösterilmiştir (Baumgartner ve Mader 1987).

Başlangıçta şelatörler kök kanallarının mekanik enstrümantasyonu sırasında irrigasyon için sıvı formda kullanılmıştır. 1969'de Stewart ve ark. pat formundaki en iyi bilinen şelasyon ajanı olan RC-Prep'i sunmuşlardır (Stewart ve ark. 1969). Bazı çalışmalar pat formundaki şelasyon ajanlarının kayganlaştırıcı etkiye sahip olmalarına rağmen sıvı formdaki EDTA ile karşılaştırıldıklarında smear tabakasını uzaklaştırmada daha düşük etkiye sahip olduklarını göstermişlerdir (Violich ve Chandler 2010). Ayrıca, sıvı formdaki EDTA'ya sürfaktan ilavesinin smear tabakasının uzaklaştırılmasına etki etmediği bildirilmiştir (Lui ve ark. 2007).

EDTA dışında inorganik doku uzaklaştırma ve antimikrobiyal özelliklere sahip başka irrigasyon solüsyonları mevcuttur. QMix ve MTAD gibi irrigasyon solüsyonları gün geçtikçe daha yaygın olmak üzere kullanılmaktadır.

1.2.3 QMix

QMix antimikrobiyal ajanları da içeren ve smear tabakasının uzaklaştırılması için kullanılan yeni bir endodontik irrigasyon solüsyonudur (Stojicic ve ark. 2012). QMix şelasyon ajanı olarak poliaminokarboksil asit, antimikrobiyal ajan olarak bisbiguanid, bir sürfaktan ve deiyonize su içerir (Haapasalo ve ark. 2010). Ek olarak, QMix kullanımında NaOCl ile etkileşime girmeden antibakteriyel etkinlik gösterebilir (Ma ve ark. 2011).

1.2.4 MTAD

Torabinejad ve Johnson tarafından üretilen (Torabinejad ve Johnson 2003) MTAD, geniş spektrumlu bir antibiyotik olan %3'lük doksisisiklin, demineralize edici özelliği olan %4.25'lik sitrik asit, %0.5'lik polisorbat 80 deterjan (Tween 80) içerir (Singla ve ark. 2011). MTAD'nin smear tabakası üzerindeki etkisi bir çok çalışmada değerlendirilmiştir (Park ve ark. 2004, De-Deus ve ark. 2007, Ghoddusi ve ark. 2007, Mancini ve ark. 2009, Mozayeni ve ark. 2009). MTAD'nin, özellikle apikal uçluda, smear tabakasının kaldırılmasında EDTA ve NaOCl kullanımı ile kıyaslandığında daha etkin olduğu bildirilmiştir (Shabahang ve ark. 2003, Mancini ve ark. 2009, Mozayeni ve ark. 2009). Torabinejad ve ark. MTAD'nin %5.25 NaOCl sonrasında kullanıldığında EDTA ve %5.25 NaOCl kullanımına kıyasla smear tabakasını daha etkin bir biçimde uzaklaştırdığını ve dentinal tübüllerin yapısını önemli ölçüde değiştirmedini göstermişlerdir (Shabahang ve ark. 2003). De-Deus ve ark. %5 sitrik asit veya MTAD uygulamasının %17 EDTA uygulamasına kıyasla inorganik materyallerde önemli ölçüde daha hızlı çözülmeye neden olduğunu belirtmişlerdir (De-Deus ve ark. 2007). Bir çalışmada EDTA ve MTAD'in smear tabakasının

uzaklaştırılmasında benzer etkinliğe sahip olduğu bildirilmiştir (Adiguzel ve ark. 2011). Bir başka çalışmada %17 EDTA'in MTAD'e kıyasla smear tabakasını uzaklaştırmada daha başarılı olduğu görülmüştür (Kalyoncuoglu ve Demiryurek 2013). Benzer şekilde Lotfi ve ark. %17 EDTA'in MTAD'den daha başarılı olarak smear tabakasını uzaklaştırabildiğini belirtmişlerdir (Lotfi ve ark. 2012).

1.3 İrrigasyon Solüsyonlarının Uygulanması

Pulpal doku kalıntılarının, mikroorganizmaların ve mikrobiyal toksinlerin kök kanal sisteminden uzaklaştırılması kemokimyasal debridman ile mümkün olsa bile (Sjogren ve ark. 1990, European Society of Endodontology 2006, Peters ve Koka 2008) kök kanalının tamamen şekillendirilmesi ve temizlenmesi kök kanalının karmaşık anatomisi (Hess ve ark. 1925, Skidmore ve Bjorndal 1971, Vertucci 1984) nedeniyle imkansızdır (Gutierrez ve Garcia 1968, Haga 1968, Walton 1976, Svec ve Harrison 1977, Cunningham ve Martin 1982, Card ve ark. 2002, Fariniuk ve ark. 2003, Gutarts ve ark. 2005). Enstrümantasyon ile ulaşılamayan yan kanal ve isthmus gibi bölgeler doku kalıntıları, mikroorganizmalar ve yan ürünlerini barındırarak (Hess ve ark. 1925, Skidmore ve Bjorndal 1971, Vertucci 1984) obtürasyon materyalinin tam adaptasyonunu önleyebilir (Wollard ve ark. 1976, Wu ve ark. 2002, Ardila ve ark. 2003) ve inatçı periradiküler inflamasyona sebebiyet verebilir (Naidorf 1974, Wu ve ark. 2002). İrrigasyon sırasında özellikle kök kanallarının apikal bölümlerinde solüsyonun bütün kanal duvarları ile direkt temasının sağlanması önemlidir (Al-Hadlaq ve ark. 2006, Grande ve ark. 2006, Zehnder 2006).

İğne ile irrigasyon hâlâ pratisyen hekimler ve endodontistler tarafından yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu teknik bir irrigasyon solüsyonunun kanal içerisine iğne ile pasif ya da aktif olarak uygulanmasını içerir. Bu iğnelerden açık uçlu olanları irrigasyon solüsyonunun iğnenin ucundan, kapalı sonlu iğneler ise lateral olarak dağıtmak üzere tasarlanmışlardır (Kahn ve ark. 1995). İğnenin irrigasyon süresince kanalın içerisinde gevşek kalması önemlidir ve bu durum irrigasyon ajanının geriye doğru akabilmesini sağlamak ve irrigasyon solüsyonunun periapikal dokulara yanlışlıkla taşmasını önlemektedir (Gu ve ark. 2009a).

İğne ile irrigasyonun neden olduğu mekanik yıkama etkisi göreceli olarak zayıftır. İğne ile irrigasyondan sonra, ulaşılabilen kanal uzantıları ve düzensizlikler debris ve bakterilerin barınabileceği bir ortam hazırlar, dolayısıyla kanalın debridmanı zorlaşır (Wu ve Wesselink 2001, Nair ve ark. 2005, Wu ve ark. 2006). Irrigasyon solüsyonunun iğnenin ucundan sadece 1 mm öteye dağıtılabildiği gösterilmiştir (Ram 1977). Irrigasyon solüsyonunun penetrasyon derinliği ve dentin tübüllerinin dezenfekte edilmesi bu nedenle sınırlıdır (Langeland ve ark. 1985, Cheung ve Stock 1993, Heard ve Walton 1997).

İğne ile irrigasyonu geliştiren faktörlerin iğne ucunun kök ucuna yakınlığı (Goldman ve ark. 1976, Chow 1983, Sedgley ve ark. 2005), daha fazla hacimde irrigasyon (Sedgley ve ark. 2004), büyük gauge irrigasyon iğnelerinin kullanımı olduğu gösterilmiştir (Chow 1983). Daha büyük gauge iğneler daha derin ve daha etkin irrigasyon solüsyonu değişimi ve debridman sağlamak için seçilebilir (Chow 1983, Sedgley ve ark. 2005, van der Sluis ve ark. 2006). Ancak, iğne apikal dokulara daha yakın konumlandırıldıkça, apikal ekstrüzyon ihtimali artmaktadır (Ram 1977, Chow 1983). Irrigasyon solüsyonunun yavaş dağıtımını ile şırınganın sürekli hareket ettirilmesi NaOCl ile ilgili kazaları azaltacaktır. Bununla birlikte, sıvı akış oranını iğne ile irrigasyon sırasında standardize etmek ve kontrol etmek zordur (Boutsioukis ve ark. 2007). Bu nedenle dentin tübüllerine penetrasyon derinliğini arttıracak yeni uygulamaların geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur.

1.3.1 Manuel-Dinamik Irrigasyon

Kanalın apikal kısmının irrigasyonunun zorluğu, solüsyonun kanala penetrasyonuna olanak sağlayan yeni tekniklerin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu tekniklerden biri apikal olarak kanala uyum sağlayan gutta perka konularının çalışma uzunluğunda yukarı aşağı hareket ettirilmesidir. Araştırmalar kanala iyi uyum sağlayan gutta perka konunun yavaşça kanalın içerisinde 2-3 mm yukarı ve aşağı hareket ettirilmesinin etkin bir hidrodinamik etki yarattığı ve kanala gönderilen irrigasyon solüsyonunun yer değiştirmesini önemli derecede geliştirdiğini göstermiştir (Machtou 1980, Caron 2007).

Manuel-dinamik irrigasyon basitliği ve düşük maliyeti nedeniyle savunulmasına rağmen, el ile aktivasyon prosedürünün yoruculuğu rutin klinik pratikte uygulanmasını engellemektedir. Bu tekniğin başka bir dezavantajı apikaldeki solüsyonun değişimini kolaylaştırmasına rağmen, apikaldeki yenilenmiş solüsyon miktarının az olmasıdır (Haapasalo ve ark. 2010). Bu nedenle, irrigasyon solüsyonlarının aktive edilmesi için otomatik cihazlar tasarlanmıştır (Gu ve ark. 2009a).

1.3.2 Endodontik Fırçalar

Endodontik fırçalar kök kanal duvarlarının debridmanı ve irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonu için tasarlanmışlardır. 1990'ların başlarında, kanal fırçalarının kullanımı sayesinde gelişmiş kanal debridmanını gösteren bulgular bildirilmiştir. Keir ve ark. çalışmalarında aktif fırçalama ve döner hareket için bir tele adapte edilmiş naylon fırçalardan oluşan ve sabit bir çapa sahip olan Endobrush (C&S Microinstruments Ltd, Markham, Ontario,Canada) kullanmışlardır. Bu çalışmada, fırça çalışma uzunluğuna, 90 derece döner hareket ve 2-3 mm itme-çekme hareket ile yerleştirilmiş ve 1 dakika uygulanmıştır. Debridman sırasında, fırça kıllarının sıkışmış doku ve debrisleri uzaklaştırabilmek için enstrümanete edilmemiş kanal isthmuslarına ulaşabilmesi beklenmiştir. Çalışmanın sonucunda Endobrush kullanımının önemli ölçüde daha etkin olduğu bildirilmiştir (Keir ve ark. 1990).

Son zamanlarda, fırça ile kaplanmış 30-gauge bir iğne olan NaviTip FX (Ultradent Products Inc, South Jordan, UT) endodontik fırça olarak kullanılmaktadır. NaviTip Fx ile irrigasyon ve aktivasyonu gerçekleştirilen kök kanal duvarlarının koronal üçlüsünün, fırçasız tipteki NaviTip kullanılan kök kanal duvarlarından daha etkin bir biçimde temizlendiği bildirilmiştir. Ancak, apikal ve orta üçlüdeki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirtilmiştir (Al-Hadlaq ve ark. 2006).

1.3.3 Sonik Sistemler İle Aktivasyon

Sonik sistemler; 2-3 kHz'lik frekansta hava basıncı ile kullanılan özel kanal aletleri (Rispi Sonic, Shaper Sonic, Heli Sonic eğeler gibi) ile yatay olarak titreşim ve aşağı yukarı hareketlerle çalışan cihazlardır (Waplington ve ark. 1995). Sinüzoidal ve salınma hareketleri ile transfer edilen titreşim enerjisi enstrümanlara iletilmektedir.

Sonik aktivasyonun kök kanallarının dezenfeksiyonunda etkin bir yöntem olduğu görülmüştür (Pitt 2005). EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK) daha güncel olarak endodontide kullanılmaya başlanan bir başka sonik kanal irrigasyon sistemidir (Ruddle 2007). Bu sistem taşınabilir bir anguldruva ve farklı boyutlarda 3 tip tek kullanımlık polimer uçları içerir. Bu polimer uçların güçlü, esnek olduğu, kolayca kırılmadığı ve düz olduklarından dentini kesmediği iddia edilmektedir (Gu ve ark. 2009a). EndoActivator sisteminin lateral kanallardan debrisyi etkin olarak temizlediği, smear tabakasını ve biofilmi uzaklaştırdığı bildirilmiştir (Caron 2007). EndoActivator kullanımı sırasında sıvı ile dolu pulpa odasında bir debris kümesi oluşur. Vibrasyonla birlikte ucun yukarı aşağı kısa vertikal hareketleri güçlü bir hidrodinamik etki oluşturur (Ruddle 2002). Genel olarak, dakikada 10 000 titreşim (cpm) uygulamasının debridmanı optimize ettiği ve smear tabakası ve biofilmin parçalanmasına katkıda bulunduğu gösterilmiştir (Caron 2007).

1.3.4 Ultrasonik Sistemler ile Aktivasyon

1980'de Martin ve ark. tarafından dizayn edilen ultrasonik cihazlar endodontik kullanıma sunulmuştur (Martin ve ark. 1980). Sonik enerji ile kıyaslandığında, ultrasonik enerji daha yüksek frekans ancak daha düşük genlik üretir (Walmsley ve Williams 1989). Ultrasonik sistemlerle kullanılan eğeler insanların işitsel limitinin (>20 kHz) ötesinde olan 25-30 kHz'lik ultrasonik frekanslarda titreşimler uygulayacak şekilde tasarlanmıştır (Gu ve ark. 2009a).

Pasif Ultrasonik İrrigasyon (PUI) terimi ilk kez Weller ve ark. (Weller ve ark. 1980) tarafından kanal duvarlarının enstrümantasyonu olmadan ve kanal duvarlarına

temas edilmeksizin gerçekleştirilen irrigasyon olgusunu tarif etmek için kullanılmıştır (Jensen ve ark. 1999). Bu teknoloji ile, kök kanalındaki düzgün olmayan yüzeyler azaltılabilmektedir. PUİ sırasında, kök kanalında enerji irrigasyon solüsyonuna titreşim yaratan bir ege ile irrigasyon solüsyonunda kavitasyona neden olan ultrasonik dalgalar halinde iletilir (Gu ve ark. 2009a). Akustik dalgalanma, titreşen eğin çevresinde sıvının ani bir dairesel ya da girdapsal hareketi olarak tanımlanabilir. Kavitasyon ise sıvıdaki buhar kabarcıklarının oluşması, genişlemesi, küçülmesi ya da önceden var olan kabarcıkların bozunması olarak tanımlanabilir.

Stamos ve ark. (Stamos ve ark. 1987) ve Sabins ve ark. (Sabins ve ark. 2003) ultrasonik sistemlerin sonik irrigasyon sistemlerine göre daha fazla debris uzaklaştırdığını bildirmişlerdir. Ancak, sonik irrigasyon uzun süre için uygulandığında her iki teknik de kanal sistemini aynı etkinlikte temizleyebilir (van der Sluis ve ark. 2007, Desai ve Himel 2009, Gu ve ark. 2009a).

Ultrasonik cihazlar çeşitli irrigasyon solüsyonlarını aktive ederek smear tabakasının eliminasyonuna katkı sağlar (Hulsmann ve Hahn 2000, Plotino ve ark. 2007). PUİ sırasında devamlı ya da kesikli yıkama olmak üzere iki farklı yıkama yöntemi kullanılabilir (Al-Jadaa ve ark. 2009). Devamlı yıkama tekniği kök kanalında irrigasyon solüsyonunun kesintisiz olarak tazelenmesini sağlar. Bazı araştırmacılara göre, bu teknik daha etkin sonuçlar sağlamakta ve ultrasonik irrigasyon için gereken zamanı azaltmaktadır (Gu ve ark. 2009a). Kesikli yıkama tekniğinde irrigasyon solüsyonu kök kanalına gönderilir, irrigasyon solüsyonu titreşim yaratan bir ultrasonik cihaz ile aktive edilir ve kanal her aktivasyon döngüsünden sonra birkaç defa tekrar irrigasyon ajanıyla doldurulur. Her iki yıkama yönteminin *ex vivo* olarak debrisin kök kanalından uzaklaştırılmasında eşit derecede etkin olduğunu bildiren çalışmalar da literatürde yer almaktadır (van der Sluis ve ark. 2007, Lottanti ve ark. 2009).

PUİ'un pulpal dokuların ve debrisin eliminasyonunda geleneksel iğne ile aktivasyondan daha etkin olduğu konusunda bir görüş birliği bulunmaktadır. Bu durum ultrasonik cihazların irrigasyon sırasında daha yüksek hız ve hacimde irrigasyon solüsyon akışı üretmesiyle ilgili olabilir ve bu sayede daha fazla debris uzaklaştırılır, apikalde daha az debris sıkışır, kimyasal materyalin aksesuar kanallara ulaşması kolaylaşır (Van Der Sluis ve ark. 2005). Smear tabakasının

uzaklaştırılmasına ilişkin olarak, şimdiye kadar elde edilen kanıtlar PUİ ile irrigasyon solüsyonu olarak su kullanımının smear tabakasını uzaklaştıramadığını (van der Sluis ve ark. 2007), ancak PUİ ile %3 NaOCl kullanımının smear tabakasının tamamen uzaklaştırdığı bildirilmiştir (Cameron 1995) ve bu sonuçlar farklı konsantrasyonlarda NaOCl kullanılan başka bir çalışmayla doğrulanmıştır (Huque ve ark. 1998).

PUİ ile smear tabakasının uzaklaştırılmasıyla ilgili farklı tiplerde ve konsantrasyonlarda irrigasyon solüsyonlarının kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Cameron 3 ve 5 dakika PUİ ile birlikte %3 NaOCl uygulandığında smear tabakasının tamamen uzaklaştırıldığını bulmuştur (Cameron 1983) ve daha sonraki bir çalışma (Cameron 1987) ile sonuçlar doğrulanmıştır. Benzer şekilde Alaçam 3 dakika PUİ ile %5 NaOCl kullanarak (Alaçam 1987), Huque ve ark. 20 saniye PUİ ile %12 NaOCl uygulayarak smear tabakasını tamamen kaldırabildiklerini (Huque ve ark. 1998) bildirmişlerdir. Cheung & Stock PUİ'un iğne ile irrigasyondan daha etkin olmasına rağmen, 10 saniye PUİ ile %1 NaOCl uygulandığında smear tabakasını tamamen uzaklaştıramadığını bildirmişlerdir (Cheung ve Stock 1993). Bu çalışmalar içerisinde bir çalışma hariç (Turkun ve Cengiz 1997) bütün çalışmalarda smear tabakasının uzaklaştırılmasındaki artışın kök kanalının apikal bölgesinden çok koronal bölgesinde söz konusu olduğu ortaya çıkmıştır.

1.3.5 EndoVac

EndoVac® en son geliştirilen endodontik irrigasyon sistemlerinden birisidir. EndoVac irrigasyon sistemi apikalde negatif basınç oluşturma prensibine dayanır ve böylece kanal içindeki sıvının apikalden koronale aspirasyonunu sağlar. Böylece bu sistem sayesinde tüm kök kanalının sürekli yeni sıvı ile yıkanması sağlanır. EndoVac® seti içeriğinde başlık ve kanüller (mikro kanül-makro kanül), HiVac adaptör hortum seti, 3 cc'lik ve 20 cc'lik şırıngalar bulunmaktadır. İletim/boşaltma ucu irrigasyon şırıngasına takılmaktadır ve bu kısım dental üniten emme başlığı ile küçük bir tüp ("T" connector) ile birleştirilmektedir. İletim/boşaltma ucu giriş kavitesine yerleştirilir ve bu uç sayesinde irrigasyon solüsyonu giriş kavitesinin içine boşaltılırken eş zamanlı olarak irrigasyon solüsyonu tahliye edilir. Irrigasyon

solüsyonu kök kanalının koronal kısmından makro kanül ile çalışma boyunca ise mikro kanül yardımıyla boşaltılır. EndoVac irrigasyon solüsyonunu ekstrüzyona neden olmadan güvenli bir biçimde dağıtma özelliğine sahiptir. EndoVac ile kanala dağıtılan irrigasyon solüsyonu hacminin aynı sürede geleneksel iğne ile irrigasyona göre daha yüksek olduğu gösterilmiştir (Nielsen ve Craig Baumgartner 2007).

Çeşitli çalışmalarda EndoVac sisteminin, manuel irrigasyona göre debrisleri daha iyi uzaklaştırdığı bildirilmiştir (Nielsen ve Craig Baumgartner 2007, Shin ve ark. 2010). Abarajithan ve ark. irrigasyon için EndoVac kullanıldığında geleneksel irrigasyona göre apikal üçlüde daha başarılı bir biçimde smear tabakasının uzaklaştırılabildiğini bildirmişlerdir (Abarajithan ve ark. 2011). Başka bir çalışmada EndoVac'ın smear uzaklaştırmada geleneksel irrigasyondan daha başarılı olmakla birlikte PUI ile benzer etkinlikte smear uzaklaştırabildiği belirtilmiştir (Mancini ve ark. 2013). Akyüz Ekim ve Erdemir EndoVac ile irrigasyonun smear tabakasını apikal bölgede PUI ve lazer ile aktivasyona kıyasla istatistiksel olarak fark olmasa da daha etkin bir biçimde uzaklaştırdığını bildirmişlerdir (Akyuz Ekim ve Erdemir 2015).

1.3.6 Lazer Sistemleri

1960'lı yılların başları diş hekimliğinde lazer araştırmalarının başlamasına ve lazer parametrelerinin geliştirilmesine tanıklık etmiştir. Bu başlangıç araştırmalarının bir çoğunda sentetik lazer bu yıllarda rutin olarak kullanılan tek lazer olduğundan mine ve dentin ile doku reaksiyonunu gözlemlemek için yakut lazer kullanılmıştır (Mohammadi 2009). Stern ve Sognaes (Stern 1964) ve Goldmen ve ark. (Goldman ve ark. 1964) yakut lazerin diş hekimliğindeki potansiyel kullanımını araştıran ilk araştırmacılarıdır. Yakut lazer ile ilk deneylerden sonra, klinisyenler Argon (Ar), Karbondioksit (CO₂), neodimyum: İttriyum-aluminyum-garnet (Nd:YAG) ve Erbiyum:Yttrium-Aluminum-Garnet (Er:YAG) lazerler gibi diğer lazerleri kullanmaya başlamışlardır (Sulewski 2000).

1.3.6.1 Lazerin Fiziği

'LASER' "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" (Uyarılmış Işıma Yoluyla Işık Yükseltimi) için bir kısaltmadır. Lazer ışını tek bir fotona ait dalga boyudur (Mohammadi 2009). Lazer ışını, uyarılmış bir atom bir foton salmak üzere stimüle edildiğinde meydana gelir (Aoki ve ark. 2004). Atomdan bir fotonun spontan salınımı daha sonraki fotonun salınımını stimüle eder bu durum bu şekilde devam eder. Bu uyarılmış salınımlar doğada başka şekilde bulunmayan oldukça uyumlu (senkronlu dalgalar), monokromatik (tek bir dalga boyu) ve paralel formda ışınlar üretir (Clayman ve Kuo 1997).

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

Dalga boyu, dalga üzerinde aynı fazdaki iki nokta arasındaki uzaklık olarak tanımlanır. Atomdan salınan foton, elektronun enerji seviyesine bağlı olarak spesifik bir dalga boyuna sahiptir. Aynı enerji seviyesindeki elektronlara sahip aynı atomlar aynı dalga boyunda fotonlar salarlar. Bir lazerin özelliği kendi dalga boyuna bağlıdır (Clayman ve Kuo 1997). Işık dalga boyuna göre kızılötesi, görünür ışık ya da morötesi olabilir. Elektromagnetik spektrumun kızılötesi bölgesinde yer alan dalga boylu fotonlar diş hekimliği için kullanışlı olarak görülebilir.

"Joule" (J) enerji birimi olarak kullanılmaktadır, bununla birlikte diş hekimliğinde kullanılan lazerlerde genel olarak bir atımda 1 J'den daha az enerji meydana gelir ve bu nedenle "milijoule" (mJ) ($1 \text{ J}=1000 \text{ mJ}$) enerji birimi olarak kullanılmaktadır (Goldman ve ark. 1964, Coluzzi 2004). Fotonların dalga boyları kısaldıkça taşıdıkları enerji miktarının arttığı bilinmektedir (Goldman 1965, Monroe 2002). Güç ise birim zamanda yapılan iş ve "Watt" (W) birimi ile ifade edilir. Lazer ışığının frekansı, yani hedef dokuya iletilirken saniyedeki atım sayısı, "Hertz" (Hz) ya da pulse per second (pps) olarak ifade edilir (Coluzzi 2008). Atım süresi bir atımın emisyonu için geçen süredir. Atım süresi ve lazerin gücü ters orantılıdır. Atış frekansı (ya da atış tekrarlama oranı) 1 saniyedeki atış sayısını ifade etmektedir.

1.3.6.2 Lazer Doku Etkileşimi

Lazerler doğal ışıktan çok daha düşük enerji seviyesindeki ışık enerjisini hedef dokuda yoğunlaştırabilir ve güçlü bir etki üretebilir. Lazer ışığı dokuya ulaştığında çeşitli derece ve kombinasyonlarla emilir, yansıtılır, dağıtılır ya da iletilir.

Lazerin doku ile etkileşimi sonucu fotonların dalga boyu ve enerjisine bağlı olarak termal ya da termal olmayan reaksiyonlar meydana gelir. Termal reaksiyonlar fotokoagülasyon ve fotovaporizasyon, termal olmayan reaksiyonlar ise fotokimyasal ve fotomekanik olarak gruplandırılabilir.

Fotokimyasal süreçler eğer enerji yoğunluğu artarsa fototermal etkilere dönüşebilir.

1. Fototermal etki: Emilen enerjinin ortaya çıkardığı ısı dokularda sıcaklığı artırır. Sıcaklık 40°C'nin üzerine çıktığında protein denatürasyonu, 60°C'nin üzerine çıktığında protein koagülasyonu, 250°C'nin üzerinde karbonizasyon, 300°C'nin üzerinde ise doku buharlaşması meydana gelir. Lazer ışığının dokuda meydana getirdiği ısıdan dolayı mikroorganizmalar parçalanır ve böylece yüzey sterilizasyonu sağlanır (Coluzzi 2004, Coluzzi ve Goldstein 2004, Coluzzi 2008). Vaporizasyon; lazer uygulaması ile dokuların yüzey sıcaklığının 100 °C'nin üzerine çıkmasıyla oluşur ve hücresel proteinler yıkılırken hücre içerisindeki su buharlaşır. Ani buharlaşma sonucu hücre içinde küçük patlamalar yoluyla dokuların ablasyonuna neden olur.

2. Fotokimyasal etkisi: Dokulardaki fotosensitif moleküllerin ve maddelerin spesifik dalga boylarındaki lazer ışığını absorbe etmesi ile bir termal etki olmaksızın hedef dokuda kimyasal reaksiyonlar gerçekleşir. Kompozit polimerizasyonu benzeri kimyasal reaksiyonlar için yararlanılan etkidir (Coluzzi ve Goldstein 2004). Fotodinamik etki de bu grup içerisinde yer alır ve fotosensitif ilaçların aktivasyonu ile tümör hücrelerinin yok edilmesinde yararlanır (Winn 2003).

3. Fotomekanik etki: Kısa atım süreli ve yüksek güçte lazerlerin meydana getirdiği etkidir. Bu uygulama sonucu dokuda ani ısınma ve plazma formasyonu

görülür. Bu esnada dokularda fotodistribüsiyon, fotoablasyon ve fotoakustik etkiler ortaya çıkar.

Fotoablasyon, hedef dokudaki atom ve moleküller arasındaki bağları çevre dokulara zarar vermeden parçalar.

1.3.6.3 Lazer Sistemlerinin Sınıflandırılması

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

1. Lazer aktif maddesine göre; (Onal ve ark. 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 ve ark. 1991, Arcoria ve ark. 1994)

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), Nd:YAG, Er:YAG)

4. Dalga boylarına göre; (Coluzzi 2000);

a) Ultraviyole ışınlar

b) Kızılötesi (infrared) ışınlar

c) Görünür ışık spektrumundaki ışınlar

1.3.6.4 Diş Hekimliğinde Lazerlerin Kullanım Alanları

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

Lazerler periodontolojide; periodontal cep tedavisi, de-epitelizasyon, frenilektomi, gingivektomi, gingivoplasti, granülamatöz dokuların uzaklaştırılması ve kemik şekillendirmesi gibi uygulamalarda kullanılır.

Yüzey pürüzlendirme, kron çevresi gingival şekillendirme ve kron boyu uzatma, pontik yerinin şekillendirilmesi, implant üstünün açılması ise lazerlerin protetik diş tedavisinde kullanım alanlarıdır.

Lazerler ortodontide dişin açığa çıkarılması ve ortodonti hastalarında yumuşak doku şekillendirilmesinde kullanılırken, pedodontide ise ampütasyon ve pulpa kaplamaları, kavite preparasyonu ve kanal dezenfeksiyonunda kullanılır.

Oral cerrahide ise; frenilektomi, biyopsi, yumuşak doku patolojilerinin tedavisi, yumuşak doku düzeltmeleri, torusların uzaklaştırılması, tüberoplasti, rezidüel kretlerin düzeltilmesi, epulis fissuratumların eksizyonu, protez stomatitlerinin tedavisi, gömülü diş cerrahileri, biyostimülasyon ve apikal rezeksiyon gibi uygulamalarda kullanılır.

Son olarak, lazerler endodonti ve operatif diş hekimliğinde kavite preparasyonunda, pulpa kaplamalarında ve kanal dezenfeksiyonunda kullanılır.

1.3.6.5 Endodontide Kullanılan Lazerler

1.3.6.5.1 Nd:YAG

Nd:YAG lazer elektromanyetik spektrumun yakın-kızılötesi bölümünde yer alan, bir kristal lazerdir ve içerisine yerleştirilen kırmızı He-Ne gazı nedeniyle görülebilir özelliktedir (Kutsch 1993, Pick 1993, Pick ve Powell 1993). Bu lazerlerde aktif madde olarak Neodmiyum (Nd^{+3}) iyonları ile katkılandırılmış, nadir olarak bulunan elementlerden İtiryum-Alümiyum-Garnet ana kristali kullanılmaktadır ve Nd iyonları lazer emisyonunu gerçekleştiren bileşenlerdir.

Nd:YAG lazerler esnek optik fiberler yardımıyla dokulara temas ederek ya da temas olmadan kullanılmaktadır (Pick 1993, Pick ve Colvard 1993, Pick ve Powell 1993). Nd:YAG lazerin ışını organik dokularda göreceli olarak daha fazla absorbe edilmektedir. Nd:YAG lazerlerin yaydığı ışın suda ve hidroksiapatitte iyi absorbe olamamasına rağmen melanin içeren dokular gibi pigmente dokular tarafından daha yüksek oranda absorbe edilebilmektedir. Bu lazerlerin ışını diş sert dokularında iyi absorbe edilmemesinden dolayı uygulandığı dokudan daha derin tabakalara kadar penetre olabilmektedir (Pick 1993).

Görünür ve yakın-kızılötesi lazerler suda absorbe edilmediğinden, ışınlama sonrasında su ile absorpsiyon ya da diffüzyon gibi etkileşimler meydana gelmez. Dolayısıyla Nd:YAG lazer uygulamalarında, eğer kullanılan parametreler yüksek ise, sadece oluşan ısı suda iletilir (transmisyon) (Olivi ve De Moor 2016).

Nd:YAG lazerin endodontideki ilk klinik uygulamaları Dederich ve ark. tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar lazer enerjisi kullanılarak organik artıkların kök kanal dentininden uzaklaştırılmasının ve pürüzsüz bir yüzey elde etmenin mümkün olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, araştırmacılar lazerin etkinliğinin enerjinin gücüne, uygulama süresine ve dentinin yapısına bağlı olduğunu belirtmişlerdir (Dederich ve ark. 1984).

Nd:YAG lazerin kök kanallarının yapısal görünümü ve permeabilitesine olan etkileri incelenmiş ve Nd:YAG lazerin dentin permeabilitesini azaltabildiği bildirilmiştir (Miserendino ve ark. 1995a). Bir çalışmada Nd:YAG lazer uygulanan insan dentininde kraterler gözlemlenirken (Lin ve ark. 2001), başka bir çalışmada Nd:YAG uygulaması sonrasında dentin yüzeyi 'düzensiz' olarak tanımlanmıştır (Turkmen ve ark. 2000). Aranha ve ark. Nd:YAG ve Er:YAG lazerin farklı parametreler belirlenerek dentin permeabilitesi üzerindeki etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmaları sonucunda her iki lazerin de 1.5 W ve 15 Hz ile dentin permeabilitesini düşürmede yardımcı olduğunu rapor etmişlerdir (Aranha ve ark. 2005).

Khan ve ark. Nd:YAG, CO₂ ve argon lazerlerin kök kanalının apikal üçlüsünde neden oldukları morfolojik ve ısıl değişiklikleri değerlendirmişler ve her 3 lazerin de kanal içindeki debrisi buharlaştırıcı etkiye sahip olduklarını, ek olarak morfolojik değişikliklerin enerji seviyesi ve uygulama süresi ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, Nd:YAG lazerin argon lazere göre daha düşük ısıya neden olduğunu belirtmişlerdir (Khan ve ark. 1997).

Strakas ve ark. Nd:YAG lazerin 180 µs ve 320 µs'lik atım süreleri belirlenerek kanal içinde uygulandığında kök yüzeyinde neden olduğu sıcaklık değişikliklerini değerlendirmişlerdir. Koronal ve orta üçlü bölgelerinde gözlenen sıcaklıklar arasında önemli fark olmadığını ancak apikal üçlüde 320 µs atım süresinin daha yüksek sıcaklık artışına neden olduğunu belirten araştırmacılar, Nd:YAG lazerin çevre dokularda sıcaklığı 10°C'den fazla arttırmadığını belirtmişlerdir (Strakas ve ark. 2013).

Levy, kök kanallarının şekillendirilmesi üzerinde Nd:YAG lazerin etkinliğini geleneksel yöntemlerle kıyaslamış ve sonuç olarak K file ile başlanıp lazer ile tamamlandığında kanal duvarlarının sadece K file kullanılan örneklere göre daha temiz olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacı, Nd:YAG lazerin geleneksel yöntemlerden daha başarılı sonuçlar vermesini, debrisi ve dentin tübüllerini tıkayan içeriği buharlaştırması ile ilişkilendirmiştir (Levy 1992).

Gutknecht ve ark. Nd:YAG lazer uygulamasının *E. faecalis* üzerine % 99.91 oranında etkili olduğunu ve kök kanallarının dezenfeksiyonu amacıyla

kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Gutknecht ve ark. 1996). Benzer bir çalışmada Nd:YAG lazerin antibakteriyel etkinliği incelenmiş ve 1.5 W, 100 mJ, 15 Hz parametrelerinde 5'er saniyelik dört siklüs olacak şekilde toplamda 20 saniye boyunca uygulandığında Nd:YAG lazerin *E. faecalis*'i %99.7 oranında azalttığı bildirilmiştir. Ayrıca, araştırmacılar Nd:YAG lazerin üç siklüs halinde kullanıldığında *E. faecalis*'in ekstrasellüler matriks içerisindeki biofilm tabakasını kısmen etkileyebildiğini ve fiber uçların lazer enerjisinin daha geniş bir yüzeye dağıtılmasını sağladığını belirtmişlerdir (Bergmans ve ark. 2006).

Sousa-Neto ve ark. epoksi bazlı patin Er:YAG ya da Nd:YAG uygulanan dentine adezyonunu farklı lazer parametreleri kullanarak incelemişlerdir. Araştırmacılar, güç değerinden bağımsız olarak, çalışmada kullanılan lazerlerin daha yüksek frekans ile uygulandıklarında kanal patının adezyonunun arttığı sonucuna varmışlardır (Sousa-Neto ve ark. 2005). Başka bir çalışmada Nd:YAG lazerin dentinin adezyon özelliğine etkilerini farklı parametrelerle kombine ederek ve diğer yöntemlerle değerlendirilmiş ve Nd:YAG lazerin bağlanma dayanımı ve rezinin dentine adaptasyonuna katkı sağladığı belirtilmiştir (Wen ve ark. 2010).

1.3.6.5.2 Erbium Lazerler

Er:YAG lazerler “erbium” ilave edilmiş katı “itriyum alüminyum garnet” kristali içermektedir ve dalga boyları elektromanyetik spektrumun orta-kızılötesi bölümünde yer almaktadır. Er:YAG lazer, hidroksiapatitlerin hidroksil gruplarında iyi absorbe edilebilen ve suyun en iyi absorbe edildiği 2940 nm dalga boyuna sahiptir. Bu durum, mine ve dentin dahil, biyolojik dokularla iyi bir etkileşim sağlamaktadır (Paghdwala 1991, Miserendino ve ark. 1995b, Wigdor ve ark. 1995). 2780 nm dalga boyuna sahip Er,Cr:YSGG lazerler, erbiyum, kromiyum, itriyum, skandiyum, galyum ve garnet içerirler ve Er:YAG lazerler ile aynı özelliklere sahiptirler (Coluzzi 2000). Er:YAG lazerlerin su içeren dokularda daha fazla absorbe edilmesi doku ile etkileşimin Er,Cr:YSGG lazerlere kıyasla daha yüzeysel olmasına neden olmaktadır. Aynı parametreler kullanıldığında, Er:YAG lazer uygulandığında sert diş dokularında

ablasyon için Er,Cr:YSGG lazere göre daha az enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır (Majaron ve ark. 1996, Lin ve ark. 2010).

Erbiyum lazerlerin suda absorpsiyonu termal bir etki meydana getirir. Lazer enerjisi suyun bir tabakası tarafından bir kaç santimetre kadar absorbe edildiğinde, irrigasyon solüsyonunun suyun kaynama noktasına (100 °C) kadar aniden ısınması fiberin ucuna uzanan ve ardarda patlamalarla sonlanan bir başlangıç buhar kabarcığı meydana getirir (Blanken ve Verdaasdonk 2007, Blanken ve ark. 2009, De Groot ve ark. 2009, Matsumoto ve ark. 2011, Gregorčić ve ark. 2012). Lazer ile indüklenmiş kabarcığın patlaması genişlemenin hemen sonrasında meydana gelmektedir. Kabarcıkların büzülme hareketiyle başlangıçta süpersonik hızla (şok dalgası) ve sonrasında sonik hızla (akustik dalgalar) hareket eden bir basınç dalgası oluşur (Flotte ve Doukas 1992, Matsumoto ve ark. 2011). Ek olarak, yüksek hızda sıvı hareketi meydana gelir ve kabarcığı çevreleyen sıvı saniyede birkaç metre hızla düşük basınçlı buhar boşluğunun içine doğru akar (Song ve ark. 2004). Bu sıvı hareketinin dentin duvarlarına uyguladığı kesme gerilimi smear tabakasını ve biyofilmi uzaklaştırmak için yeterlidir (Blanken ve ark. 2009).

Sert doku ablasyonu için önemli potansiyeliyle birlikte, Er:YAG lazerin etkinliği ve güvenliği doğrudan uygun çalışma ayarlarının kullanılmasıyla ilgilidir (Kim ve ark. 2003). Ablasyon oranının hedef dokunun su içeriği, lazer parametreleri gibi belirli koşullardan etkilendiği bilinmektedir (Apel ve ark. 2002, Kim ve ark. 2003). Bununla birlikte, lazer aktivasyonu sırasında ek irrigasyon solüsyonu enjeksiyonu gerektiren yüksek enerji ve tepe değerinde güç kullanıldığında irrigasyon solüsyonunun tükenmesi gibi bazı problemler meydana gelebilir. Benzer durumların yüksek enerji ve tepe değerinde güç ayarları dar kök kanallarında kullanıldığında da gerçekleşebilmesi olasıdır (Olivi ve De Moor 2016).

Yasuda ve ark. Nd:YAG ve Er:YAG lazerin deneysel olarak enfekte edilmiş kök kanallarındaki bakterisidal etkinliğini incelemişlerdir. Er:YAG lazer daha etkin olmakla birlikte her iki lazerin de enfekte kök kanallarında bakterisidal etkinliğe sahip olduğunu bildiren araştırmacılar ek olarak, Er:YAG lazerin eğimli kanallardaki bakterisidal etkisinin düz kanallardakine göre daha düşük olduğunu ve endodontik

lazer ucu ve tekniğinin eğimli kanallardaki başarıyı arttıracak şekilde geliştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir (Yasuda ve ark. 2010).

Çökük ve ark. fiber postların bağlanma dayanımına çeşitli irrigasyon protokollerinin etkisini karşılaştırmışlardır. Er,Cr:YSGG lazer uygulamasının fiber postun kök kanal dentinine bağlanmasını iyileştirdiğini bildirmişlerdir (Çökük ve ark. 2016).

Matsuoka ve ark. Er,Cr:YSGG lazerin eğimli mandibular kesici kök kanallarındaki etkinliğini ve kök kanallarındaki morfolojik değişiklikleri gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar Er,Cr:YSGG lazerin 10°'den daha az eğime sahip kök kanallarını debris ve smear tabakasını etkin bir biçimde uzaklaştırarak prepare edebildiğini ancak yaklaşık 15° eğime sahip kanallarda 320 µm çaplı fiberlerin perforasyonlar dahil problemlere neden olduğunu bildirmişlerdir (Matsuoka ve ark. 2005).

Enerji, frekans, atım süresi, ışınlama süresi ve fiber tasarımının, pozisyonunun ve çapının Er:YAG lazerin debris uzaklaştırma etkinliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırmacılar daha kısa süreli atım, yüksek atım enerjisi, yüksek frekans, daha uzun ışınlama süresi ve fiberin kök kanalındaki oluklara daha yakın konumlandırılmasının debrisin daha verimli uzaklaştırılmasına yardım ettiğini rapor etmişlerdir (Meire ve ark. 2016).

1.3.6.5.3 PIPS Tekniği

Lazerle irrigasyon solüsyonu aktivasyonu (Laser Activated Irrigation, LAI) kök kanal dentin yüzeyinin doğrudan ışınlanmadığı, bunun yerine irrigasyon solüsyonunda lazer enerjisinin absorbe edilmesiyle dentin duvarlarında indirekt olarak lazer enerjisinin etkinliğinden yararlanan bir yöntem olarak tanımlanabilir (Olivi ve Olivi 2016). PIPS tekniği ışığın fotonlarının çok düşük enerji seviyelerinde ve kısa atım sürelerinde yayıldığı ileri bir irrigasyon aktivasyon prosedürüdür. LAI'ın diğer biçimlerinden farklı olarak PIPS, sıvı içerisinde yaratılan şok dalgasının fotoakustik ve fotomekanik olaylar yoluyla ve lateral olarak yayılımı ve dağılımına olanak tanıyan

benzersiz bir stipped uç tasarımına sahiptir. Bu durum termal hasar ihtimalini önler ve belirli parametreler ve protokoller uygulandığında etkin üç boyutlu dalgalanmanın meydana gelmesine izin verir.

İrrigasyon solüsyonlarının PIPS tekniği ile aktivasyonu temel olarak kanal içerisindeki solüsyonun lazer yardımıyla aktivasyonu anlamına gelse de PIPS tekniği diğer LAI tekniklerinden farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar şunlardır:

- Subablatif ya da minimal ablatif enerji kullanımı.
- Çok kısa atım sürelerinde dağıtılır ve böylece çok yüksek tepe değerinde güç üretir.
- Kök kanalları yerine pulpa odasının içerisinde kolayca konumlandırılmasına izin veren spesifik uç tasarımı
- Kök kanalının minimal preparasyon ihtiyacı (Olivi ve ark. 2016).

PIPS Er:YAG lazer ile yüksek tepe değerinde güç ve düşük enerji kullanılarak sıvı ile dolu kök kanallarında fotoakustik şok dalgaları oluşturacak şekilde uygulanır ve sıvı üç boyutlu olarak ana kanala, yan kanallara, anastomozlara, ve dentin tübüllerine doğru apikale kadar pompalanarak canlı ve nekrotik doku kalıntıları etkin olarak uzaklaştırılır (Olivi ve ark. 2016).

Lloyd ve ark. standard iğne irrigasyonu ile PIPS uygulamasının son irrigasyonda kanaliçi organik doku ve debris eliminasyonlarındaki etkinliklerini karşılaştırmışlardır. Enstrümantasyondan sonra ve irrigasyondan sonra mikro-bilgisayarlı tomografi ile kanal hacimlerini inceleyen araştırmacılar PIPS tekniği uygulanan grupta debris ve organik doku eliminasyonunun daha başarılı olduğunu ve kök kanal sistemi hacminin daha fazla arttığını bildirmişlerdir (Lloyd ve ark. 2014). Başka bir çalışmada PIPS tekniği ile sonik ve ultrasonik aktivasyonun apikaldeki debrisinin kök kanalından uzaklaştırılmasındaki etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Araştırmacılar PIPS tekniği uygulanan grupta diğer yöntemlere kıyasla belirgin olarak daha etkin debris uzaklaştırıldığını belirtmişlerdir (Arslan ve ark. 2014).

1.3.7 Smear Tabakasının Lazer Sistemleri Yardımıyla Uzaklaştırılması

Günümüzde lazer ile kök kanalındaki irrigasyon solüsyonunu aktive etmek için iki yöntem kullanılmaktadır. İlk olarak, fiber uç kanal içerisine yerleştirilir ve kanal içerisindeki irrigasyon solüsyonu aktive edilir; düşük hızda kanalın dışına doğru çekilebilir, kanalın içinde hareketsiz olarak kullanılabilir ya da kanalda kısa mesafede hareketli olarak uygulanabilir. İkinci olarak fiber kanalın dışında pulpa odasına yerleştirilerek içerideki irrigasyon solüsyonunu aktive edecek biçimde uygulanabilir (De Moor ve Meire 2014a, De Moor ve Meire 2014b). İkinci teknik PIPS (foton-indüklü fotoakustik dalgalanma) tekniği olarak tanımlanmıştır (DiVito ve ark. 2011, Peters ve ark. 2011, DiVito ve Lloyd 2012, DiVito ve ark. 2012).

Endodontide irrigasyon aktivasyonu için Erbium:Yttrium-Aluminum-Garnet(Er:YAG), Neodymium:Yttrium-Aluminyum-Garnet (Nd:YAG), Erbium, Chromium: Yttrium-Scandium-Gallium-Garnet (Er,Cr:YSGG) lazerler güncel olarak kullanılmaktadır.

1.3.7.1 Distile Suyun Lazer Aktivasyonu ile Kök Kanalından Smear Tabakasının Uzaklaştırılması

Distile suyun ekonomik olması, toksik olmaması ve NaOCl gibi irrigasyon solüsyonların apikal daralımın mevcut olmadığı kanallarda kullanımının sakıncalı olması nedeniyle distile suyun lazerle aktivasyonunun smear tabakasının uzaklaştırılmasında kullanımı bu doğrultuda çalışmaların sayısını artırmış ve bu yöntemin irrigasyon solüsyonlarına alternatif olabileceği düşüncesini ortaya çıkartmıştır.

Al-Zand ve ark. lazerin farklı irrigasyon protokollerinin smear tabakasının uzaklaştırılmasına etkisini incelemiştir. Distile su ile dolu kanalların diode lazer ile aktive edildiği deney gruplarında orta bölgelerde dentin tübüllerinin açılabilirdiğini, ancak genel olarak EDTA'ın diode lazer ile aktive edildiği deney grubunun daha etkin sonuç kaydedildiğini bildirmişlerdir (Al-Zand ve ark. 2017).

Alhadi ve ark. Er;Cr;YSSG lazerin ve geleneksel EDTA ve NaOCl irrigasyonunun kök kanallarından smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırmışlardır. Lazer uygulanan deney grubunda irrigasyon solüsyonu kullanmayan araştırmacılar % 24 su ve % 34 hava spreyi ile lazer uygulandığında, %2.5 NaOCl ve %17 EDTA irrigasyonuna kıyasla smear tabakasının daha az etkin olarak uzaklaştırılabildiğini bildirmişlerdir (Alhadi ve ark. 2016).

Takeda ve ark. üç farklı lazerin irrigasyon solüsyonu kullanılmadan kök kanallarında kullanıldığında smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırmışlardır. Araştırma sonucunda argon ve Nd:YAG lazerin smear tabakasının uzaklaştırılmasında kullanışlı olduğu ve Er:YAG lazerin kök kanal duvarlarından smear tabakasının uzaklaştırılmasında en etkin yöntem olduğu sonucuna varılmıştır (Takeda ve ark. 1998).

Distile suyun Er:YAG lazer ile aktive edildiğinde sadece distile su kullanımına kıyasla kök kanallarında daha fazla açık dentin tübülü gözlendiği ancak en başarılı sonuçların EDTA irrigasyonu ile birlikte lazer aktivasyonu ile elde edildiği belirtilmiştir (DiVito ve ark. 2012).

1.3.7.2 NaOCl ve EDTA solüsyonlarının Lazer Aktivasyonu ile Kök

Kanalından Smear Tabakasının Uzaklaştırılması

Endodontide lazerlerin smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla kullanımında izlenen yöntemlerden bir diğeri de smear tabakasının organik ya da inorganik bileşenlerini uzaklaştırma özelliğine sahip irrigasyon solüsyonlarının lazer ile aktive edilmesidir.

De Groot ve ark. irrigasyon solüsyonu olarak %2'lik NaOCl ile birlikte iğne ile irrigasyon, PUI ve LAI yöntemlerini uygulayarak kök kanal modellerindeki debridmanı karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar sonuç olarak Er:YAG lazer ile kök kanalının apikal kısmından debrisin önemli ölçüde daha başarılı bir biçimde uzaklaştırıldığını bildirmişlerdir (De Groot ve ark. 2009).

%5'lik NaOCl Nd:YAG lazer ile aktive edildiğinde daha düşük konsantrasyondaki solüsyonların aktivasyonuna kıyasla daha başarılı bir biçimde smear tabakasını uzaklaştırabildiği, ancak en etkin grubun %17 EDTA ve %5 NaOCl'in aktive edilmeden kullanıldığı kontrol grubu olduğu gösterilmiştir (Shahriari ve ark. 2017).

%17 EDTA ile geleneksel irrigasyon ve %17 EDTA ile Er:YAG lazer uygulamasının smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği karşılaştırılmış ve Er:YAG kullanımının smear tabakasını uzaklaştırmada daha başarılı sonuç verdiği belirtilmiştir (Sahar-Helft S 2016). Ayrancı ve ark. NaOCl ve EDTA irrigasyon solüsyonlarının Er:YAG lazer ve PUI ile aktivasyonu sonucu SEM görüntülerinin incelenmesinin ardından en etkin smear uzaklaştırılan deney grubunun Er:YAG lazerle aktive edilen deney grubu olduğunu bildirmişlerdir (Ayrancı ve ark. 2016).

Irrigasyon protokollerinde EDTA kullanılan üç farklı irrigasyon aktivasyon tekniğinin smear tabakasının uzaklaştırılmasındaki etkinliklerini karşılaştıran bir çalışma sonucunda EDTA solüsyonu ile birlikte Er:YAG lazer kullanımının, PUI ya da pozitif-basınçla irrigasyon gibi yöntemlerle aktive edilen EDTA solüsyonuna göre daha başarılı smear tabakası uzaklaştırdığı görülmüştür. Ayrıca araştırmacılar lazerin çalışma boyuna ya da sadece koronal üçlüye yerleştirilerek kullanılmasının smear tabakasını eşit derecede etkili olarak uzaklaştırdığını belirtmişlerdir (Sahar-Helft ve ark. 2015).

Başka bir çalışmada ultrasonik cihaz ve Er,Cr:YSGG lazer ile EDTA aktive edildiğinde kök kanalının apikal bölümünden smear tabakası ve debrisin uzaklaştırılması karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda uzaklaştırılmayan smear tabakası ve debrisin en fazla pasif ultrasonik irrigasyon uygulanan kontrol grubunda kaydedildiğini ve 60 saniye yerine 30 saniye aktivasyon uygulanan deney grubunda kontrol grubuna kıyaslandığında önemli bir fark görülmediğini bildirilmiştir. Ek olarak, araştırmacılar lazer uygulamasının smear ve debrisin uzaklaştırılmasında etkili olduğu ve lazer uygulama süresinin önemli olduğu sonucuna varmışlardır (Peeters ve Suardita 2011). Altundaşar ve ark. NaOCl irrigasyonunu takiben Er,Cr:YSGG lazer uygulaması sonrasında kök kanal dentininde karbonizasyon ve kısmi erime dâhil az

sayıda termal hasar alanıyla birlikte smear tabakasının parsiyel olarak ya da tamamen uzaklaştırıldığını gözlemlemişlerdir (Altundasar ve ark. 2006).

Divito ve ark. %17 EDTA irrigasyonu ile birlikte PIPS tekniğinin geleneksel EDTA ile irrigasyona ve distile suyun aynı lazerle aktivasyonuna kıyasla smear tabakasının daha başarılı bir biçimde uzaklaştırıldığını göstermişlerdir (DiVito ve ark. 2011, DiVito ve ark. 2012).

Er:YAG lazerle birlikte PIPS tekniği ile geleneksel şırınga irrigasyonunun smear tabakasını uzaklaştırma yeterliliği karşılaştırıldığında, NaOCl'in PIPS tekniği ile aktive edildiğinde NaOCl ve EDTA irrigasyonu ile benzer etkinliğe sahip olduğunu kaydetmişlerdir (Zhu ve ark. 2013).

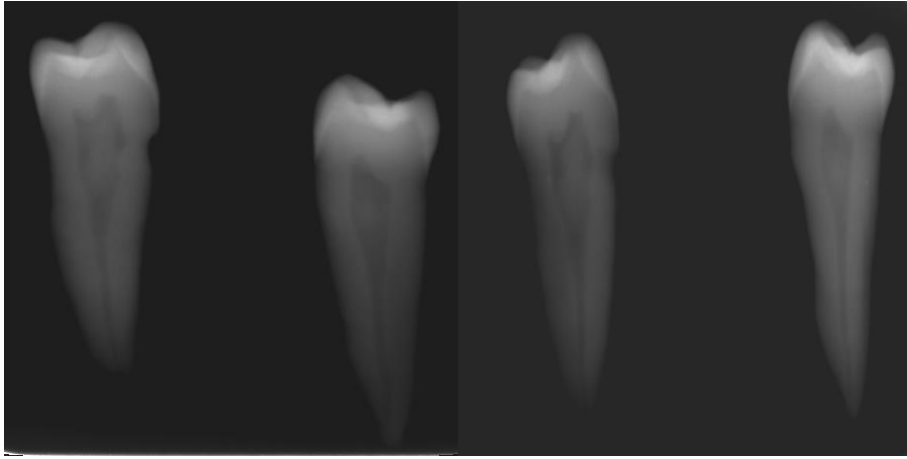
Ekim ve Erdemir farklı irrigasyon aktivasyon metodlarının smear tabakasının uzaklaştırılmasındaki etkisini inceleyen bir çalışmada irrigasyon solüsyonu olarak NaOCl ve EDTA, irrigasyonların aktivasyonu için geleneksel şırınga ile aktivasyon, pasif ultrasonik aktivasyon, EndoVac, diode, Nd:YAG ve Er:YAG lazer kullanmışlardır. Araştırmacılar SEM analizi sonrasında PIPS uçlarıyla birlikte kullanılan Er:YAG lazerin en etkili sonucu sağladığını belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar PIPS kullanılan deney grubundaki başarının diğer gruplardan farklı olarak fiber ucun yalnızca kökün koronal üçlüsüne yerleştirilmesiyle ilgili olabileceğini belirtmişlerdir (Akyuz Ekim ve Erdemir 2015).

2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1 Örneklerin Hazırlanması

Bu çalışmada; periodontal nedenlerle çekilmiş, çürük içermeyen tek kök ve kanallı, daimi 96 adet mandibular premolar insan dişi kullanıldı. Çalışmada kullanılan dişler, deneylerin gerçekleştirileceği zamana kadar oda sıcaklığında serum fizyolojik solüsyonunda saklandı. Dişlerin kök yüzeyleri üzerinde bulunan bütün doku artıkları, debrisler ve kalsifik birikintiler kretuar yardımıyla temizlendi. Kalsifikasyon ve rezorpsiyon gibi durumların bulunmadığının ve dişlerin tek kanallı olduğunun doğrulanması amacıyla iki farklı açı ile fosfor plak kullanılarak radyografiler (Şekil 2.1) elde edildi ve incelendi. Geniş kök kanallı veya kanalları tıkalı olan dişler çalışmadan çıkarılarak yerine yenileri eklendi.

Tüm dişlerin kasp tepesi ve kök ucu boylarını eşit hale getirmek için (19 mm) uzun olan dişlerin kronlarından elmas fissür frezler kullanılarak kasp tepelerinden mölleme yapıldı.



Şekil 2.1 Dişlerden elde edilen radyografiler

2.1.1 Kök Kanallarının Preparasyonu

İrrigasyon aktivasyon prosedürleri sırasında irrigasyon solüsyonlarına rezervuar sağlanabilmesi için geleneksel giriş kavite preparasyonları gerçekleştirildi. Kök kanal içeriği bir tirnerf (TG Dent, London, England, United Kingdom) yardımıyla uzaklaştırıldı. 15 nolu K tipi kanal eğesi (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) dişlerin kök kanallarına yerleştirildi ve eğe apikal foramende görülebilir oluncaya kadar kanalda ilerletildikten sonra her bir kök kanalının çalışma boyutu ölçümden 1 mm kısa olacak şekilde belirlendi.

Kök kanal preparasyonu öncesinde, bütün dişlerin apikal forameni, irrigasyon sıvılarının ve debrislerin kök ucundan taşmasını önlemek ve kapalı bir sistem oluşturmak amacıyla yumuşak mum ile kapatıldı (Tay ve ark. 2010). ProTaper (DentsplyMaillefer, Ballaigues, Switzerland) döner alet sistemi ile kök kanalları genişletildi. S1 eğesinin çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde kullanılmasıyla preparasyona başlandı. Daha sonra, dirençle karşılaşılan noktaya kadar SX eğesi ile genişletme yapıldı. Bunu takiben kanalın koronal 2/3'lük kısmını şekillendirmek için S1 ve S2 eğeleri çalışma boyunda kullanıldı. Sırasıyla F1, F2, F3 ve son olarak F4 (40/0.6) eğesi kök kanallarının apikal 1/3'lük kısmının şekillendirilmesi için kullanıldı. Kök kanallarının genişletilmesi esnasında her alet değişiminden sonra ve preparasyonu takiben kök kanalları 30 gauge'luk endodontik irrigasyon iğnesi (NaviTip; Ultradent, South Jordan, UT) ile çalışma boyundan 1 mm kısa konumlandırılacak şekilde 1 ml % 2.5'luk NaOCl (Wizard; Rehber Kimya, Istanbul, Turkey) solüsyonu ile yıkandı.

Preparasyonun tamamlanmasını takiben tüm kanallar 5 ml distile su ile yıkandı ve her bir grupta 48 adet olacak şekilde basit ve sistematik randomizasyon yöntemleri uygulanarak kullanılan irrigasyon solüsyonuna göre 2 farklı gruba ayrıldı. 1. Grupta irrigasyon amaçlı distile su 80 sn boyunca kullanılırken, 2. Grupta % 2.5 NaOCl (40 sn) ve %17 EDTA (40 sn) solüsyonları irrigasyon amacıyla toplamda yine 80 sn boyunca uygulandı. Her bir deney grubu irrigasyon aktivasyon protokolüne göre 4 alt gruba (n=12) ayrıldı. Uygun aktivasyon yöntemine göre irrigasyon solüsyonları aktive edilerek final irrigasyon tamamlandı (Çizelge 2.1).

Grup 1A ve 2A'da lazer aktivasyonu olmaksızın geleneksel şırınga irrigasyonu kullanıldı. İrrigasyon solüsyonları Grup 1B ve 2B'de Er:YAG lazer (LightWalker AT, Fotona, Ljubljana, Slovenia) (Şekil 2.2), Grup 1C ve 2C'de Nd:YAG lazer (LightWalker AT, Fotona, Ljubljana, Slovenia) (Şekil 2.2) ve Grup 1D ve 2D'de Er,Cr:YSGG lazerle (Waterlase MD, Biolase Technology, Inc., Irvine, CA, USA) (Şekil 2.3) aktive edildi.



Şekil 2.2 Çalışmamızda kullanılan Fotona marka Nd:YAG ve Er:YAG Lazer



Şekil 2.3 Çalışmamızda kullanılan Biolase Technology marka Er,Cr:YSGG lazer

Grup 1A ve 2A: Kontrol grupları olarak belirlendi. Grup 1A’da kök kanallarına 30 gauge’luk endodontik irrigasyon iğnesiyle çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde apikal 4 mm’lik kısım boyunca ileri ve geri yavaş hareketlerle 80 saniye boyunca 6 ml distile su uygulandı. Grup 2A’da ise kök kanalları Grup 1A’da tarif edildiği gibi her biri 40’ar sn ve 3’er ml olacak şekilde %2.5 NaOCl ve %17 EDTA ile irrigate edildi.

Grup 1B ve 2B: Her bir irrigasyon solüsyonu kök kanallarına 30 gauge’luk endodontik irrigasyon iğnesiyle çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde apikal kısımda 4 mm boyunca yavaşça ileri ve geri hareketlerle 5’er saniyelik zaman dilimlerinde ve 4 kez tekrarlanarak toplamda 20 saniye boyunca uygulandı. 5’er saniyelik yıkama işlemleri arasında ve sonrasında 5’er saniye boyunca 2940 nm dalga boyuna sahip Er:YAG lazer’e takılan 300 µm’lik fiber optik PIPS ucu (Şekil 2.4 ve Şekil 2.5) yardımıyla aktive edildi. Lazer cihazı üretici firmanın endodontik tedavide

tavsiye ettiği parametreler olan; 0.3 W, 20 mJ atım hızı; 15 Hz (Şekil 2.6) şeklinde ayarlandı. Aktivasyon boyunca fiber optik uç kök kanalının koronal kısmına yerleştirildi.



Şekil 2.4 Er:YAG Lazer'e ait 300 µm'lik fiber optik uç



Şekil 2.5 PIPS fiber optik uç

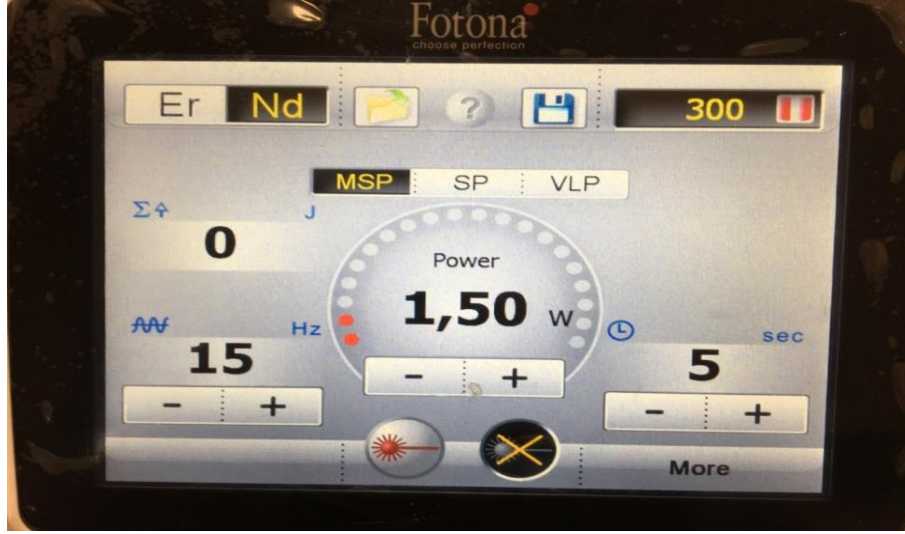


Şekil 2.6 Çalışmamızda kullanılan Er:YAG Lazer'e ait parametreler

Grup 1C ve 2C: Her bir irrigasyon solüsyonu kök kanallarına Grup 1B ve 2B'deki gibi uygulandı ve 5'er saniyelik yıkama işlemleri arasında ve sonrasında 5'er saniye boyunca 1064 nm dalga boyuna sahip Nd:YAG lazer'e takılan 320 µm'lik fiber optik uç (Şekil 2.7) yardımıyla aktive edildi. Lazer cihazı üretici firmanın endodontik tedavide tavsiye ettiği parametreler olan 1.5 W enerji; 100 mJ atım hızı; 15 Hz frekans olarak (Şekil 2.8) ayarlandı. Aktivasyon boyunca fiber optik uç, çalışma uzunluğundan 1 mm kısa olarak konumlandırıldıktan sonra kanal ağzına doğru 2 mm/sn hızla kesintisiz dairesel hareketlerle uygulandı.



Şekil 2.7 Nd:YAG Lazer'e ait 320 µm'lik fiber optik uç

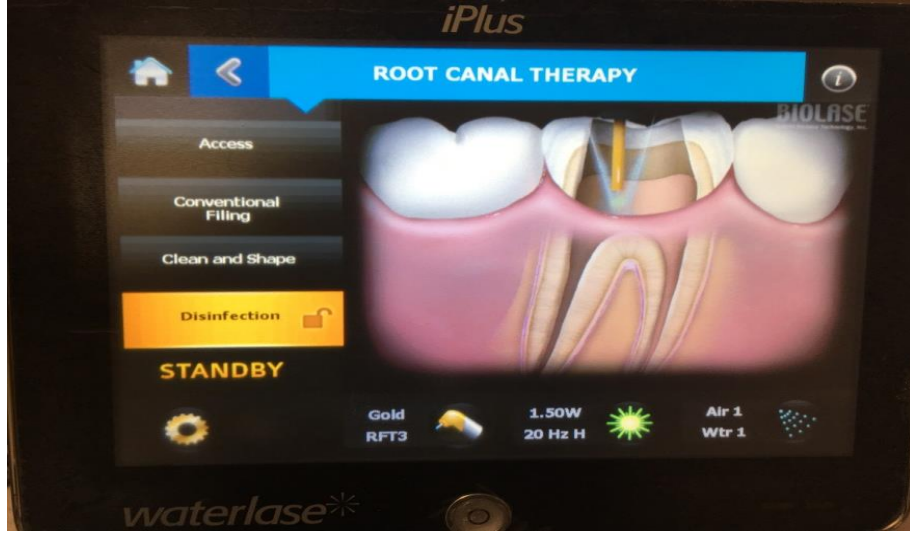


Şekil 2.8 Çalışmamızda kullanılan Nd:YAG Lazer'e ait parametreler

Grup 1D ve 2D: Her bir irrigasyon solüsyonu kök kanallarına Grup 1B ve 2B'deki gibi uygulandı ve 5'er saniyelik yıkama işlemleri arasında ve sonrasında 5'er saniye boyunca 2780 nm dalga boyuna sahip Er,Cr:YSGG lazer'e takılan 320 µm'lik fiber optik uçla (Şekil 2.9) aktive edildi. Lazer cihazı üretici firmanın endodontik tedavide tavsiye ettiği parametreler olan 1.5 W enerji; 140 ms atım süresi; 20 Hz frekans olarak (Şekil 2.10) ayarlandı. Işınlama boyunca 320 µm'lik fiber optik uç, çalışma uzunluğundan 1 mm kısa olarak konumlandırıldıktan sonra kanal ağzına doğru 2 mm/sn hızla kesintisiz dairesel hareketlerle uygulandı.



Şekil 2.9 Er,Cr:YSGG lazer ile kullandığımız RFT3 uç ve handpiece



Şekil 2.10 Çalışmamızda kullanılan Er,Cr:YSGG Lazer'e ait parametreler

İrrigasyon ve aktivasyon prosedürleri tüm gruplarda toplamda 6 ml irrigasyon solüsyonu ile 80 saniyede sonlanacak şekilde gerçekleştirildi. İrrigasyon ve aktivasyon prosedürlerini takiben kök kanalları 5 ml distile su ile yıkandı ve steril kağıt konularla (Meta Dental Co., Ltd., Korea) kurulandı.

Çizelge 3.1 İrrigasyon ve Aktivasyon Prosedürlerine Ait Çizelge

	Grup 1				Grup 2			
	Distile Su	Aktivasyon	Distile Su	Aktivasyon	% 2.5 NaOCl	Aktivasyon	% 17 EDTA	Aktivasyon
A Grubu	40 sn. 3ml.	-	40 sn. 3 ml.	-	40 sn. 3ml.	-	40 sn. 3ml.	-
B Grubu	20 sn. 3ml.	20 sn. Er:YAG	20 sn. 3ml.	20 sn. Er:YAG	20 sn. 3ml.	20 sn. Er:YAG	20 sn. 3ml.	20 sn. Er:YAG
C Grubu	20 sn. 3ml.	20 sn. Nd:YAG	20 sn. 3ml.	20 sn. Nd:YAG	20 sn. 3ml.	20 sn. Nd:YAG	20 sn. 3ml.	20 sn. Nd:YAG
D Grubu	20 sn. 3ml.	20 sn. Er,Cr:YSGG	20 sn. 3ml.	20 sn. Er,Cr:YSGG	20 sn. 3ml.	20 sn. Er,Cr:YSGG	20 sn. 3ml.	20 sn. Er,Cr:YSGG

2.1.2 Örnek Kesitlerin Hazırlanması

Kök kanallarının koronal bölümüne pamuk pelet yerleştirilmesinin ardından örneklerin bukkal ve lingual yüzeylerinde elmas diskler yardımıyla longitudinal oluklar oluşturuldu ve dişler bu oluklara yerleştirilen siman spatülü yardımıyla ikiye ayrıldı.

Örneklerin dehidratasyonu sırasıyla %50, %70, %80 ve saf alkol şeklinde derecelendirilmiş etanol solüsyonu serisinin her birinde 1 saat bekletilerek gerçekleştirildi ve son olarak saf alkolden alınarak kurumaya bırakıldı.

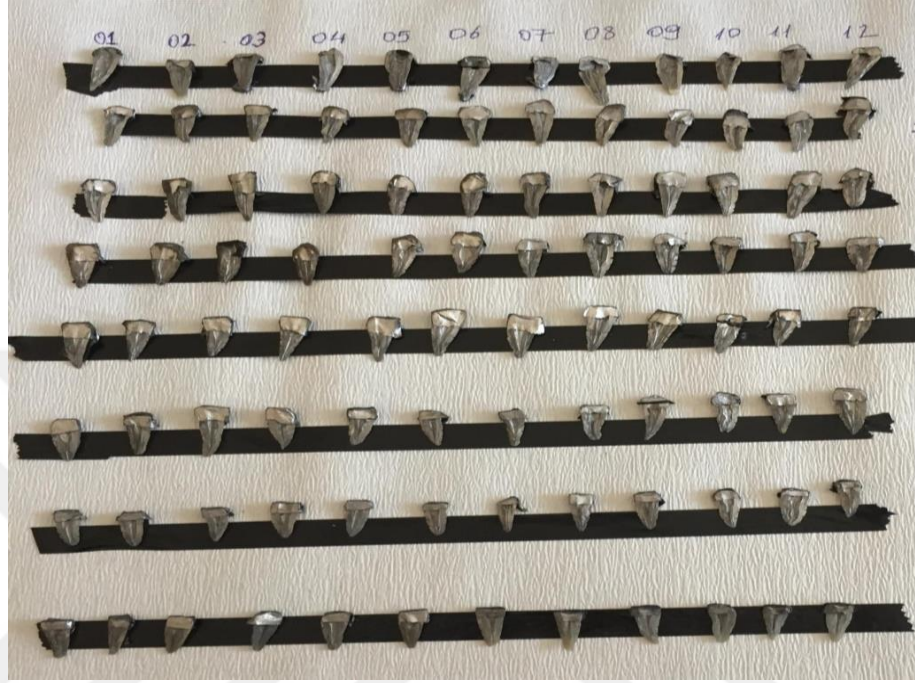
2.2 SEM Cihazı İçin Örneklerin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi

SEM incelemesinin yapılması için kurutma işlemini takiben Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Proje Birimi bünyesinde yer alan kaplama cihazı (Balzers-SCd 050, Germany) (Şekil 2.11) kullanılarak her örnek 300 Å kalınlığında altın-palladyum tabaka ile kaplandı (Şekil 2.12).



Şekil 2.11 Sputter cihazı (Altın-palladyum kaplama cihazı)

Kök kanal yüzeyinden smear tabakasının kaldırılma derecesini tespit etmek amacıyla hazırlanan örnekler Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Proje Birimi bünyesinde bulunan SEM cihazı (JSM-5600LV, JEOL, Tokyo, Japan) ile 20 kV'da incelendi (Şekil 2.13).



Şekil 2.12 Altın-palladyum kaplanan diş örnekleri



Şekil 2.13 Çalışmamızda kullanılan JEOL JSM-5600LV model SEM cihazı

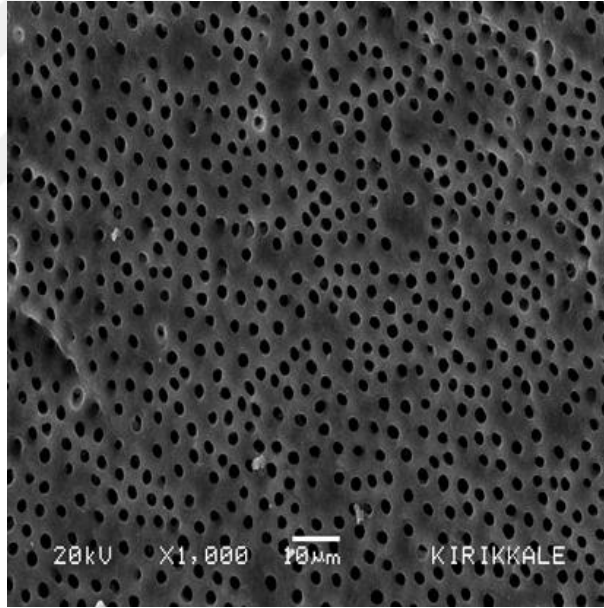
Bütün deney grupları için köklerin koronal, orta ve apikal bölgelerinden X500, X1000, X1500 ve X2500 büyütmede görüntüler alındı. Alınan SEM görüntüleri smear tabakasının derecelendirilmesi açısından Takeda ve ark.larının (Takeda ve ark. 1998) önerdiği şekilde skorlanarak değerlendirildi. Değerlendirmeler çalışma boyundan itibaren her 4 mm koronale gidilecek şekilde apikal, orta ve koronal bölgelerden alınan X1000 büyütmedeki görüntüler üzerinde yapıldı.

Skor 0: Smear tabakası yok, dentin tübülleri tamamen açık (Şekil 2.14)

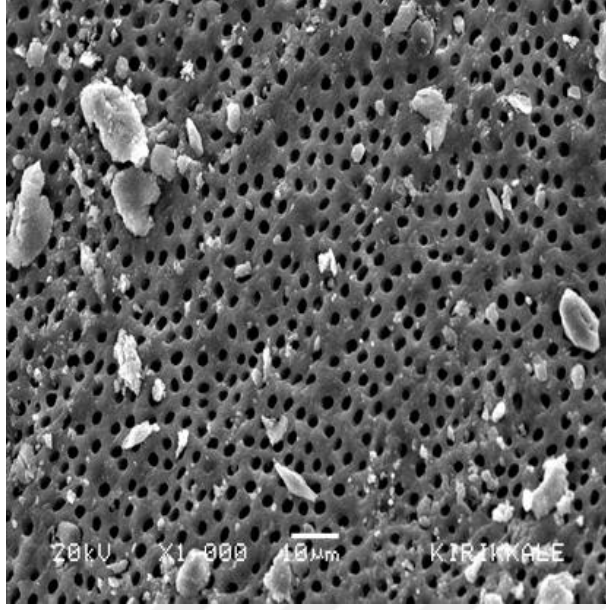
Skor 1: Azalmış smear tabakası var. Dentin tübüllerinin ana hatları görünür düzeyde (Şekil 2.15)

Skor 2: Yüzeylerde ince bir smear tabakası var. Dentin tübüllerinin ana hatları görünmüyor (Şekil 2.16)

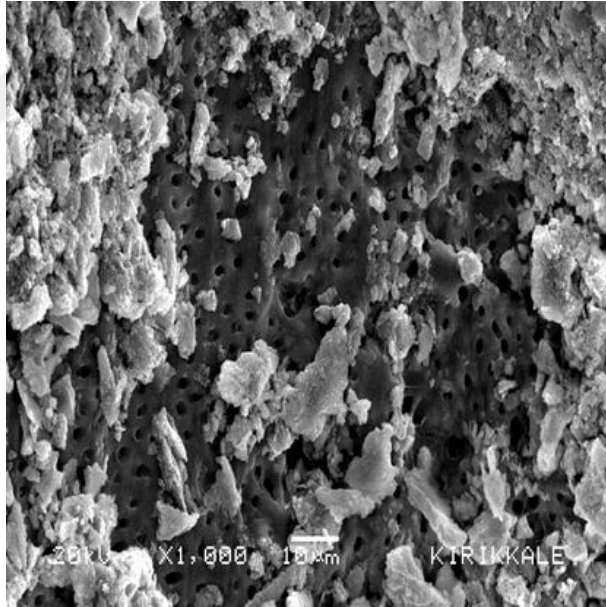
Skor 3: Yoğun smear tabakası var. Dentin tübüllerinin sınırları hiç görünmüyor (Şekil 2.17)



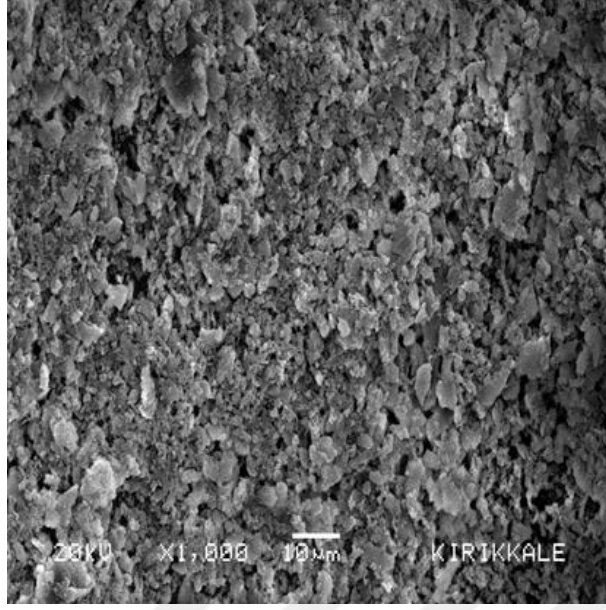
Şekil 2.14 Skor 0



Şekil 2.15 Skor 1



Şekil 2.16 Skor 2



Şekil 2.17 Skor 3

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

2.3 İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analizler SPSS 15.0 for Windows (SPSS Inc, Chicago, IL) bilgisayar programı yardımıyla gerçekleştirildi. Gözlemciler arası uyum ve gözlemcilerin kendi içindeki uyumu Kappa analizi kullanılarak değerlendirildi. Shaphiro-Wilk testi sonucuna göre deney grubundaki veriler normal dağılıma sahip olmadığından final irrigasyon aktivasyon teknikleri arasındaki karşılaştırmalar Kruskal-Wallis testi kullanılarak yapıldı. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunması üzerine ($p < 0.001$) farklı yöntemlerin arasındaki ikili karşılaştırmalar ve koronal, orta ve apikal bölgeler arasındaki karşılaştırmalar için Bonferroni düzeltilmeli Mann-Whitney U testi kullanıldı.

3. BULGULAR

3.1 Gözlemciler Arasındaki ve Farklı Zaman Aralıklarındaki Uyumun Değerlendirilmesi

Her iki gözlemcinin birbirlerinden bağımsız olarak ve örneklerin hangi gruba ait olduğunu bilmeksizin yaptıkları değerlendirme sonucu iki gözlemci arasındaki uyumun ağırlıklı Kappa sayısının 0.93 olduğu görülmüştür. Birinci gözlemcinin iki ayrı zaman diliminde yapmış olduğu skorlamaların kendi içindeki ağırlıklı Kappa sayısı 0.96, ikinci gözlemcinin ise 0.95 olduğu belirlendi.

3.2 Farklı Tekniklerin Smear Tabaka Uzaklaştırma Etkinliği

Tüm gruptaki örneklerin SEM incelemesi sonucunda belirlenen skorların ortalama ve standart sapmalar Tablo 3.1’de gösterilmektedir. Tüm grupta elde edilen farklı büyütmelelerdeki SEM fotoğrafları Şekil 3.1 ve Şekil 3.27 arasında sunulmaktadır.

NaOCl ve EDTA ya da distile su kullanılmasına göre incelendiğinde NaOCl ve EDTA kullanılan grupta sadece distile su kullanılan gruba kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha az smear tabakası gözlemlendi ($p < 0.05$).

Bölgeler göz ardı edildiğinde, NaOCl ve EDTA ya da distile su ile farklı aktivasyon yöntemlerinin smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği incelendiğinde, en yoğun smear tabakası kontrol grubu olarak belirlenen sadece distile su kullanılan Grup 1A’da gözlemlendi ve diğer gruplarla arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p < 0.05$). En düşük smear tabakası varlığı ise irrigasyon solüsyonu olarak NaOCl ve EDTA’in kullanıldığı lazerlerle aktive edilen gruplarda (Grup 2B, 2C, 2D) gözlemlendi ($p < 0.05$). Bu üç grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p > 0.05$). Distile suyun lazerlerle aktive edildiği gruplarla (Grup 1B, 1C,

1D), aktivasyon yapılmaksızın NaOCl ve EDTA kullanılan kontrol grubu (Grup 2A) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0.05$).

NaOCl ve EDTA kullanılan ve distile su kullanılan gruplar kendi içlerinde değerlendirildiğinde irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin tamamının smear tabakasının kaldırılmasında istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğu bulundu ($p<0.05$). Ancak bu aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamadı ($p>0.05$).

Sadece bölgeler göz önünde bulundurularak smear tabakasının uzaklaştırılma etkinliği incelendiğinde apikal bölgede, koronal ve orta bölgelere göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha fazla smear tabakasının kaldığı ($p<0.05$), bununla birlikte orta ve koronal bölgeler arasında smear tabakasının uzaklaştırılması açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığı görülmüştür ($p>0.05$).

Tüm grupların kendi içlerindeki bölgeler değerlendirildiğinde sadece distile su kullanılan grup 1A, aktivasyon yapılmaksızın NaOCl ve EDTA kullanılan 2A grubu, NaOCl ve EDTA solüsyonlarının PIPS tekniği ile aktive edildiği grup 2B ve NaOCl ve EDTA'nın Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği grup 2D'de bölgeler arasında smear tabakası varlığı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0.05$) ve de diğer gruplarda apikal ve koronal bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı derece de fark bulunurken ($p<0.05$), orta bölge ile diğer bölgeler arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın bulunmadığı tespit edildi ($p>0.05$).

Kök kanallarının koronal bölgelerinde yapılan değerlendirmede en yoğun smear tabakası sadece distile su kullanılan grup 1A'da gözlemlendi ve diğer gruplarla arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$). Diğer gruplar arasında koronal bölgedeki smear tabakalarının uzaklaştırılması değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ($p>0.05$).

Kök kanallarının orta bölgelerinde yapılan değerlendirmede en yoğun smear tabakası kontrol grubu olarak belirlenen sadece distile suyun kullanıldığı ve aktivasyonun yapılmadığı grupta gözlemlendi ve diğer gruplarla arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$). Orta bölgedeki smear tabakasının, en fazla PIPS tekniği ile NaOCl ile EDTA'nın aktive edildiği grupta (Grup 2B) uzaklaştırılabildiği görülmüştür. Bu grupla distile suyun kullanıldığı Grup 1A, distile

suyun PIPS tekniği ile aktive edildiği Grup 1B ve Nd:YAG lazer ile aktive edilen Grup 1C arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenirken, bu grup ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamadı ($p>0.05$).

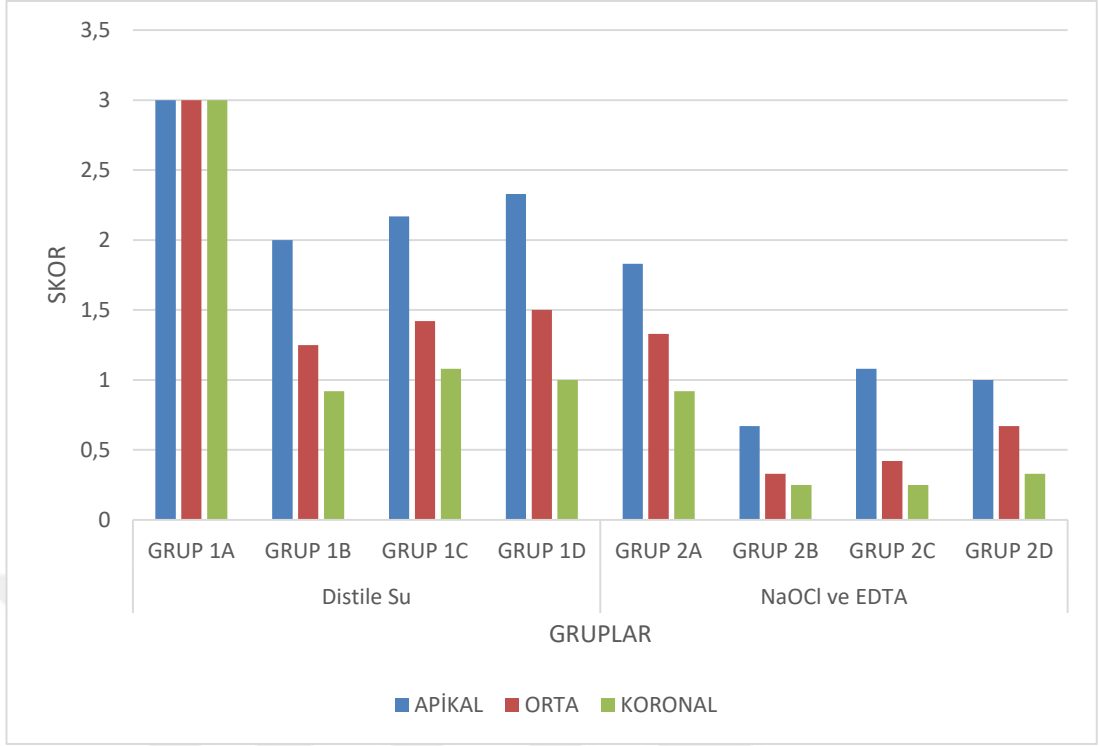
Kök kanallarının apikal bölgelerinde yapılan değerlendirmede en yoğun smear tabakası sadece distile suyun kullanıldığı ve aktivasyonun yapılmadığı grupta (Grup 1A) gözlemlendi ve bu grupla distile suyun Nd:YAG lazer ile aktive edildiği Grup 1C ve Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyonun gerçekleştirildiği Grup 1D arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmezken ($p>0.05$), bu grup ve diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$). Apikal bölgelerde en az smear tabakası NaOCl ve EDTA'in PIPS tekniği ile aktive edildiği grupta (Grup 2B) gözlemlenmiştir. Bu grupla NaOCl ve EDTA'in kullanıldığı diğer gruplarlar (Grup 2A, Grup 2C, Grup 2D) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlemlenmezken ($p>0.05$) bu grup ile distile suyun kullanıldığı tüm gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 3.1. Farklı Tekniklerin Smear Tabakasını Uzaklaştırma Etkinlikleri

BÖLGE	DİSTİLE SU				NaOCl+EDTA				TOPLAM Ort ± Std Sap
	Grup 1A	Grup 1B	Grup 1C	Grup 1D	Grup 2A	Grup 2B	Grup 2C	Grup 2D	
	Aktivasyon yok Ort ± Std Sap	Er:YAG Ort ± Std Sap	Nd:YAG Ort ± Std Sap	Er,Cr:YSGG Ort ± Std Sap	Aktivasyon yok Ort ± Std Sap	Er:YAG Ort ± Std Sap	Nd:YAG Ort ± Std Sap	Er,Cr:YSGG Ort ± Std Sap	
APİKAL	3.00±0.00 ^{a,A}	2.00±0,74 ^{b,A}	2,17±0,94 ^{a,b,A}	2,33±0,98 ^{a,b,A}	1,83±1,03 ^{b,c,A}	0,67±0,65 ^{c,A}	1,08±0,51 ^{b,c,A}	1,00±0,95 ^{b,c,A}	1,76±1,06 ^A
ORTA	3.00±0.00 ^{a,A}	1,25±0,45 ^{b,B}	1,42±0,79 ^{b,d,A,B}	1,50±1,09 ^{b,c,A,B}	1,33±0,89 ^{b,c,A}	0,33±0,49 ^{c,A}	0,42±0,51 ^{c,d,B}	0,67±0,49 ^{b,c,A}	1,24±1,02 ^B
KORONAL	3.00±0.00 ^{a,A}	0,92±0,90 ^{b,B}	1,08±0,79 ^{b,B}	1,00±0,60 ^{b,B}	0,92±0,79 ^{b,A}	0,25±0,45 ^{b,A}	0,25±0,45 ^{b,B}	0,33±0,49 ^{b,A}	0,97±1,03 ^B
TOPLAM	3,00±0,00 ^a	1,39±0,84 ^b	1,56±0,94 ^b	1,61±1,05 ^b	1,36±0,96 ^b	0,42±0,55 ^c	0,58±0,60 ^c	0,67±0,72 ^c	
		1,89±1,04 ^a				0,76±0,80 ^b			

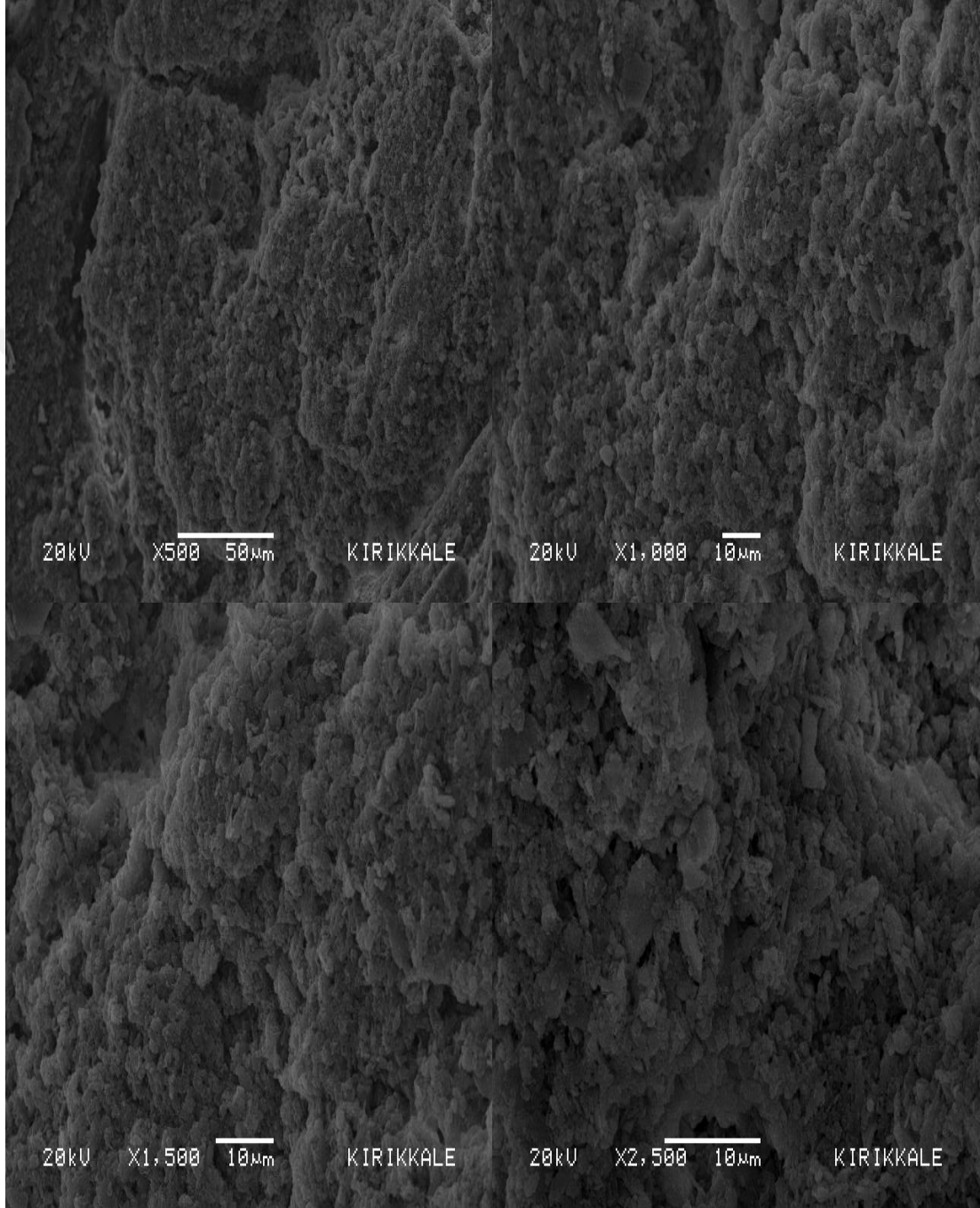
*Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu (p<0.05)

**Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu (p<0.05)



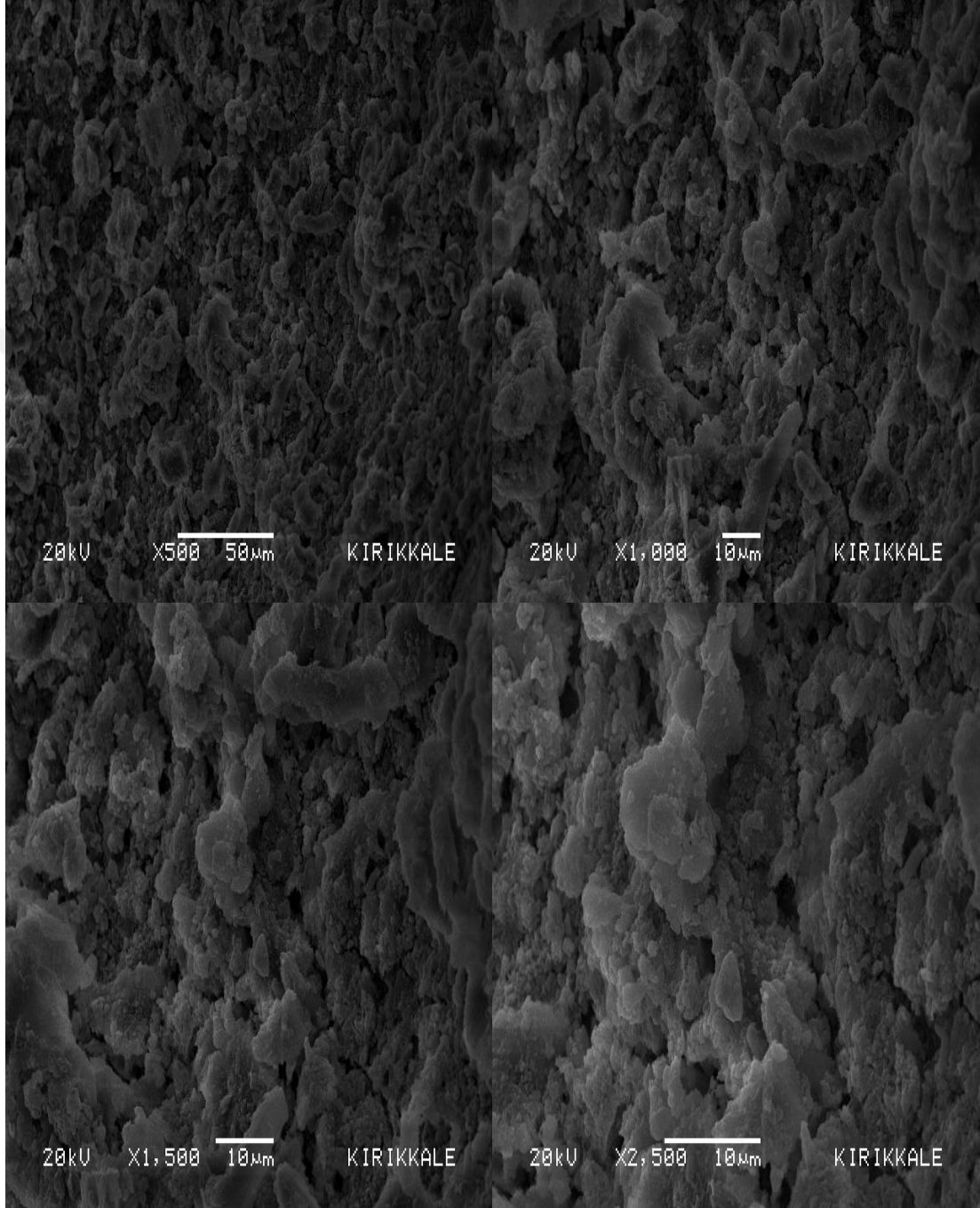
Şekil 3.1 Tüm gruplardaki örneklerin SEM incelemesi sonucunda elde edilen smear tabakası skorlarının ortalama değerlerinin grafiksel görünümü

Sadece distile su kullanılan Grup 1A'daki örneklerin apikal bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.2'de sunulmaktadır. Smear tabakasının uzaklaştırılmadığı görülmekte ve dentin tübüllerinin sınırları görülememektedir.



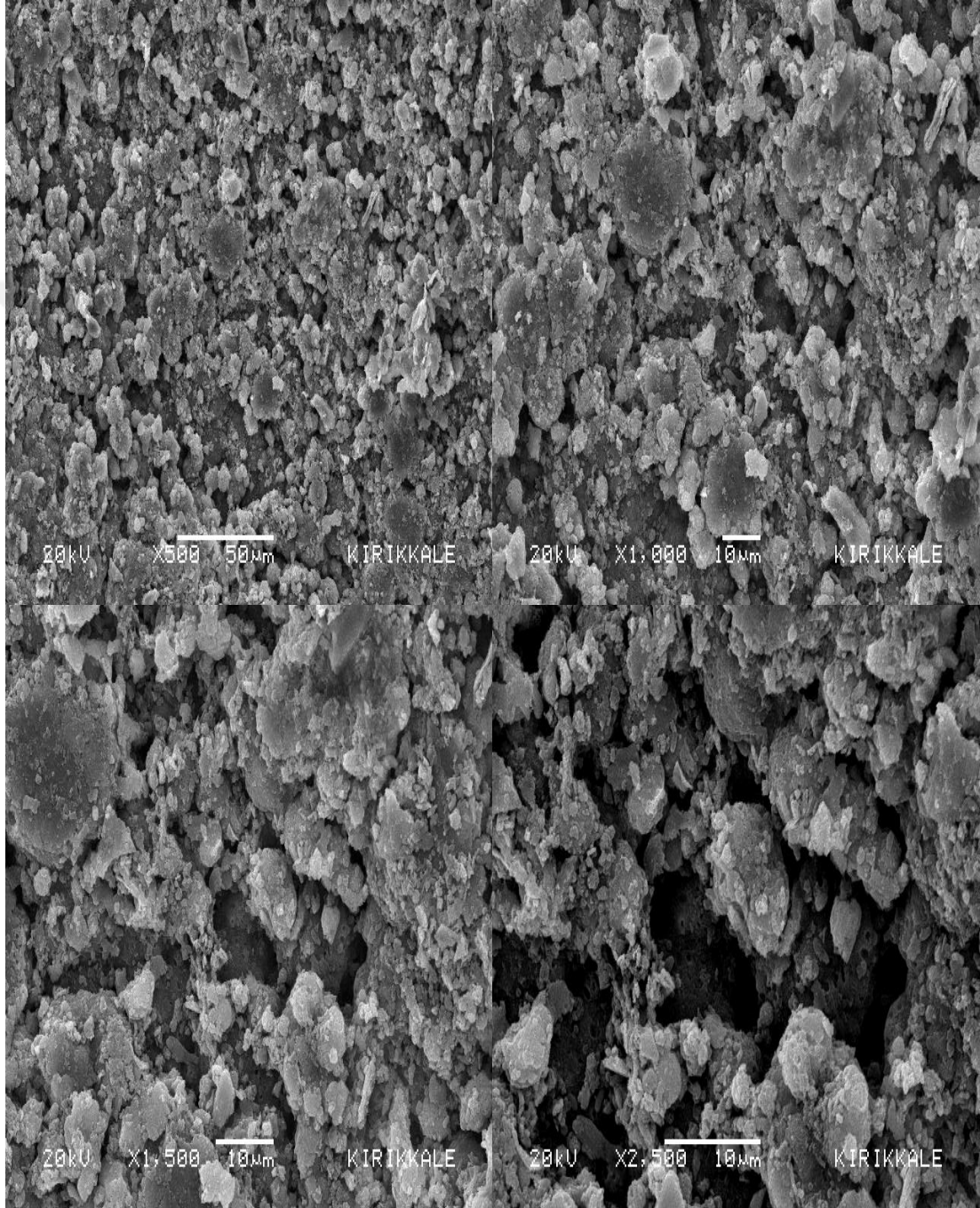
Şekil 3.2 Grup 1A (Apikal): Distile su aktivasyon yok X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

Sadece distile su kullanılan Grup 1A'daki örneklerin orta bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.3'de sunulmaktadır. Kanal duvarlarının smear tabakası ile tamamen örtülü olduğu görülmektedir.



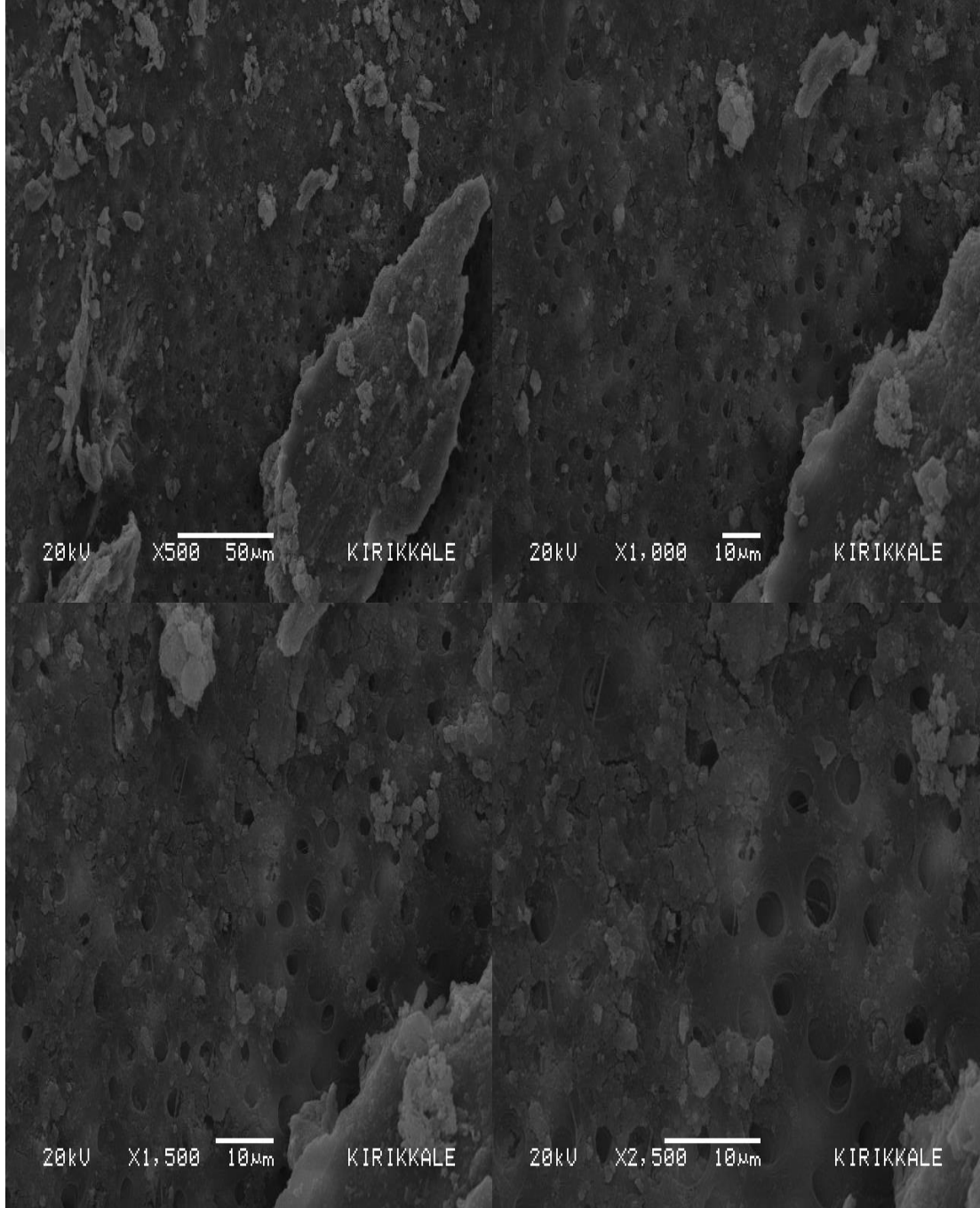
Şekil 3.3 Grup 1A (Orta): Distile su aktivasyon yok X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüler

Sadece distile su kullanılan Grup 1A'daki örneklerin koronal bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.4'de sunulmaktadır. Dentin tübüllerinin apikal ve orta bölgelerle benzer şekilde yoğun debris ve smear tabakası ile tamamen örtülü olduğu görülmektedir.



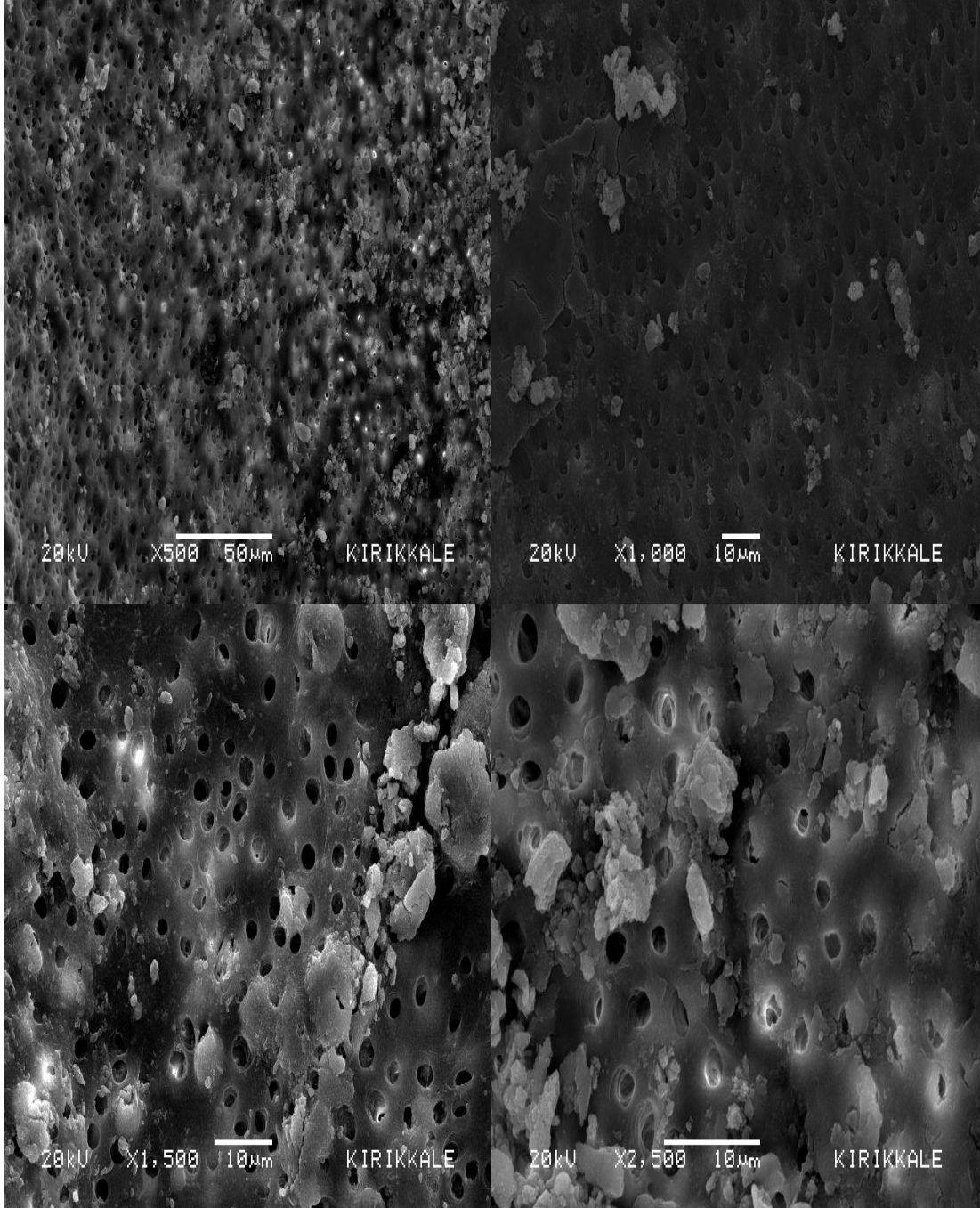
Şekil 3.4 Grup 1A (Koronal): Distile su aktivasyon yok X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri

Distile suyun PIPS tekniği ile aktive edildiği Grup 1B'deki örneklerin apikal bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.5'de sunulmaktadır. Smear tabakası ile birlikte kısmen açık ve az miktarda tamamen açık dentin tübülleri görölmektedir.



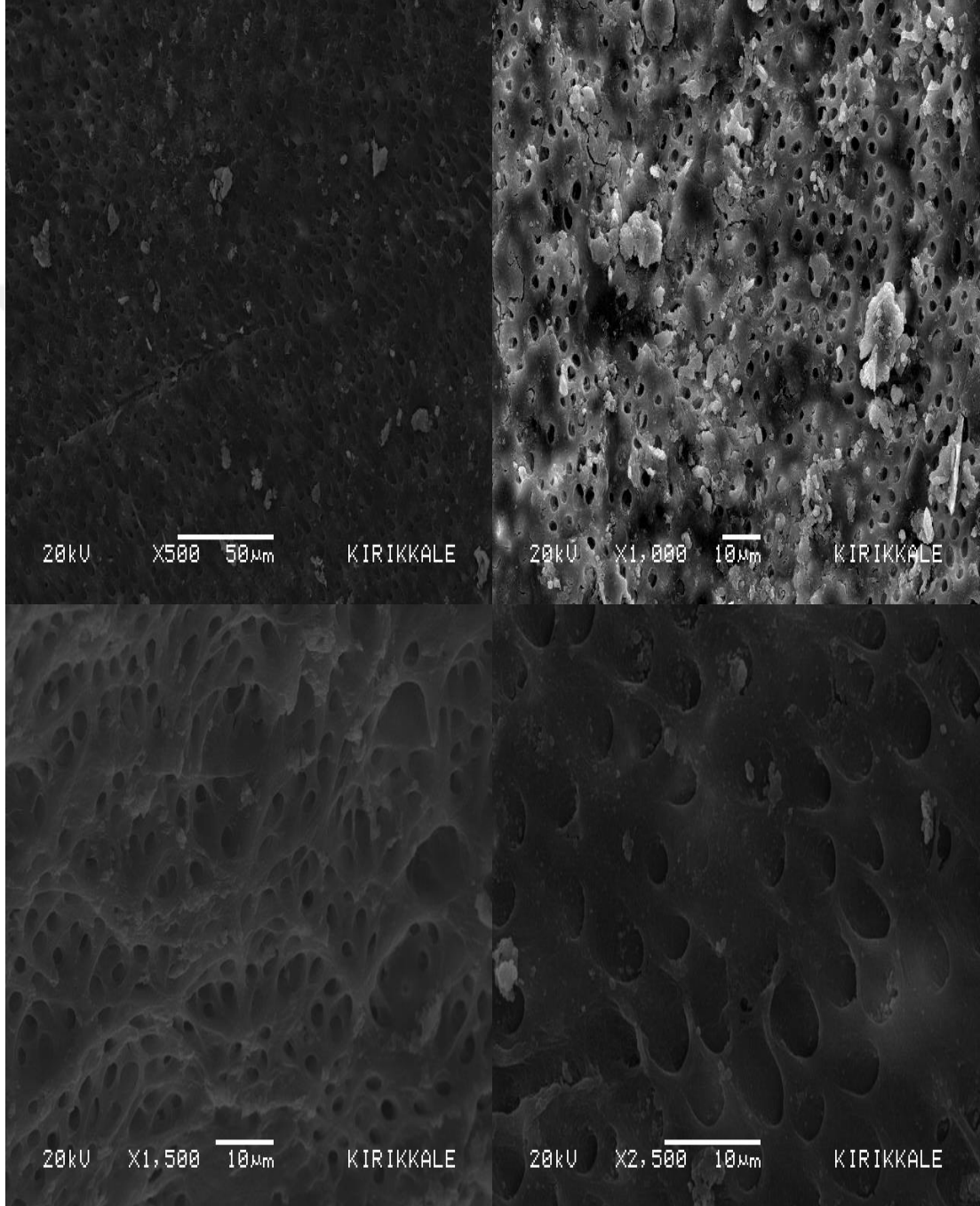
Şekil 3.5 Grup 1B (Apikal): Distile su ve PIPS tekniği ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

Distile suyun PIPS tekniği ile aktive edildiği Grup 1B'deki örneklerin orta bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.6'da sunulmaktadır. Tamamen uzaklaştırılmamış smear tabakası ile birlikte kısmen açık ve apikal bölgedekinden daha fazla sayıda tamamen açık dentin tübülleri izlenmektedir.



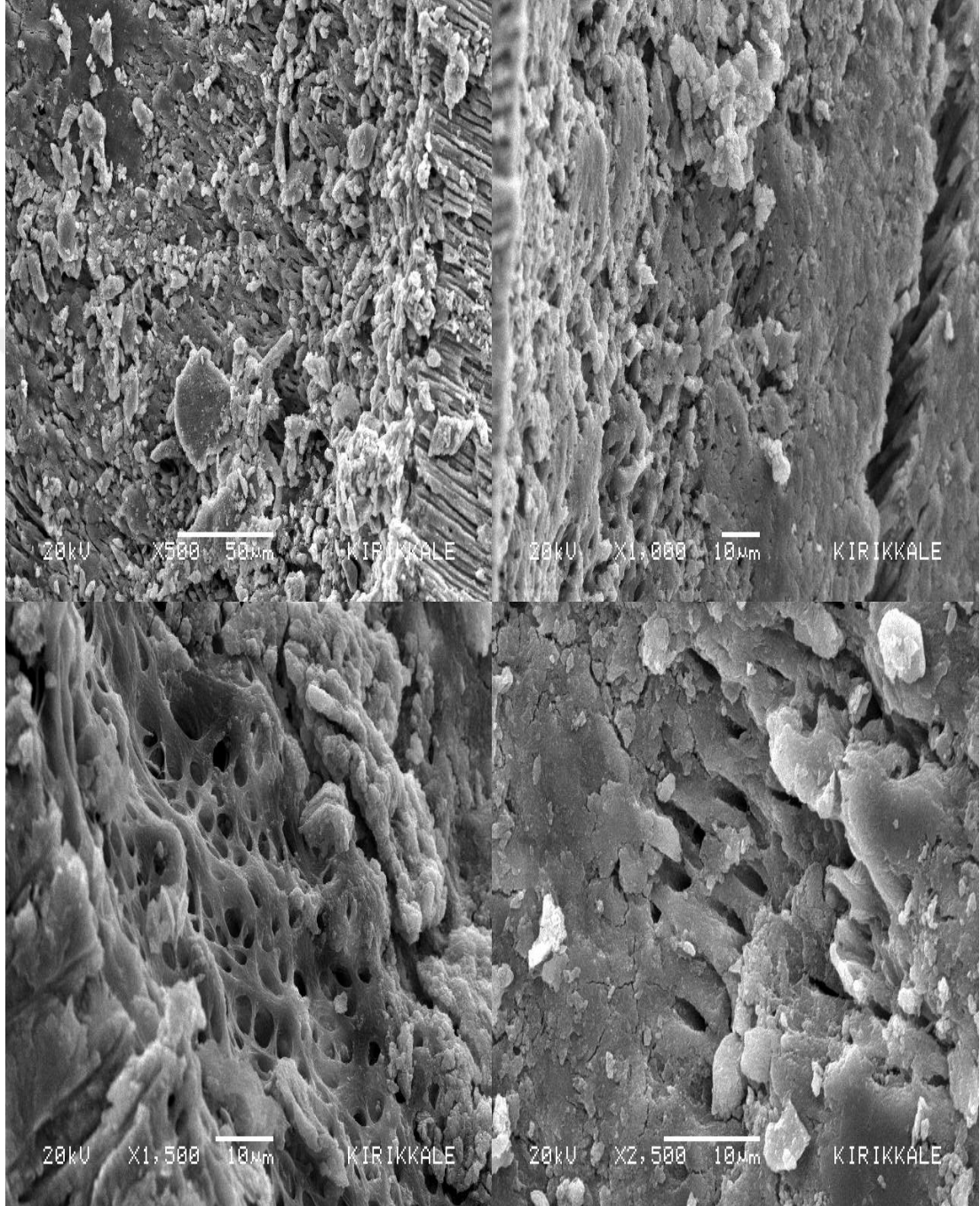
Şekil 3.6 Grup 1B (Orta): Distile su ve PIPS tekniği ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

Distile suyun PIPS tekniği ile aktive edildiği Grup 1B'deki örneklerin koronal bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.7'de sunulmaktadır. Orta bölgedeki gibi az miktarda smear tabakası ile birlikte dentin tübüllerinin çoğunun açık olduğu görölmektedir.



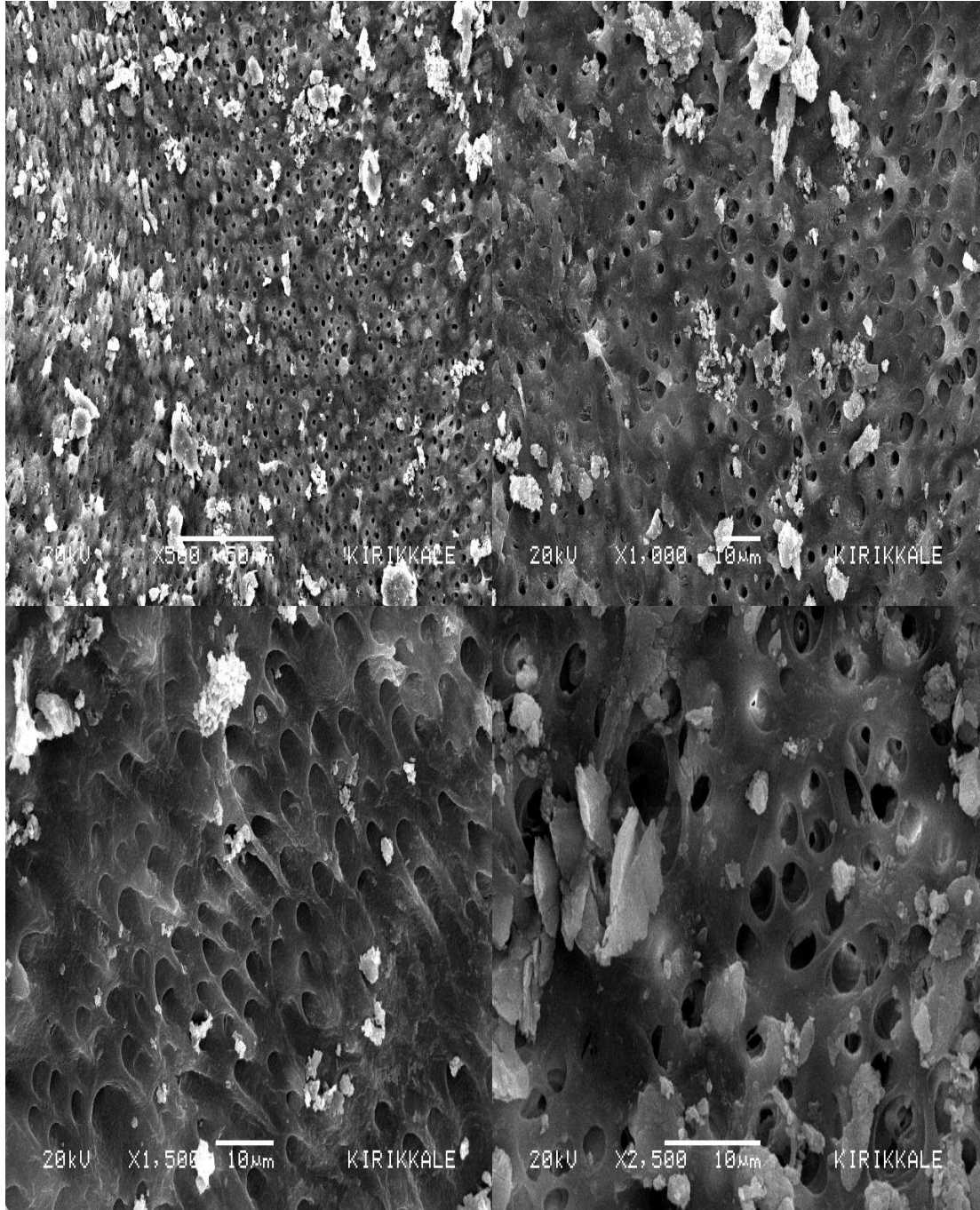
Şekil 3.7 Grup 1B (Koronal): Distile su ve PIPS tekniği ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 maknifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

Distile suyun Nd:YAG lazer ile aktive edildiği Grup 1C'deki örneklerin apikal bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.8'de sunulmaktadır. Smear tabakası ile birlikte kısmen açık ve tamamen açık dentin tübülleri görölmektedir.



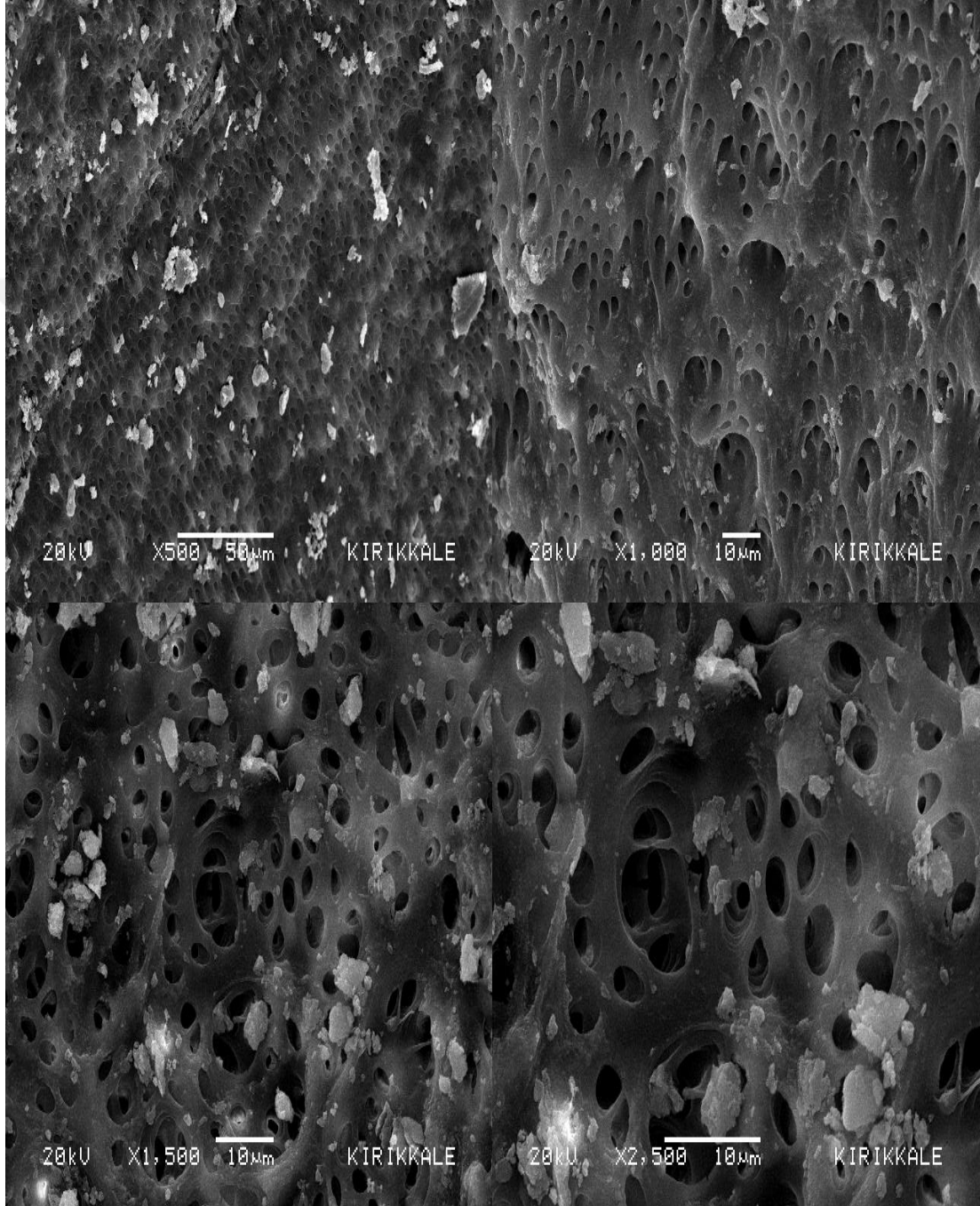
Şekil 3.8 Grup 1C (Apikal): Distile Su ve Nd YAG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

Distile suyun Nd:YAG lazer ile aktive edildiği Grup 1C'deki örneklerin orta bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.9'da sunulmaktadır. Smear tabakasının apikal bölgeyle benzer şekilde amamen uzaklaştırılmadığı ve kısmen açık ve tamamen açık dentin tübülleri görölmektedir.



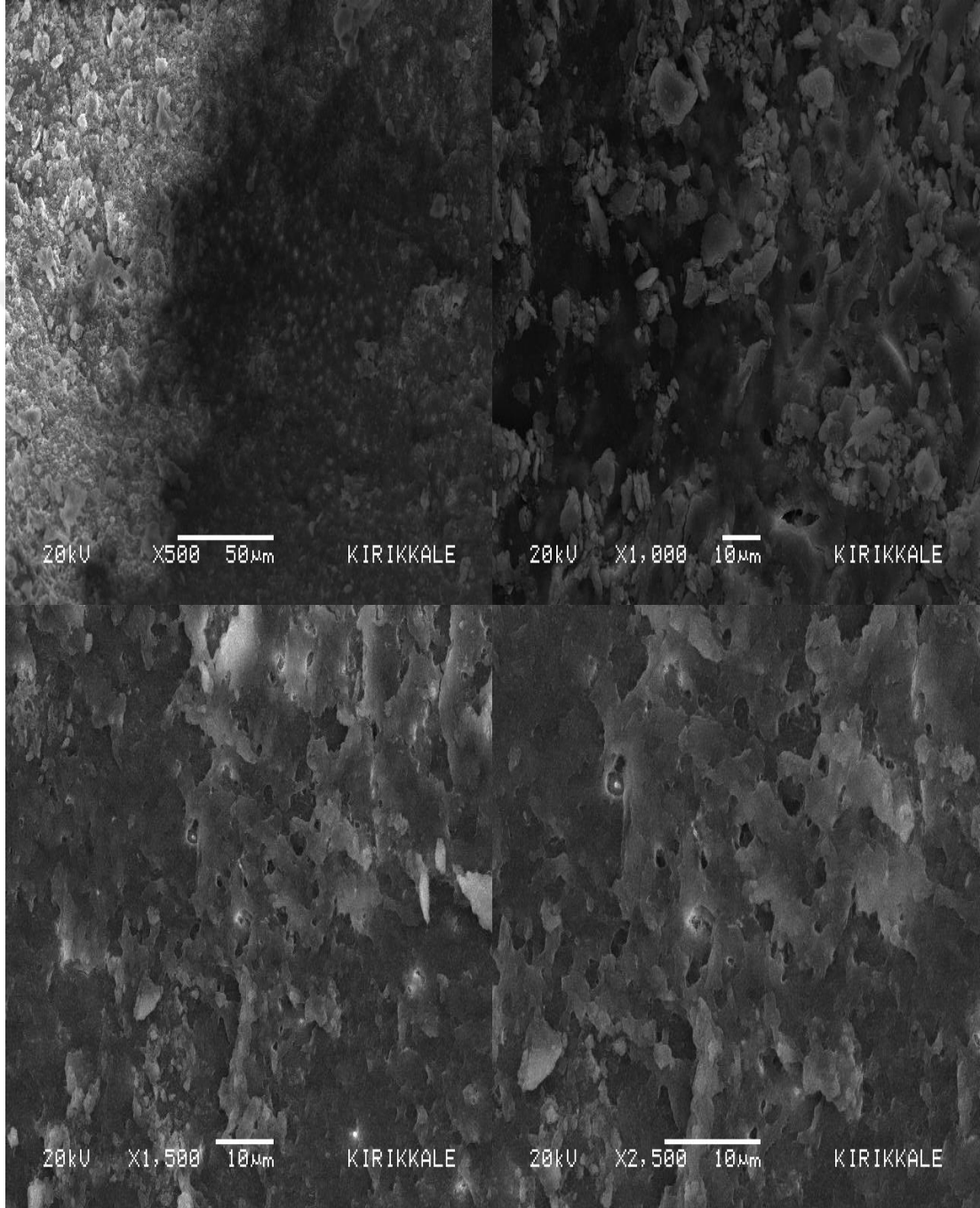
Şekil 3.9 Grup 1C (Orta): Distile Su ve Nd YAG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

Distile suyun Nd:YAG lazer ile aktive edildiği Grup 1C'deki örneklerin koronal bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.10'da sunulmaktadır. Az miktarda smear tabakası ile birlikte açık dentin tübülü sayısının orta bölgeye yakın olduğu görölmektedir.



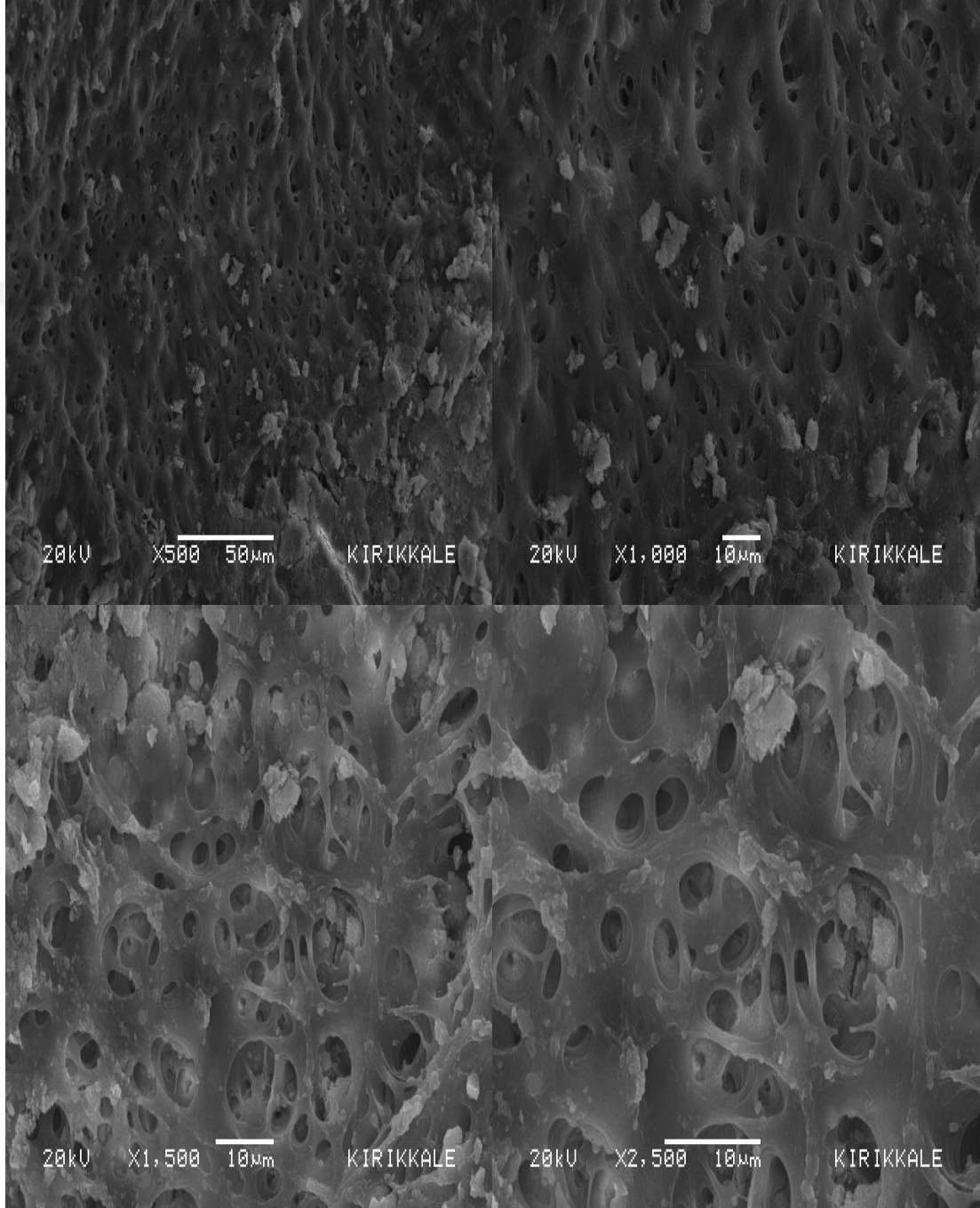
Şekil 3.10 Grup 1C (Koronal): Distile Su ve Nd YAG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

Distile suyun Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği Grup 1D'deki örneklerin apikal bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.11'de sunulmaktadır. Tamamen uzaklaştırılmamış smear tabakası ile dentin tübüllerinin ana hatlarının görünür olduğu ve çoğu dentin tübülünün açık olduğu görölmektedir.



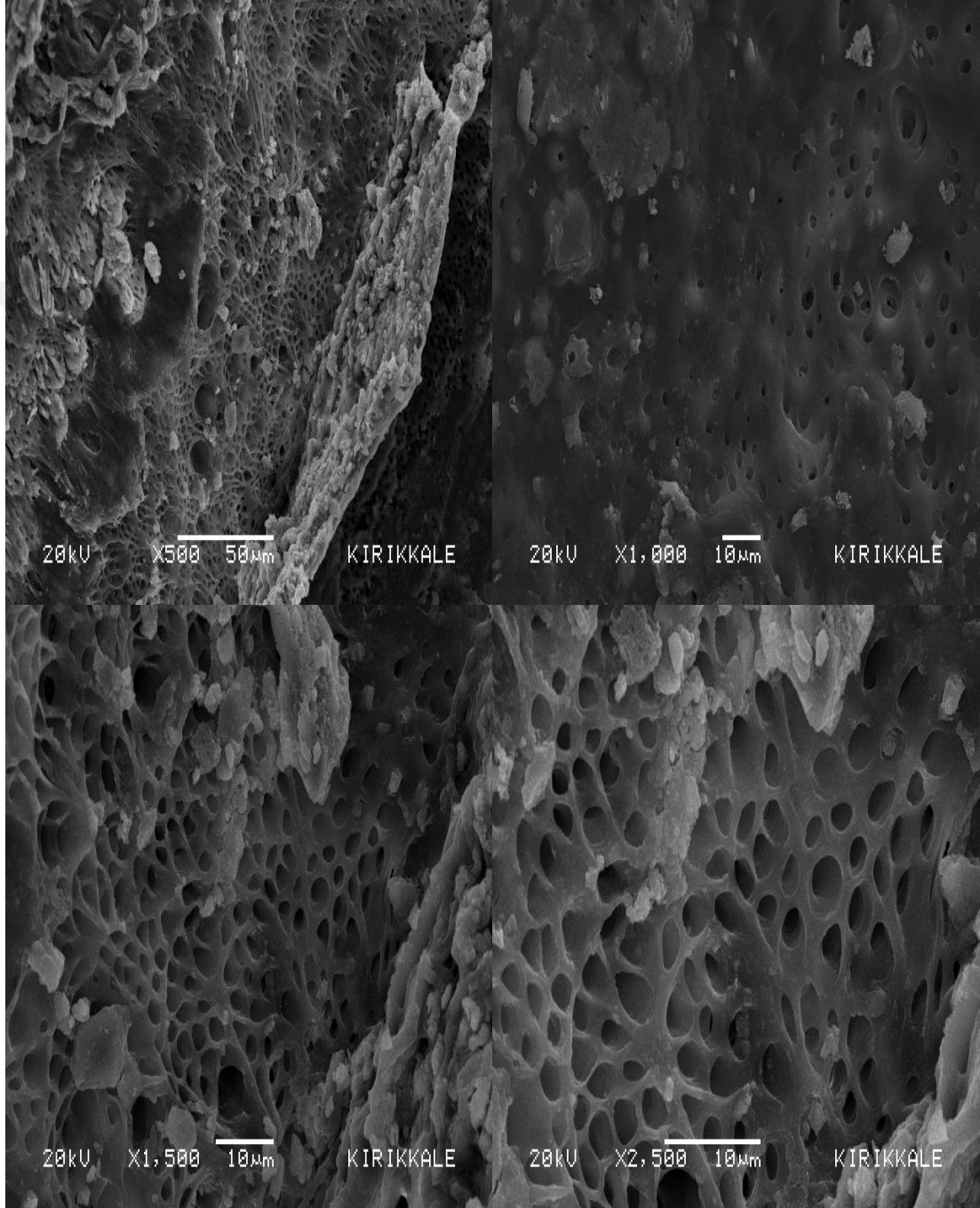
Şekil 3.11 Grup 1D (Apikal): Distile su ve Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

Distile suyun Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği Grup 1D'deki örneklerin orta bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.12'de sunulmaktadır. Smear tabakası tamamen uzaklaştırılamamasına rağmen dentin tübüllerinin ana hatlarının görünür olduğu ve çoğu dentin tübülünün açık olduğu görülmektedir.



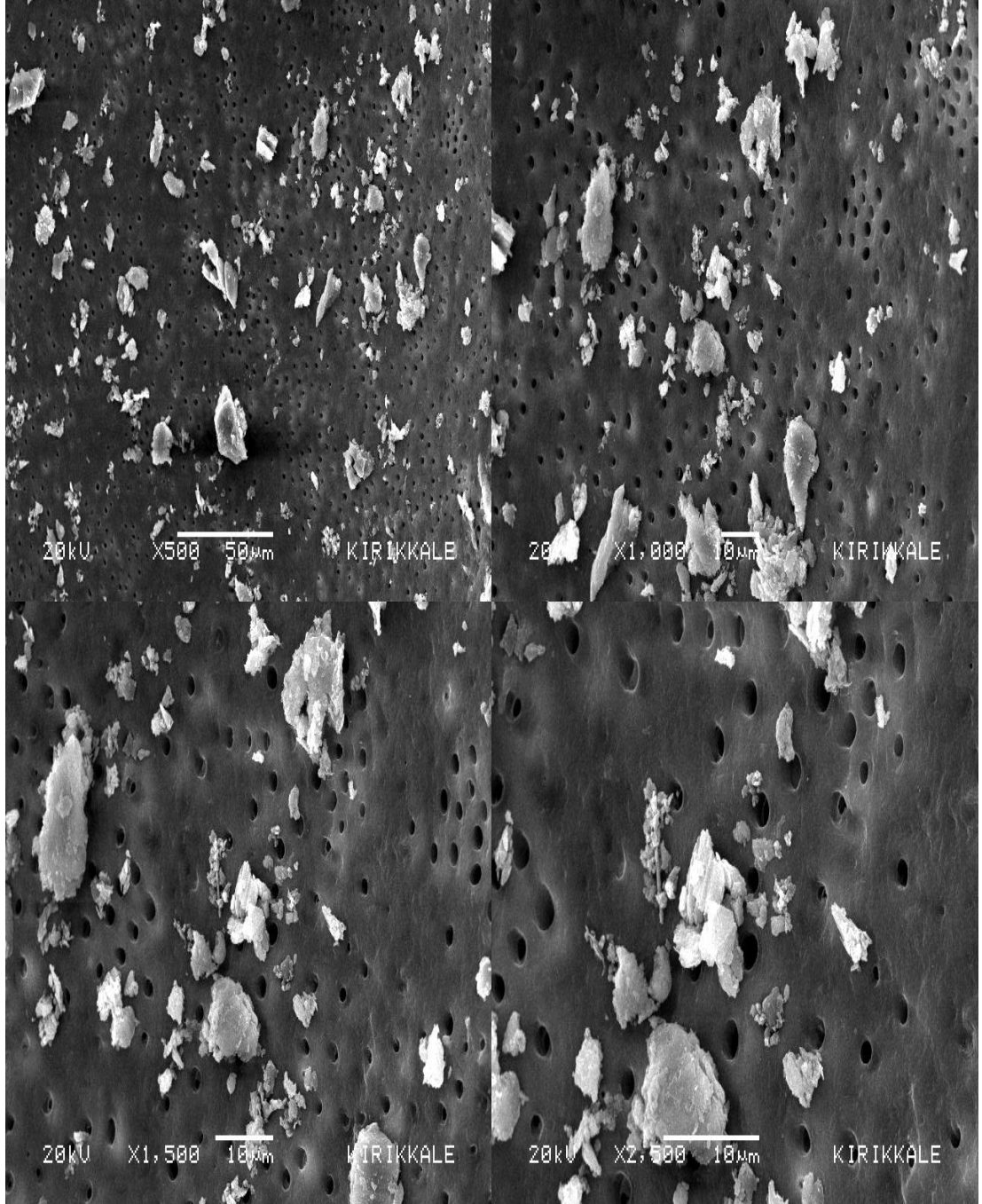
Şekil 3.12 Grup 1D (Orta): Distile su ve Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri

Distile suyun Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği Grup 1D'deki örneklerin koronal bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.13'de sunulmaktadır. Smear tabakası tamamen uzaklaştırılmamakla birlikte orta bölgeyle benzer sayıda açık dentin tübülü izlenmektedir.



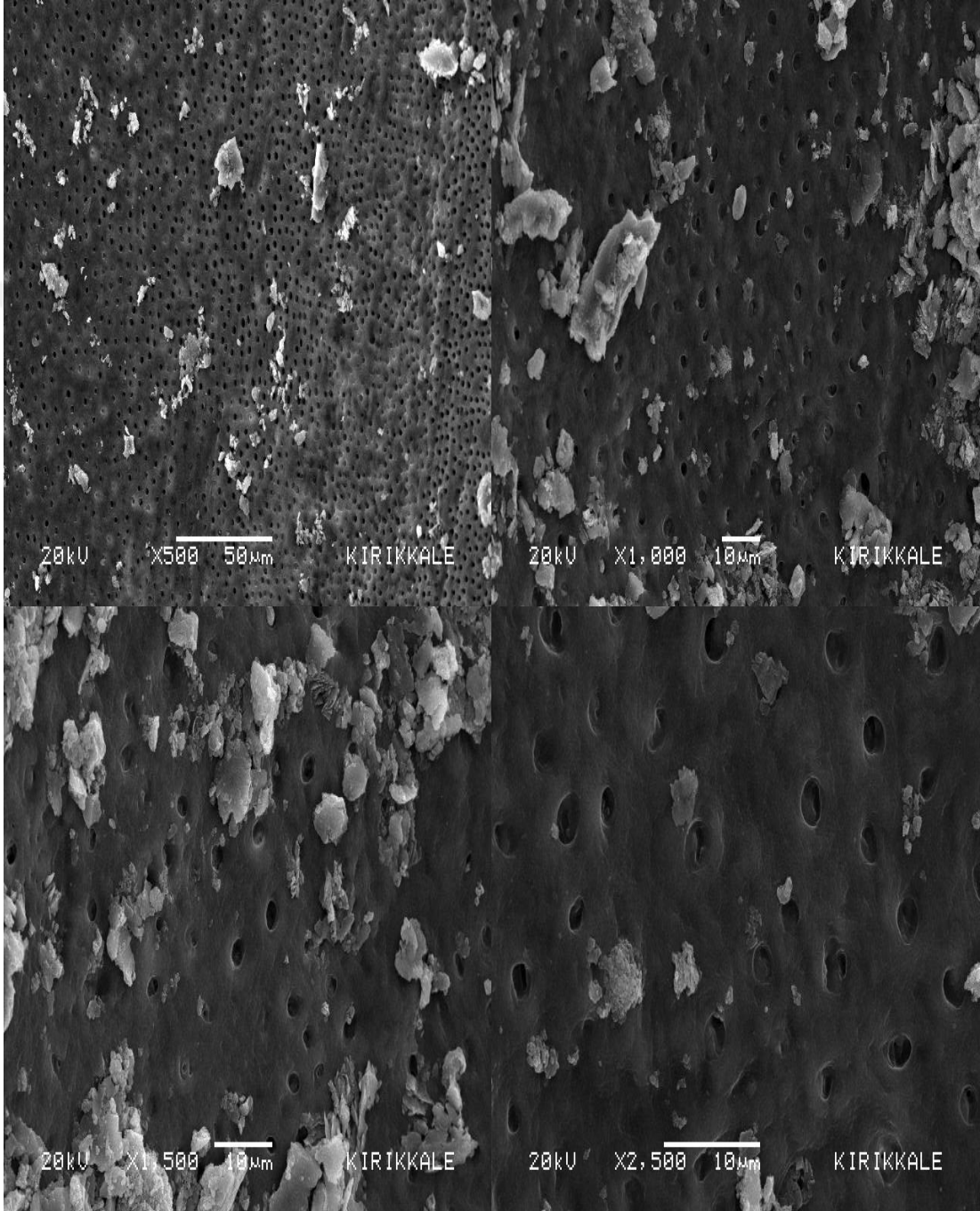
Şekil 3.13 Grup 1D (Koronal): Distile su ve Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri

Aktivasyon uygulanmaksızın NaOCl ve EDTA uygulanan Grup 2A'daki örneklerin apikal bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.14'de sunulmaktadır. Smear tabakasının kısmen kaldırılabildiği ve dentin tübüllerinin ana hatlarının görünür olduğu görülmektedir.



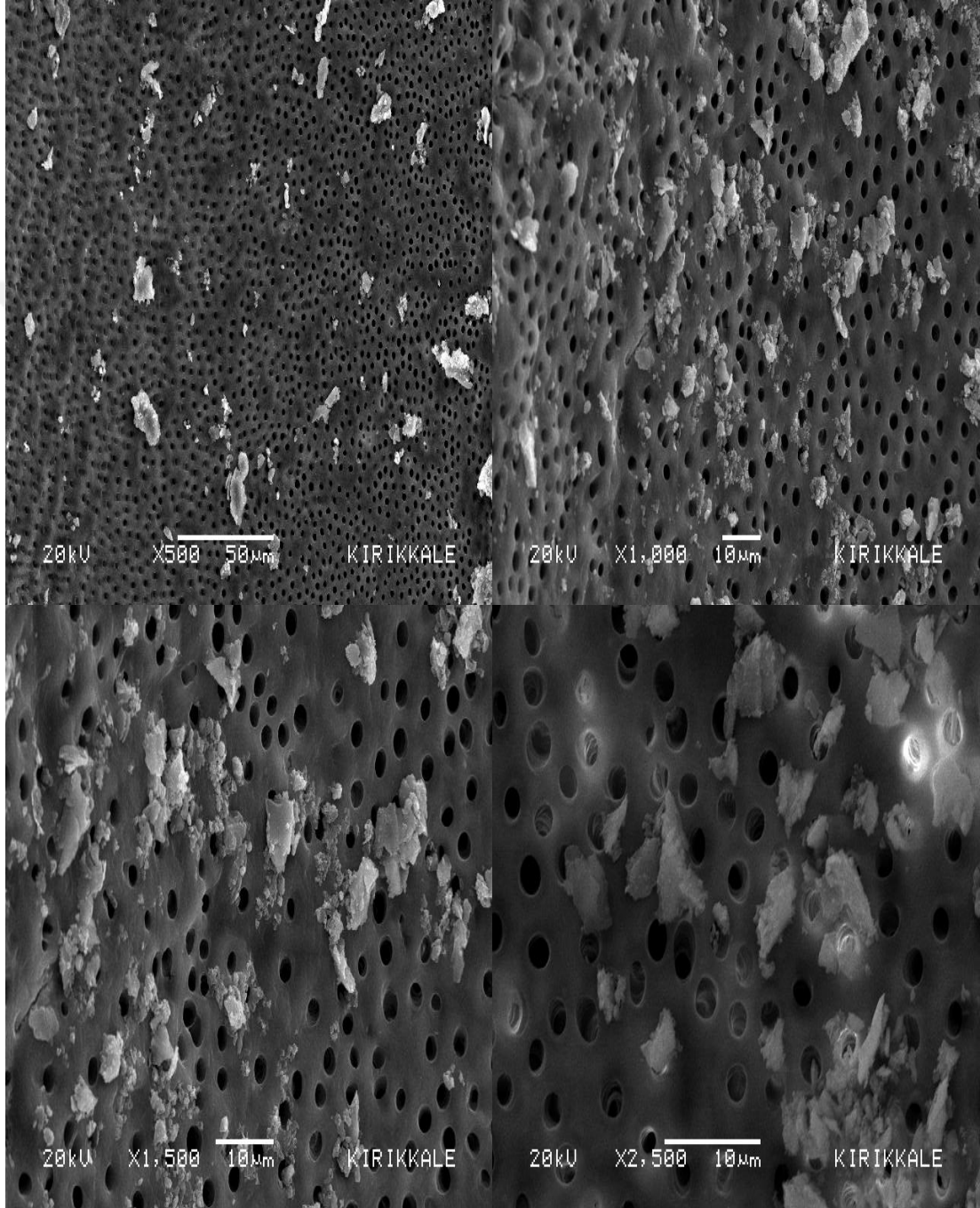
Şekil 3.14 Grup 2A (Apikal): NaOCl+EDTA, aktivasyon yok X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

Aktivasyon uygulanmaksızın NaOCl ve EDTA uygulanan Grup 2A'daki örneklerin orta bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.15'de sunulmaktadır. Smear tabakasının apikal bölgeye benzer etkinlikle uzaklaştırılabildiği ve kısmen açık ve tamamen açık dentin tübülleri görülmektedir.



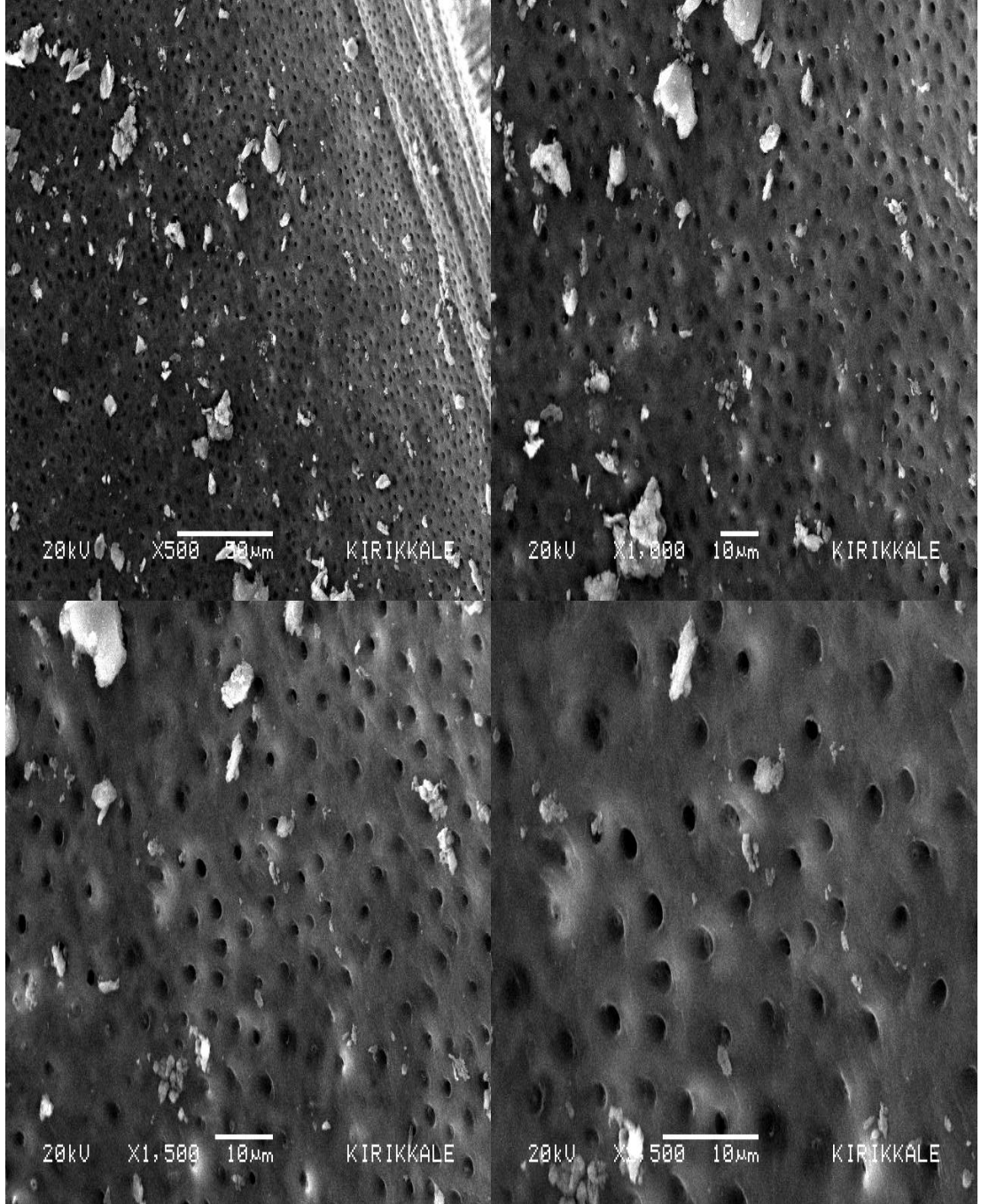
Şekil 3.15 Grup 2A (Orta): NaOCl+EDTA, aktivasyon yok X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

Aktivasyon uygulanmaksızın NaOCl ve EDTA uygulanan Grup 2A'daki örneklerin koronal bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.16'da sunulmaktadır. Az miktarda smear tabakasının uzaklaştırılmadığı ve apikal ve orta bölgelere yakın oranda açık dentin tübülünün izlenebildiği görülmektedir.



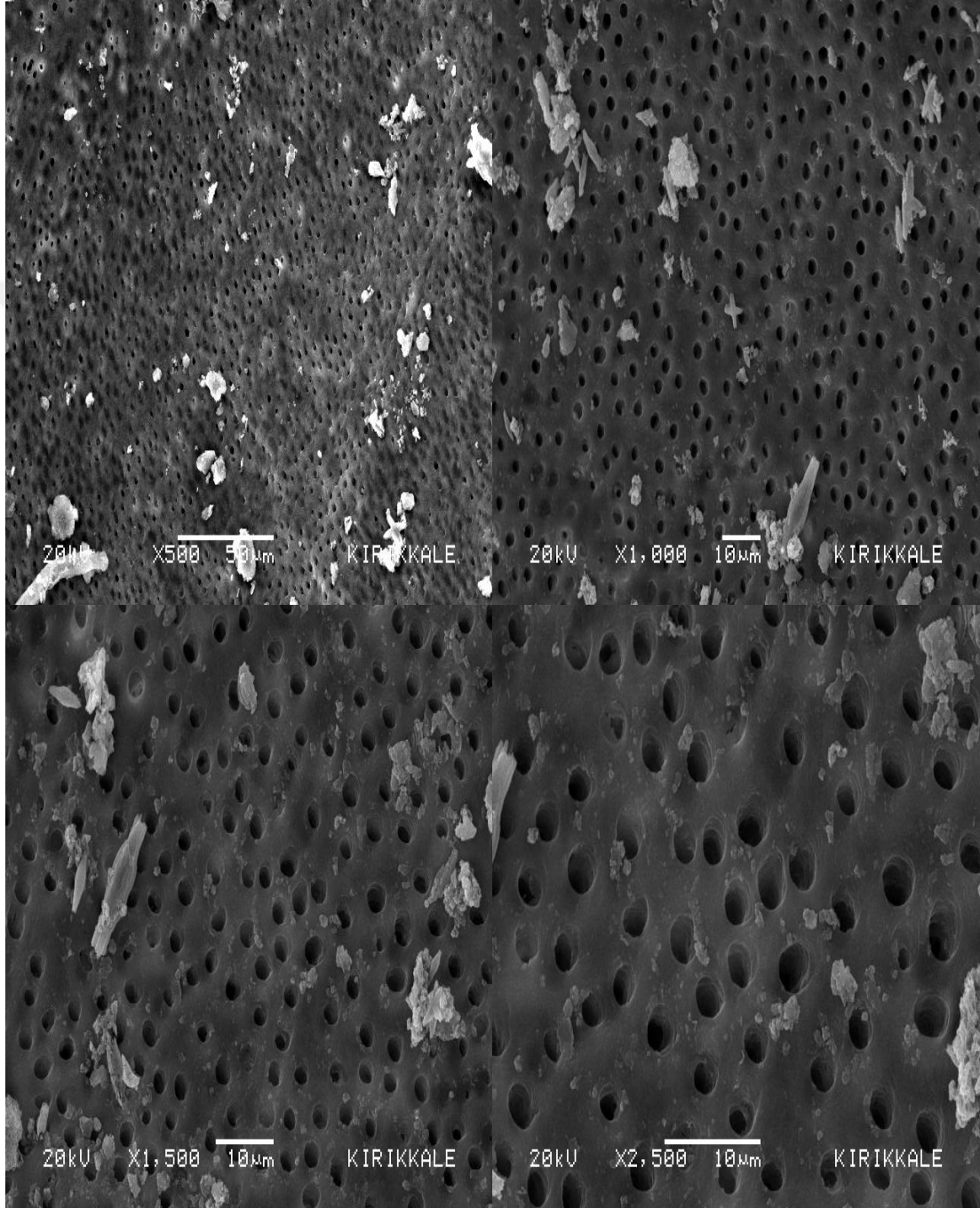
Şekil 3.16 Grup 2A (Koronal): NaOCl+EDTA, aktivasyon yok X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

NaOCl ve EDTA'in PIPS tekniği ile aktive edildiği Grup 2B'deki örneklerin apikal bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.17'de sunulmaktadır. Kapalı dentin tübülü sayısının az olduğu ve tamamen açık dentin tübülleri görölmektedir.



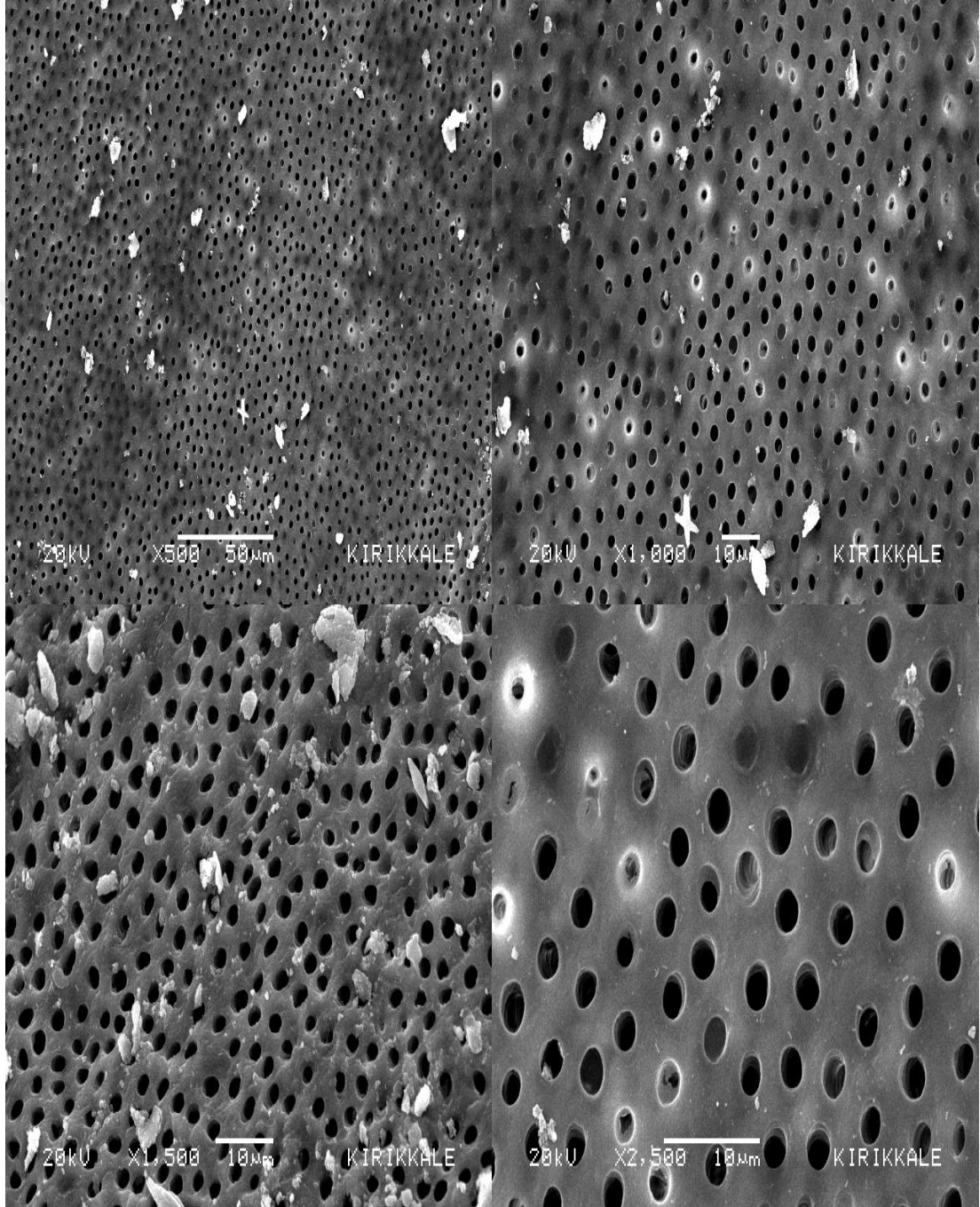
Şekil 3.17 Grup 2B (Apikal): NaOCl+EDTA, PIPS tekniği ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

NaOCl ve EDTA'in PIPS tekniği ile aktive edildiği Grup 2B'deki örneklerin orta bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.18'de sunulmaktadır. Smear tabakası uzaklaştırma etkinliğinin apikal ve koronal bölgelerle benzer olduğu ve tamamen açık dentin tübülleri görölmektedir.



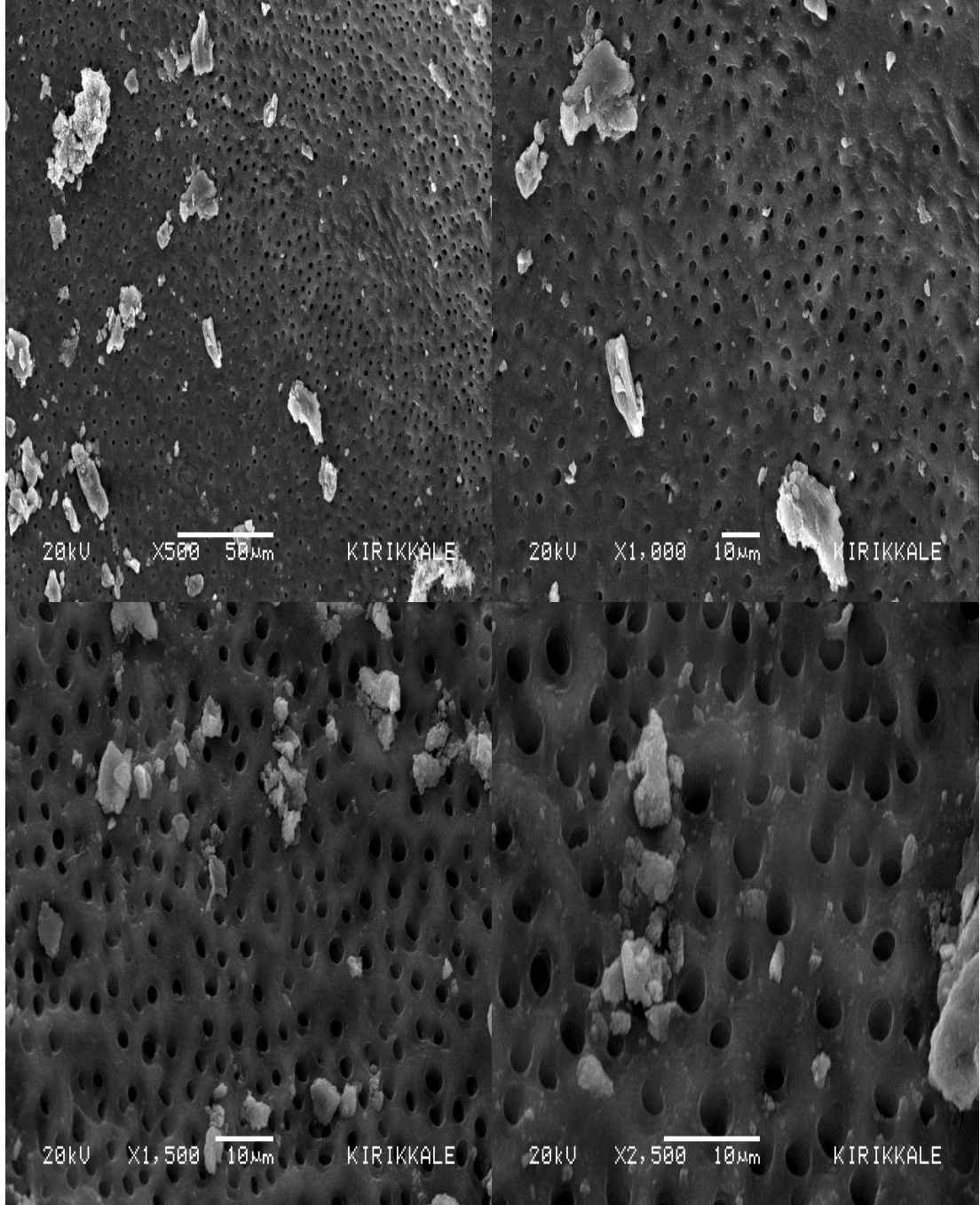
Şekil 3.18 Grup 2B (Orta): NaOCl+EDTA, PIPS tekniği ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

NaOCl ve EDTA'in PIPS tekniği ile aktive edildiği Grup 2B'deki örneklerin koronal bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.19'da sunulmaktadır. Smear tabakasının neredeyse tamamen kaldırıldığı ve dentin tübüllerinin tamamına yakınının açık olduğu görölmektedir.



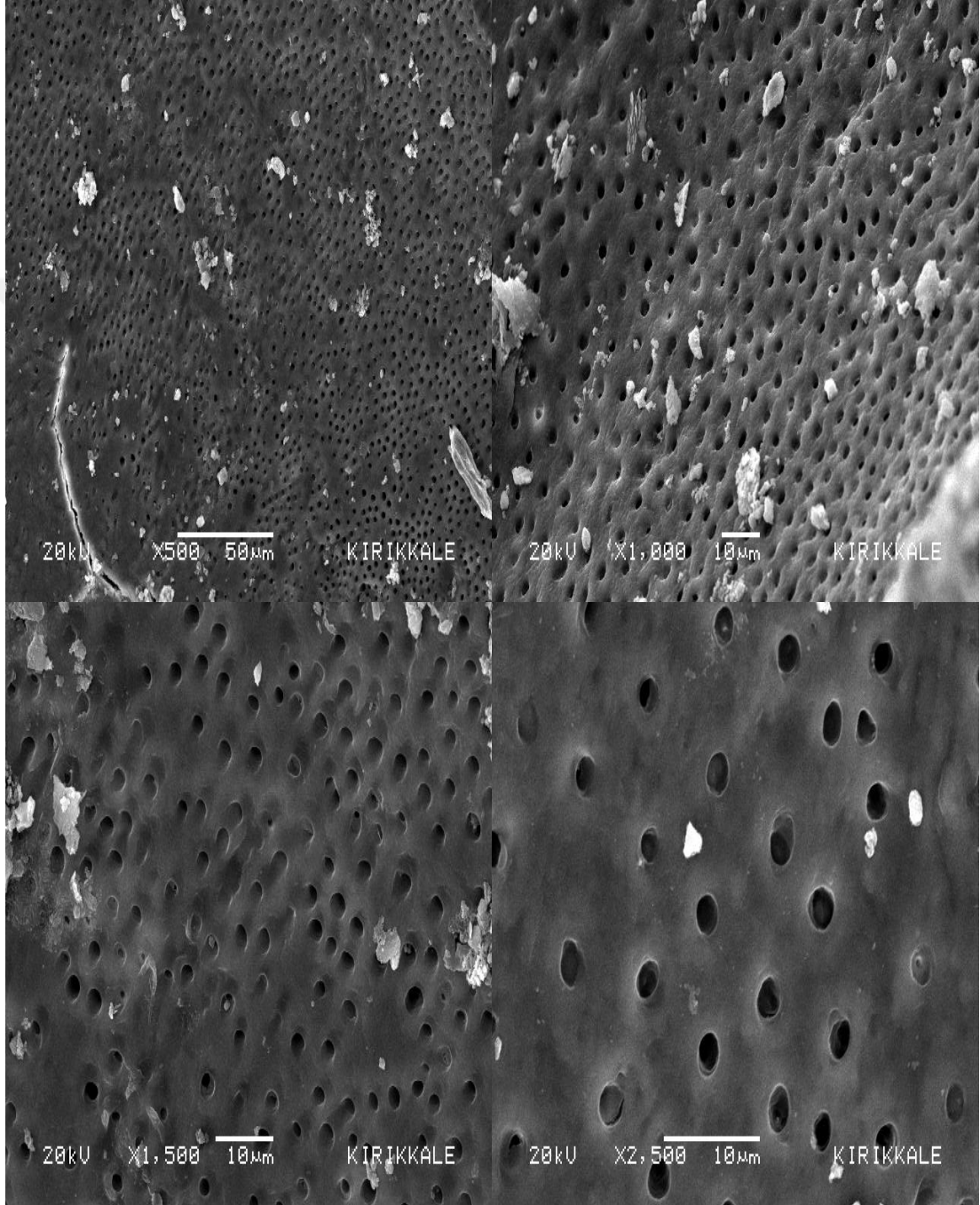
Şekil 3.19 Grup 2B (Koronal): NaOCl+EDTA, PIPS tekniği ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

NaOCl ve EDTA'in Nd:YAG lazer ile aktive edildiği Grup 2C'deki örneklerin apikal bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.20'de sunulmaktadır. Dentin tübüllerinin ana hatlarının görünür olduğu, az miktarda smear tabakası ile tamamen ve kısmen açık dentin tübülleri görölmektedir.



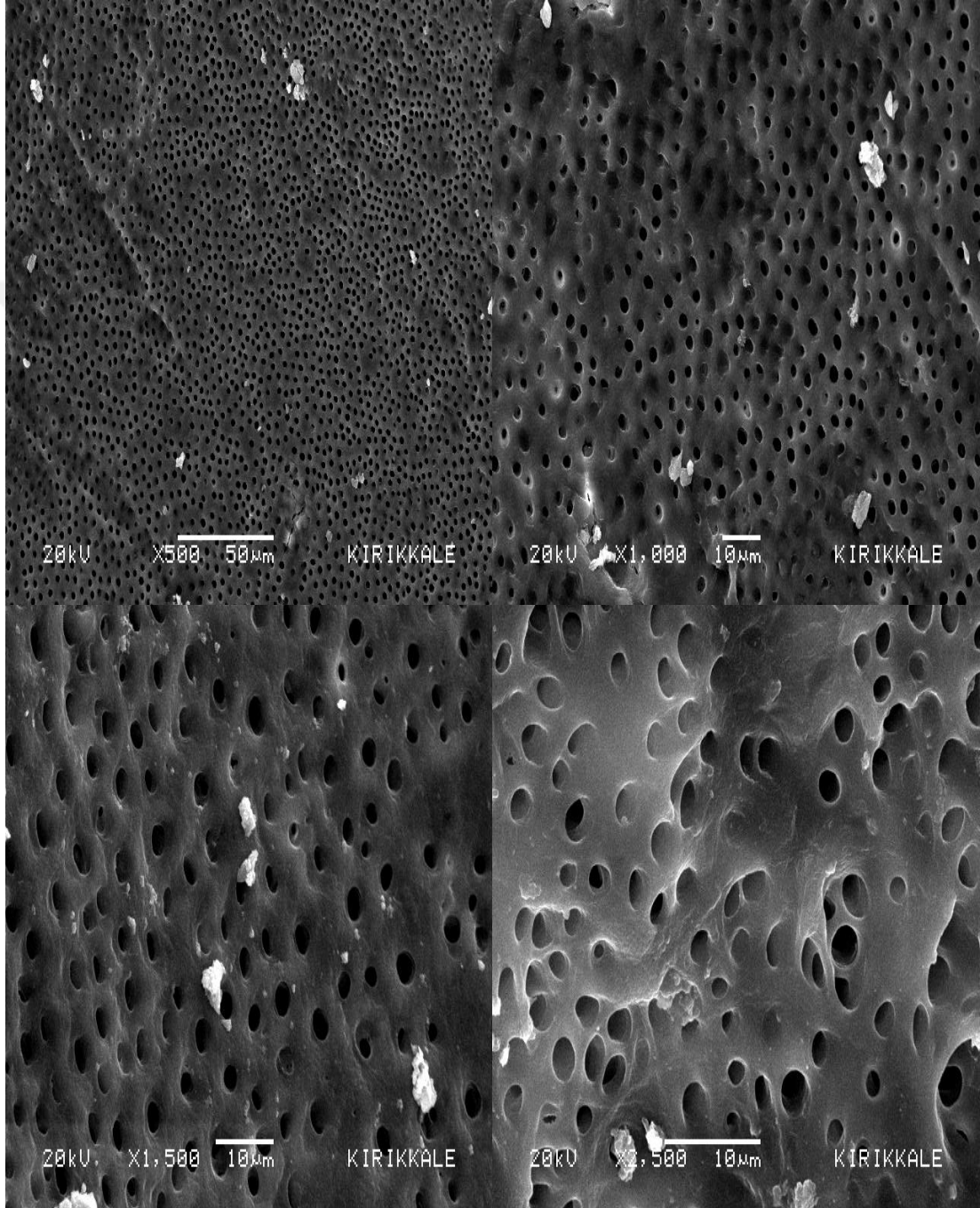
Şekil 3.20 Grup 2C (Apikal): NaOCl+ EDTA, ND:YAG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

NaOCl ve EDTA'in Nd:YAG lazer ile aktive edildiği Grup 2C'deki örneklerin orta bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.21'de sunulmaktadır. Smear tabakasının apikal bölgeye göre büyük ölçüde uzaklaştırılabildiği, kısmen açık dentin tübüleriyle birlikte dentin tübüllerinin çoğunlukla açık olduğu görülmektedir.



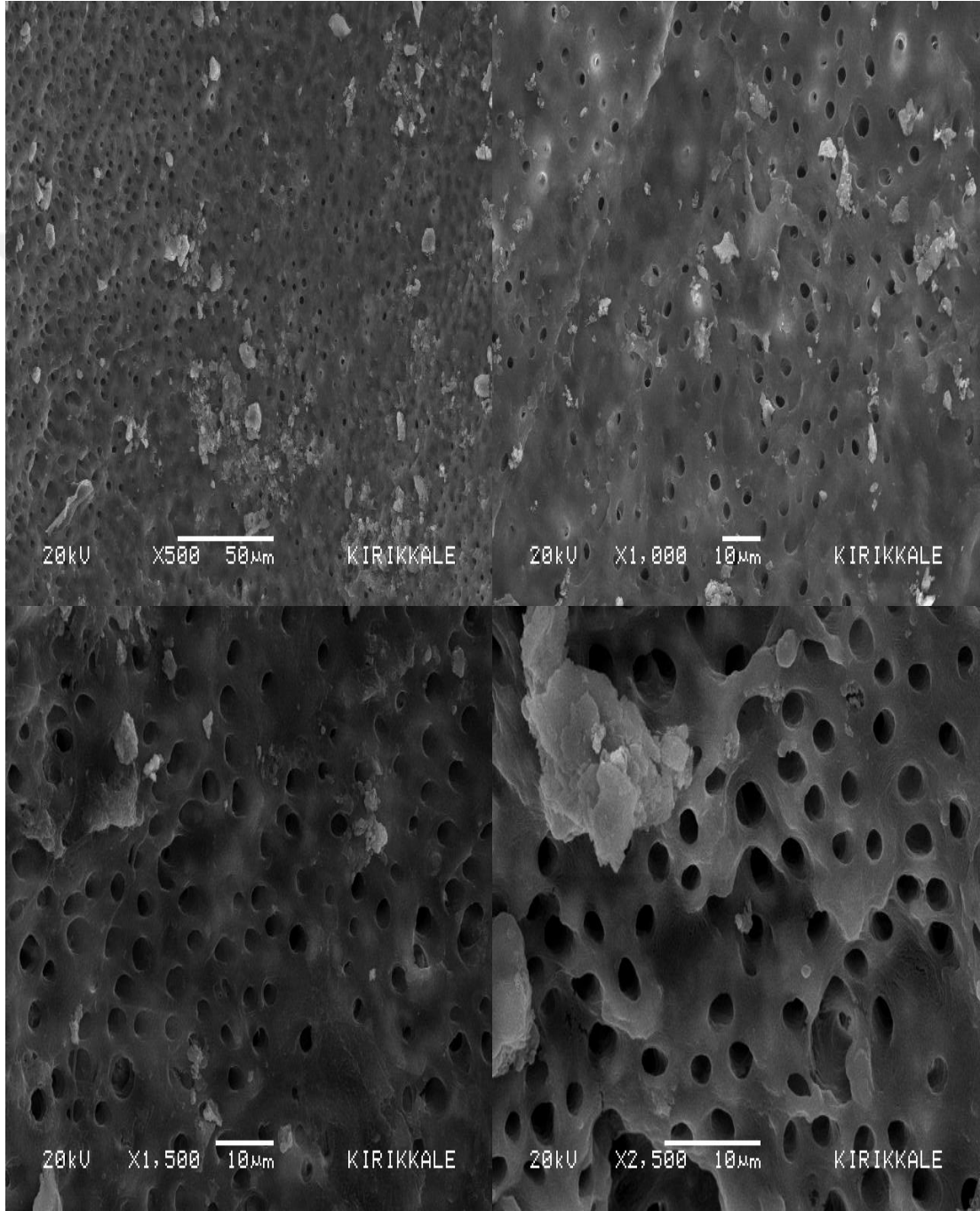
Şekil 3.21 Grup 2C (Orta): NaOCl+ EDTA, ND:YAG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

NaOCl ve EDTA'in Nd:YAG lazer ile aktive edildiği Grup 2C'deki örneklerin koronal bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.22'de sunulmaktadır. Dentin tübüllerinin tamamına yakınının açık olduğu ve smear tabakasının orta bölgedeki ile benzer etkinlikte uzaklaştırılabildiği görülmektedir.



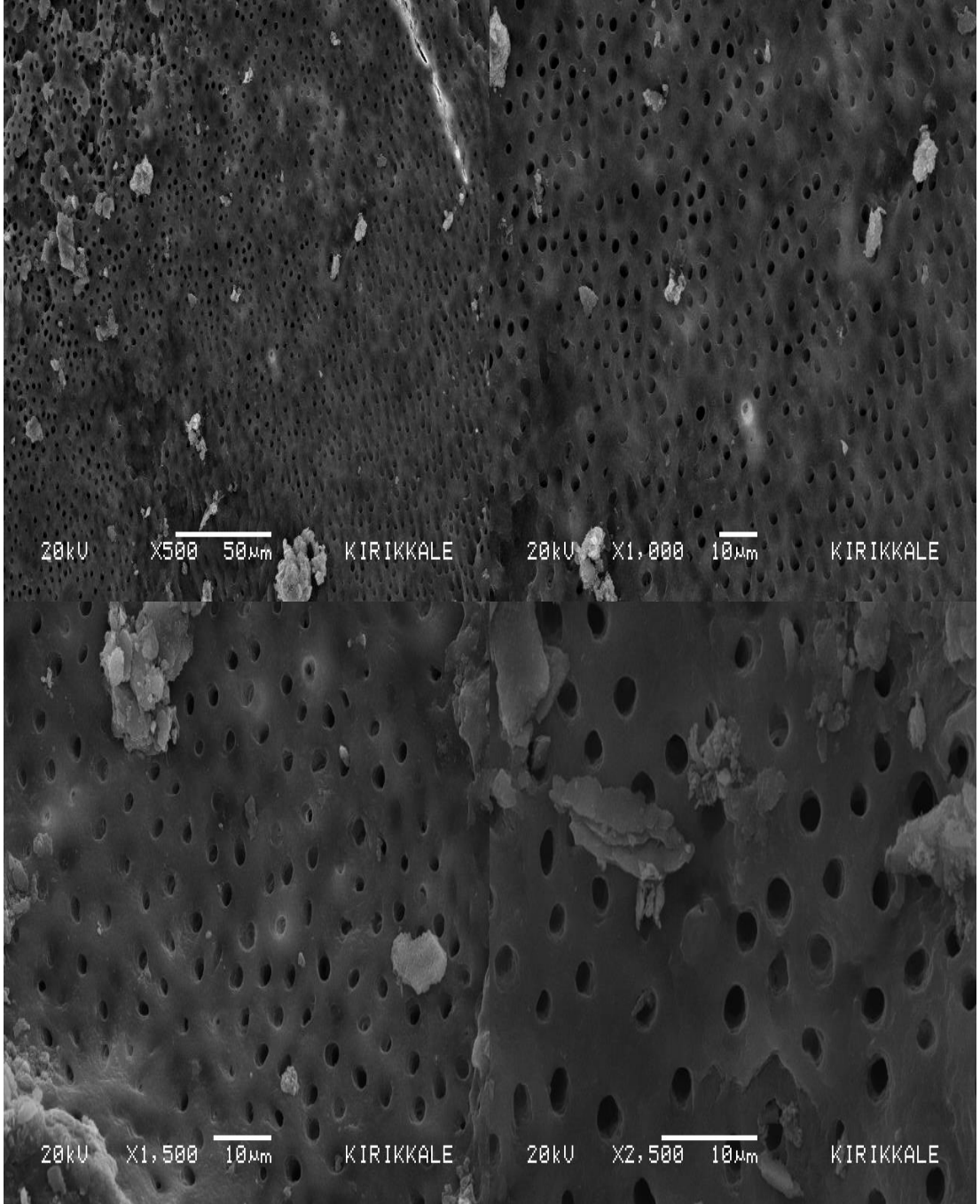
Şekil 3.22 Grup 2C (Koronal): NaOCl+ EDTA, ND:YAG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

NaOCl ve EDTA'in Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği Grup 2D'deki örneklerin apikal bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.23'de sunulmaktadır. Dentin tübüllerinin ana hatlarının görünür olduğu, tamamen uzaklaştırılmamış smear tabakası, kısmen açık dentin tübülleriyle birlikte dentin tübüllerinin çoğunlukla açık olduğu görülmektedir.



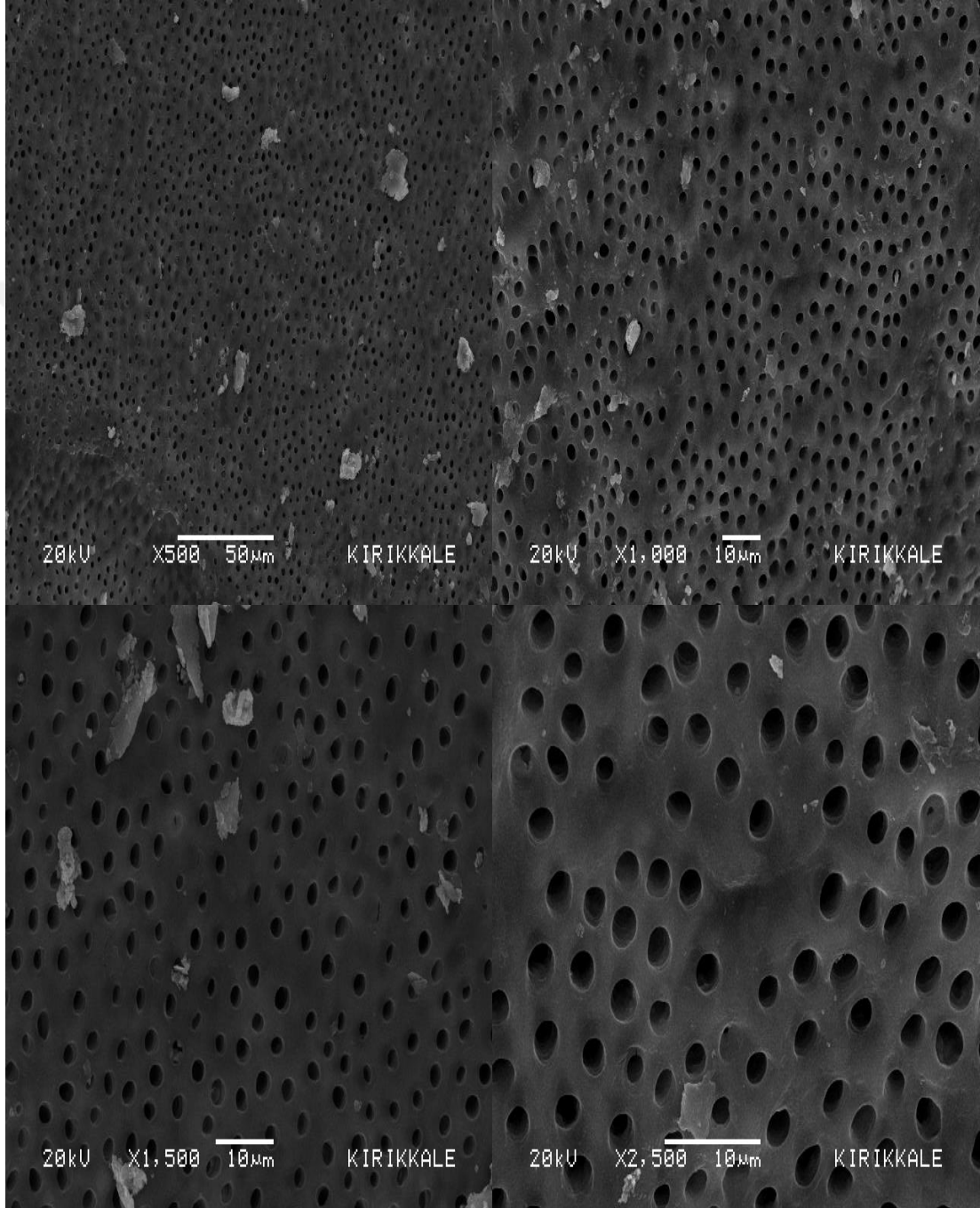
Şekil 3.23 Grup 2D (Apikal): NaOCl+ EDTA, Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

NaOCl ve EDTA'in Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği Grup 2D'deki örneklerin orta bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.24'de sunulmaktadır. Smear tabakası tamamen uzaklaştırılmamakla birlikte açık dentin tübüllerinin apikal bölgedekine benzer bir dağılım gösterdiği görülmektedir.



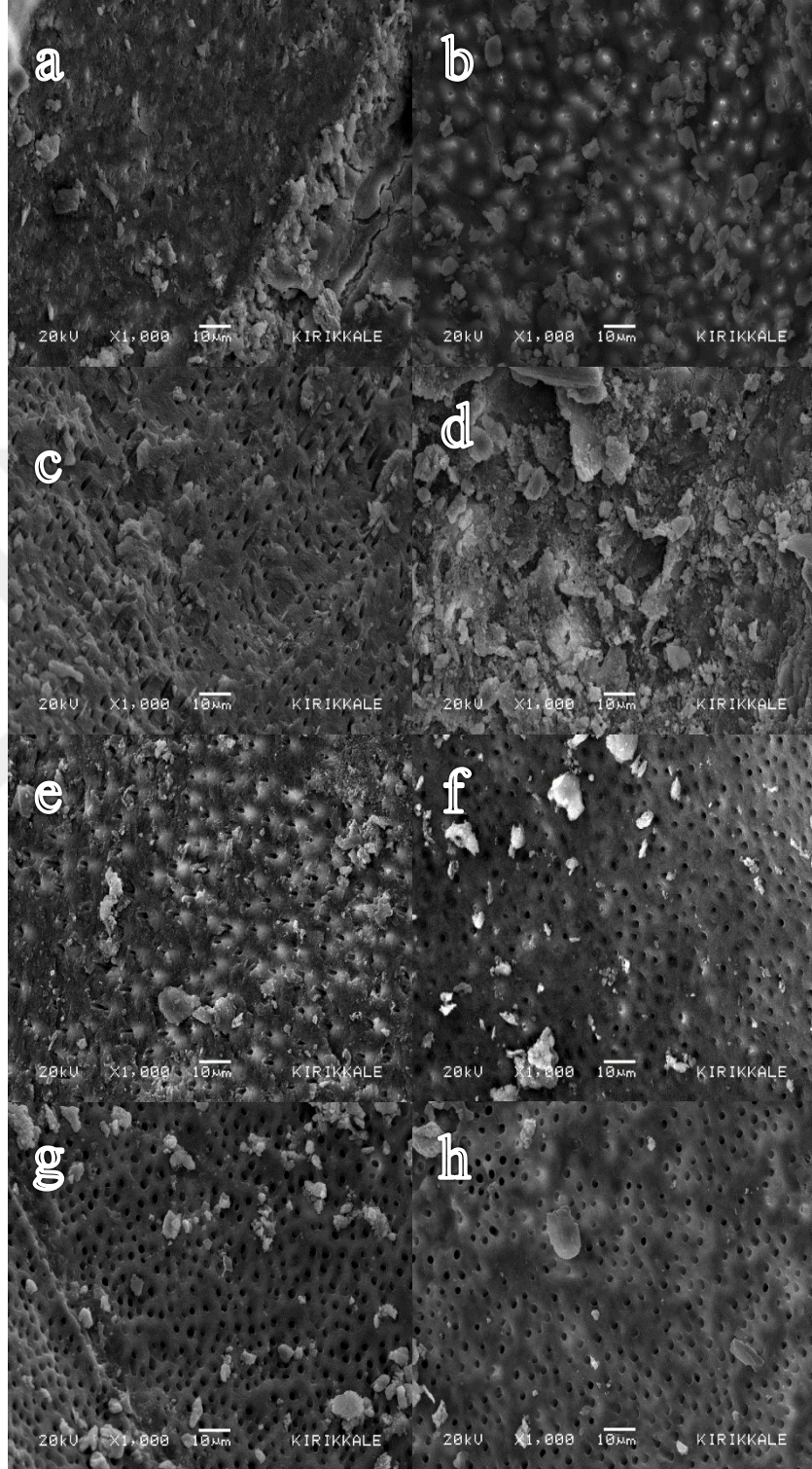
Şekil 3.24 Grup 2D (Orta): NaOCl+ EDTA, Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

NaOCl ve EDTA'in Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği Grup 2D'deki örneklerin koronal bölgelerinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 3.25'de sunulmaktadır. Smear tabakasının büyük ölçüde uzaklaştırılabildiği ve açık dentin tübüllerinin orta bölge ile benzer bir yoğunluğa sahip olduğu izlenmektedir.



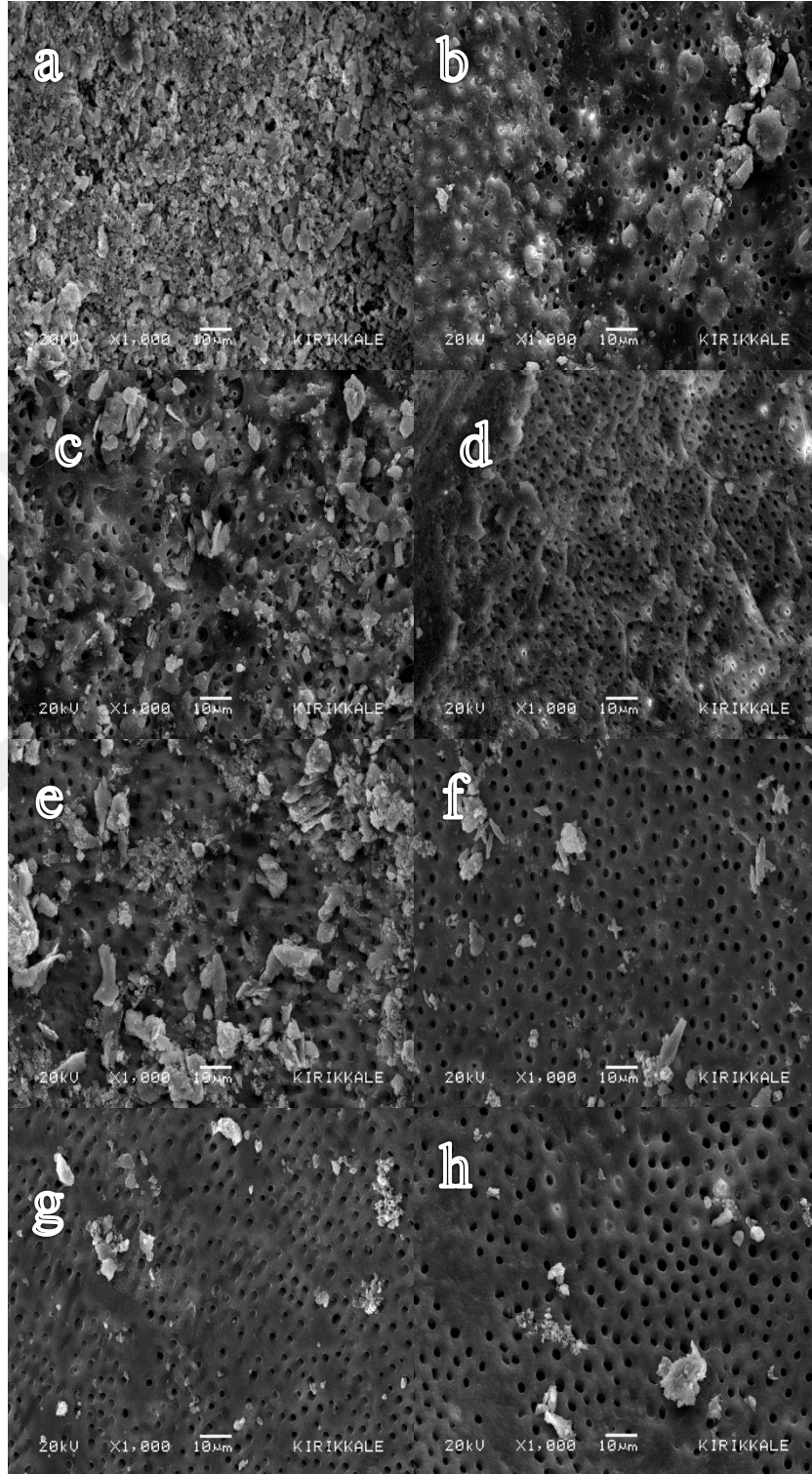
Şekil 3.25 Grup 2D (Koronal): NaOCl+ EDTA, Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyon X500, X1000, X1500 ve X2500 magnifikasyonla elde edilen örnek görüntüleri.

Tüm grupların apikal bölgelerinden alınan x1000 büyütmedeki SEM görüntüleri Şekil 3.26’da görülmektedir.



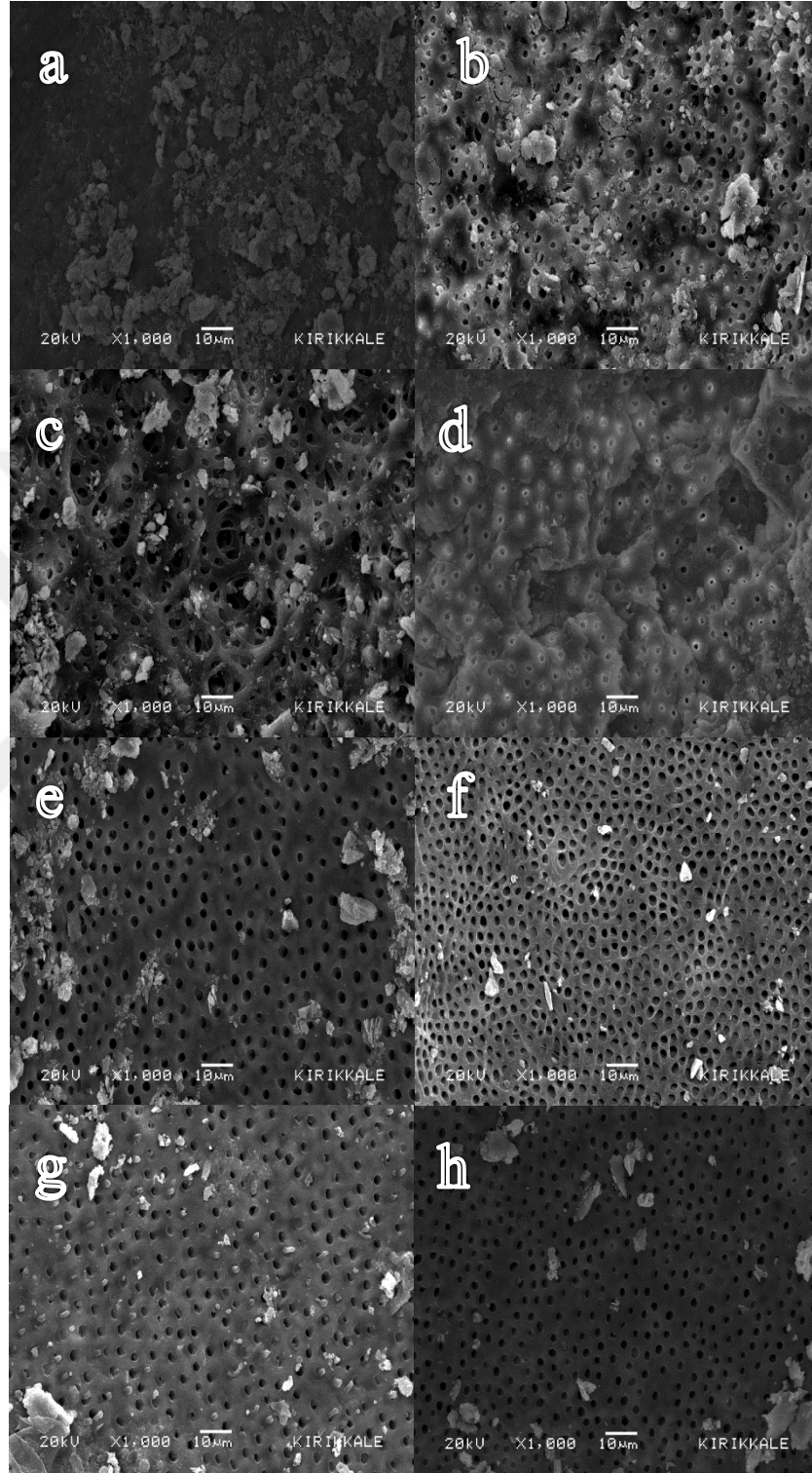
Şekil 3.26 Grupların Apikal Bölgelerine Ait Görüntüler a) Grup 1A, b) Grup 1B, c) Grup 1C, d) Grup 1D, e) Grup 2A, f) Grup 2B, g) Grup 2C, h) Grup 2D

Tüm grupların orta bölgelerinden alınan x1000 büyütmedeki SEM görüntüleri Şekil 3.27’de görülmektedir.



Şekil 3.27 Grupların Orta Bölgelerine Ait Görüntüler a) Grup 1A, b) Grup 1B, c) Grup 1C, d) Grup 1D, e) Grup 2A, f) Grup 2B, g) Grup 2C, h) Grup 2D

Tüm grupların koronal bölgelerinden alınan x1000 büyütmedeki SEM görüntüleri Şekil 3.28’de görülmektedir.



Şekil 3.28 Grupların Koronal Bölgelerine Ait Görüntüler a) Grup 1A, b) Grup 1B, c) Grup 1C, d) Grup 1D, e) Grup 2A, f) Grup 2B, g) Grup 2C, h) Grup 2D

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Klinik olarak geleneksel endodontik tedavilerde kök kanallarının şekillendirilmesi, temizlenmesi ve tamamen dekontamine edilmesi amacıyla endodontik enstrümanların yanı sıra irrigasyon solüsyonları kullanılır. Kök kanallarının irrigasyonu için distile su, NaOCl, EDTA, hidrojen peroksit, klorheksidin gibi solüsyonların yanı sıra antibiyotik, demineralize edici ve deterjan içeren MTAD ve şelasyon ajanı, antimikrobiyal ajan, sürfaktan ve deiyonize su içeren QMix gibi karışımlar da kullanılmaktadır.

Ancak var olan irrigasyon solüsyonlarının hiç birinin tek başına kullanılmasıyla kök kanalındaki debris ve mikroorganizmaların tamamen uzaklaştırılması mümkün olamamaktadır. Bu durum kök kanal anatomisinin karmaşıklığından ve bilinen alışılmış irrigasyon solüsyonlarının lateral kanallara ve apikal dallanmalara penetre olamamasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle irrigasyon solüsyonlarının kök kanal sistemine dağıtımını iyileştirecek uygulama ve teknolojiler geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur.

Son yıllarda irrigasyon prosedürlerindeki güncel yaklaşımlardan biri de kök kanallarında solüsyonların aktive edilerek uygulanmasıdır. Bu amaçla irrigasyon solüsyonunun şırınga veya gütta perka konularla manuel olarak aktive edilmesi, endodontik fırçaların kanallarda kullanılması gibi yöntemler uygulanmıştır (Al-Hadlaq ve ark. 2006, Desai ve Himel 2009, Jiang ve ark. 2012). Ek olarak, titreşim yaratarak etki eden sonik ve ultrasonik sistemler kullanılmıştır. Irrigasyon solüsyonunun ultrasonik cihazlarla aktive edilmesi ilk kez Martin ve ark. tarafından gerçekleştirilmiştir (Martin 1976). EndoVac da kök kanalının apikalinde negatif basınç oluşturma prensibine dayanan bir cihaz olarak endodontide kullanılmaktadır. Weller ve ark. irrigasyon solüsyonunun aktivasyonunun organik ve inorganik debrisin kök kanallarından uzaklaştırılmasında etkili olduğunu bildirmişlerdir (Weller ve ark. 1980). Ayrıca, irrigasyon solüsyonunun aktivasyonunun kök kanallarında akış dinamiği sağlayarak mekanik olarak temizleme etkinliğini arttırdığını rapor eden çalışmalar mevcuttur (Jiang ve ark. 2010, Macedo ve ark. 2010).

Lazerler, yeni geliştirilen teknolojilerden biri olarak, 1970'li yılların başından bu yana endodontide kullanılmaya başlanmış (Weichman ve Johnson 1971, Pini ve ark. 1989, Shirasuka ve ark. 1990) ve 1990'lı yıllarla birlikte kullanımı daha yaygın hale gelmiştir (Gutknecht ve Behrens 1991, Myers 1991, Stabholz ve ark. 1992) Kavite preparasyonları, pulpa kaplama, kanal dezenfeksiyonu ve irrigasyon solüyonlarının aktivasyonu lazerlerin endodontideki kullanım alanları arasındadır. Lazer aktivasyonunun irrigasyon solüsyonlarının etkinliğini arttırdığı öne sürülmüştür (Gu ve ark. 2009a). Çeşitli çalışmalarda sıkça kullanılan irrigasyon solüsyonlarının lazer ile aktivasyonunun geleneksel teknikler ve ultrasonikle kıyaslandığında debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında istatistiksel olarak önemli ölçüde daha etkin olduğu görülmüştür (George ve ark. 2008, De Moor ve ark. 2010).

Endodontide kullanıma sunulan lazerler bugüne kadar pek çok farklı parametre ve teknikle kullanılmıştır. Literatürde lazerlerin soğutucu eşliğinde ya da soğutucu olmadan doğrudan kök kanalına uygulandığı, kök kanallarında bulunan distile su, NaOCl ya da EDTA gibi solüsyonları aktive ederek kullanılmasını inceleyen çalışmalar bulunmaktadır (Hasheminia ve ark. 2012, Kalyoncuoglu ve Demiryurek 2013, Ashraf ve ark. 2014, Akyuz Ekim ve Erdemir 2015, Sahar-Helft ve ark. 2015). Distile su ile NaOCl ve EDTA solüsyonlarının lazerlerle aktive edildiğinde smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin karşılaştırılarak incelendiği bir çalışma bulunmamaktadır. Böylece, distile suyun farklı lazerlerle aktive edildiğinde smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin ve klinik pratiğinde sıklıkla kullanılan NaOCl ve EDTA solüsyonlarının lazer aktivasyonu sonucu smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerinin kök kanallarının farklı bölgelerini de göz önünde bulundurarak karşılaştırılması ve değerlendirilmesi literatüre katkı sunabileceği düşünülerek böyle bir çalışma planlanmıştır.

Çalışmamızda smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin değerlendirilmesinde kullanılan mandibular premolar dişler düz bir kök kanal morfolojisine sahip olmaları ve daha önce yapılmış benzer çalışmalarla kıyaslanabilirliğin mümkün olması nedeniyle tercih edilmiştir. Tüm dişlerden radyografiler elde edilerek kök kanalının uygun preparasyonunu önleyebilecek kalsifikasyonlu veya geniş kök kanalına sahip olan dişler çalışmamıza dâhil edilmemiştir. Bu çalışmada kök kanallarının, *in vivo* koşullara benzer koşulların oluşturulması amacıyla, Tay ve ark.'ın tanımlamış olduğu

kök ucunun yumuşak mumla kapatılmasıyla elde edilen kapalı kök kanal modeli kullanılmıştır (Tay ve ark. 2010).

Kök kanallarındaki temizleme etkinliğinin apikal kısımdaki preparasyonun genişliği ile arttığı belirtilmiştir (Usman ve ark. 2004). Violich ve Chandler, lazer yardımıyla smear tabakasının uzaklaştırılmasında temel engelin lazer ucunun dar kanal boşluğuna sınırlı ulaşımı olduğunu belirtmişlerdir (Violich ve Chandler 2010). Kullandığımız aktivasyon tekniklerini optimum seviyede karşılaştırmak, çalışmamızla benzer materyal ve metodların kullanıldığı diğer araştırmalarla (Michiels ve ark. 2010, Ulusoy ve Gorgul 2013, Arslan ve ark. 2014, Akyuz Ekim ve Erdemir 2015, Alhadi ve ark. 2016, Arslan ve ark. 2016, Ayranci ve ark. 2016) kıyaslanabilirlik sağlanması ve kullanılan irrigasyon solüsyonlarının kök kanallarına yeterince temas edebilmesi amacıyla, ek olarak lazer ucunun apikal bölgeye ulaşımını kolaylaştıracak ve aktivasyonuna izin verecek şekilde kök kanalları ProTaper F4 (40/0.6) numaralı eğeye kadar genişletilmiştir.

Yamashita ve ark. farklı irrigasyon solüsyonlarının birlikte kullanımının smear tabakasına etkisini inceledikleri çalışmada en etkili sonuçların %2.5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA solüsyonlarının birlikte kullanılmasıyla elde edildiğini bildirmişlerdir (Yamashita ve ark. 2003). Literatürde %2.5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA solüsyonlarının birlikte kullanımının kök kanallarındaki smear tabakasını uzaklaştırmada etkin konsantrasyonlar olduğu bildirilmiştir (Menezes ve ark. 2003, Vasconcelos ve ark. 2007, Goel ve Tewari 2009). Bundan dolayı, çalışmamızda literatürle uyumlu olarak %2.5 NaOCl ve %17 EDTA kullanılmıştır.

Teixeira ve ark. EDTA ve NaOCl ile kök kanallarının 1, 3 ve 5 dakika irrigasyonunun kanal duvarlarındaki smear tabakasının uzaklaştırılmasında eşit derecede etkin olduğunu rapor etmişlerdir (Teixeira ve ark. 2005). NaOCl ve EDTA solüsyonlarının kök kanalında uygulama süresi arttıkça dentin yüzeyinde erozyona neden olma olasılığının da arttığını belirten çalışmalar mevcuttur (Calt ve Serper 2002, Niu ve ark. 2002). Çalt ve Serper kök kanalında %17'lik EDTA kullanım süresinin 1 dakikayı aşmaması gerektiğini bildirmişlerdir (Calt ve Serper 2002). Çalışmamızda önceki çalışmaların sonuçlarına dayanarak %2.5 NaOCl ve %17 EDTA solüsyonları

için 40'ar saniye uygulama süresi belirlenmiş ve benzer çalışmalarla uyumlu olarak erozyon bulgusuna rastlanmamıştır.

Ayrancı ve ark. 0.3 W, 15 Hz ve 20 mJ parametreleri ile Er:YAG lazer kullanılarak PIPS tekniği ile NaOCl ve EDTA solüsyonlarının aktivasyonu sonucu, aynı solüsyonların ultrasonik ile aktivasyonuna kıyasla smear tabakasının hem orta hem de apikal bölgede daha etkin bir biçimde uzaklaştırılabildiğini bildirmişlerdir (Ayrancı ve ark. 2016). Akyüz Ekim ve Erdemir Er:YAG lazerle aynı parametreleri kullanarak NaOCl ve EDTA solüsyonlarını aktive ettiklerinde PUI ve Nd:YAG lazere kıyasla smear tabakasının uzaklaştırılması açısından daha verimli sonuç elde ettiklerini belirtmişlerdir (Akyuz Ekim ve Erdemir 2015). Literatürdeki pek çok çalışmada bu parametrelerin PIPS tekniği ile birlikte kullanıldığı görülmektedir (DiVito ve ark. 2012, Zhu ve ark. 2013, Arslan ve ark. 2014, Turkel ve ark. 2017). Çalışmamızda daha önceki çalışmaların sonuçları ve üretici firmanın önerileri dikkate alınarak Er:YAG lazerin PIPS tekniği ile kullanıldığı gruplarda çalışma parametreleri 0.3 W, 15 Hz, 20 mJ olarak belirlenmiştir.

He ve ark. Nd:YAG lazerin kök kanal yüzeylerindeki termal ve morfolojik etkilerini incelemiştir. Hem etkinlik hem de güvenlik göz önünde bulundurulduğunda 2.0 W ve 20 Hz parametrelerinin Nd:YAG ile kök kanal tedavisinde sınır değerler olduğunu belirten araştırmacılar, daha yüksek güç seviyelerinde dentinde erime ve rekristalizasyon gibi termal yan etkiler, mikro-çatlak ve fissür oluşumu gibi morfolojik değişimler meydana gelebileceğini bildirmişlerdir (He ve ark. 2009). Sathe ve ark. farklı aktivasyon yöntemlerinin smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında Nd:YAG lazer ile 1.5 W ve 15 Hz parametrelerini kullanmışlar ve Nd:YAG ile geleneksel manuel aktivasyon yöntemine göre daha etkin sonuç elde edildiğini bildirmişlerdir (Sathe ve ark. 2014). Literatürdeki başka pek çok çalışmada Nd:YAG lazer uygulamalarında bu parametreler kullanılmıştır (Michiels ve ark. 2010, Wen ve ark. 2010, Akyuz Ekim ve Erdemir 2015). Çalışmamızda Nd:YAG lazer benzer çalışmalardaki güvenli ve etkin olarak kabul edilen parametreler dikkate alınarak 1.5 W ve 15 Hz ile apikal foramenden kanal ağzına doğru kesintisiz dairesel olarak hareket ettirilerek kullanılmıştır.

Er,Cr:YSGG lazerlerin farklı güç parametreleriyle (1-6 W) kullanıldıklarında dentin duvarlarındaki etkileri incelenmiştir. Yüksek güçte (4 W üzerinde) erbium lazerin dentin duvarlarında çatlaklar ve karbonizasyonlara neden olduğu görülmüştür. Ek olarak, bir soğutucunun olmadığı durumlarda 1 W ile erbium lazer kullanımının da çatlak ve karbonizasyona neden olabileceği bildirilmiştir (Yamazaki ve ark. 2001). Bolhari ve ark. 1.5 W çıkış gücü ve 20 Hz frekans ile Er,Cr:YSGG lazer distile suyun aktivasyonu için kullanıldığında, koronal ve orta üçlüde apikale göre daha başarılı olmak üzere NaOCl ve EDTA ile geleneksel irrigasyonla benzer derecede smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğine sahip olduğunu göstermişlerdir. Bu durumun lazer ışınının ya da irrigasyon solüsyonunun ulaşamayabileceği apikal bölgedeki aksesuar ve lateral kanal sıklığından kaynaklanabileceğini bildiren araştırmacılar, çıkış gücü 2.5 W olarak belirlendiğinde termal hasarın meydana geldiğini ve smear tabakasını kaldırma etkinliğinin azaldığını ve hatta yüksek çıkış gücünün smear tabakasını oluşturabileceğini belirtmişlerdir (Bolhari ve ark. 2014). Bu çalışmaların yanısıra literatürdeki çeşitli çalışmalarda 1.5 W çıkış gücü ve 20 Hz frekans kullanılmıştır (Schoop ve ark. 2007, Silva ve ark. 2010, Çökük ve ark. 2016). Çalışmamızda önceki çalışmaların sonuçlarına dayanarak bu parametreler belirlenmiştir.

Lazer teknolojilerinin maliyetine rağmen, lazerin bakteri eliminasyonu ve debrisin uzaklaştırılmasına katkısı dikkate değerdir ve lazer uygulamaları endodonti vakalarına tedavi yaklaşımlarında köklü değişikliklere neden olabilir. Ayrıca güncel eğilimin daha koruyucu kanal preparasyonu ve tek enstrüman tekniklerine yönelmesi irrigasyon iğnesi ile kanal dezenfeksiyonunda iğnenin apikal bölgeye yeterli hacimde irrigasyon solüsyonu dağıtamamasına rağmen, kök kanallarının fazlaca genişletilme ihtiyacı PIPS teknolojisi sayesinde aşılabılır görünmektedir (DiVito ve Lloyd 2012). Ek olarak, PIPS teknolojisinin derin ve uzaktan etki gösterebilmesi fiber ucun kök kanalına yerleştirilme ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Fiber ucun apikalden 1 mm ya da 5 mm uzakta yerleştirilmesini gerektiren geleneksel lazer tekniklerinden farklı olarak (De Moor ve ark. 2009), PIPS kanal ağızlarından fotoakustik dalgaların yayılmasına olanak tanıyarak pulpa odasının sadece koronal kısmına yerleştirilerek uygulanması önerilmektedir. Koch ve ark. PIPS tekniğinin ultrasonik aktivasyona kıyasla daha yüksek hızda sıvı akışını indüklediğini belirtmişlerdir (Koch ve ark.

2016). Çalışmamızda bu veriler ve koşullar göz önünde bulundurularak Er:YAG lazer 300 µm PIPS uçları kök kanalının koronal kısmına yerleştirilerek kullanılmıştır.

Farklı lazer sistemleri ve parametrelerin kullanımının yanı sıra, kök kanalının genişletilmesi ve şekillendirilmesinde, apikal preparasyonda ve ucun kanalda konumlandırılmasındaki farklılıklar lazer ile irrigasyon solüsyon aktivasyonunun etkinliği ve güvenliği ile ilişkili koşullardır (Olivi ve De Moor 2016). George ve Walsh, gerçekleştirdikleri *in vitro* çalışmada ISO#20 genişliğinde apikal konstrüksiyona sahip örneklerde aynı lazer sistemi, fiber tasarımı ve apikalden uzaklığa sahip dişlerde ISO#15 genişliğinde apikal konstrüksiyona sahip dişlere kıyasla üç kat artmış boya ekstrüzyonu meydana geldiğini bulmuşlardır (George ve Walsh 2008). Bu bulgulara dayanarak apikaldeki preparasyonun genişliğinin ekstrüzyon ihtimalini arttırdığı düşünülebilir ve fiberlerin kök kanalının içerisine yerleştirilme ve ilişkili olarak preparasyon boyutunun artırılma ihtiyacını azaltan PIPS tekniği daha güvenli bir seçim olabilir.

Da Costa Lima ve ark. farklı irrigasyon aktivasyon tekniklerini EDTA'ı aktive ederek kıyasladıkları çalışmalarında 320 µm fiber yardımıyla uygulanan Nd:YAG lazerin, manuel dinamik aktivasyon ve CanalBrush yöntemlerine göre istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha etkin bir biçimde smear tabakasını uzaklaştırabildiğini bildirmişlerdir (da Costa Lima ve ark. 2015). Ayrıca literatürdeki çeşitli çalışmalarda aynı fiberin Nd:YAG lazer ile kullanıldığı görülmektedir (Zhang ve ark. 1998, Akyuz Ekim ve Erdemir 2015, Keles ve ark. 2016). Çalışmamızda da belirtilen çalışmalarla aynı şekilde Nd:YAG lazer ile birlikte 320 µm fiber uç kullanılmıştır.

Schoop ve ark. SEM incelemesi sonucunda Er,Cr:YSGG lazerin radial-firing fiber ile uygulandığında smear tabakasını ve debris kök kanal duvarlarından uzaklaştırabildiğini ve dentin tübüllerinin ağızlarını açabildiğini belirtmişlerdir. Lazerin su spreyi olmadan kullanılmasına rağmen erime ya da çatlama işareti olmaksızın, kök kanal duvarlarında oldukça homojen bir etkiye sahip olduğunu gözlemleyen araştırmacılar, ışının genişleyerek yayılmasını sağlayan fiber ucun geometrisinin kök kanal duvarlarına daha yüksek enerji dağıtımını sağladığı sonucuna varmışlardır (Schoop ve ark. 2009). Bu fiber ucun literatürde başka çalışmalarda da kullanıldığı görülmektedir (Martins ve ark. 2013, Peeters ve ark. 2015). Çalışmamızda

da bu çalışmada kullanılan fiber uca benzer özellikler taşıyan 320 µm RFT3 fiber uç kullanılmıştır.

Matsuoka ve ark. irrigasyon solüsyonunun taşmasının engellenebilmesi için 200 ya da 320 µm fiberlerin anatomik apekten 2-3 mm uzakta konumlandırılmasını önermişlerdir (Matsuoka ve ark. 2005). Ancak bu *in vitro* olarak planlanmış ve lazerlerle kanal preparasyonu yapılmasıyla ilgili bir çalışmadır. *İn vivo* ortamda fiberlerin çalışma boyuna daha yakın olarak kullanılması ve preparasyon amacı ile değil de irrigasyon aktivasyonu için kullanılması bu durumu değiştirebilir. Buna ilaveten Michiels ve ark. NaOCl'in Nd:YAG lazer ile aktive edildiğinde smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin ancak fiberin kök kanal duvarlarına teması halinde mümkün olduğunu ve çalışma uzunluğundan 1 mm geriye yerleştirilen fiber ile periodontal hasarın önlenebildiğini bildirmişlerdir (Michiels ve ark. 2010). Çalışmamızda hem Er,Cr:YSGG lazer hem de Nd:YAG lazer kullanımında fiberler çalışma uzunluğundan 1 mm kısa olarak konumlandırıldıktan sonra kanal ağzına doğru kesintisiz dairesel hareketlerle uygulanmıştır.

Deleu ve ark. farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin kronları kesilmiş dişlerin kök kanal duvarlarından smear tabakasının uzaklaştırılmasındaki etkinliğini incelemişler ve Er:YAG lazerin geleneksel kök kanallarına yerleştirilen düz sonlu fiber uçla kullanımının PIPS ucu ile kullanıma göre daha etkin sonuç verdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, araştırmacılar lazer ile aktive edildiğinde her atımda irrigasyon solüsyonunun kanaldan dışarı taşıdığını ve kanal girişinde 4 sn sonunda irrigasyon solüsyonunun kalmadığını bildirmişlerdir (Deleu ve ark. 2015). Bu durumun, ilgili çalışmada kronların uzaklaştırılması ve PIPS ucun kullanımında irrigasyon solüsyonu için rezervuarın bulunmayışının sonucu olduğu Olivi ve ark. tarafından bildirilmiştir (Olivi ve ark. 2016). Bu nedenle, çalışmamızda kronlar uzaklaştırılmadan, geleneksel giriş kavite preparasyonları gerçekleştirilmiştir ve deney sırasında irrigasyon solüsyonunun 5 saniye sonunda kanal girişinde hala bulunduğu gözlenmiştir. Kök uçlarını yumuşak mumla kapatarak elde ettiğimiz kapalı kök kanal modeli bu sonuca neden olan bir başka etken olabilir.

Birçok araştırmacı SEM cihazının sağladığı görüntüler ile kök kanal dentinini incelemenin güvenilir bir yöntem olduğunu bildirmiştir (Ram 1980, Bitter 1989b,

Baumgartner ve Cuenin 1992, Alapati ve ark. 2005). Bu yöntemin kök kanallarının farklı yöntemlerle preparasyonu ve irrigasyonu sonrası smear tabakasının uzaklaştırılma etkinliğinin incelenmesinde sıklıkla kullanılan bir metod olduğu söylenebilir (Hulsmann ve ark. 1997, Takeda ve ark. 1998, Torabinejad ve ark. 2003). Çalışmamızda da farklı irrigasyon tekniklerinin smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerinin incelenmesinde SEM cihazı ve SEM cihazından elde edilen görüntüler kullanılmıştır. Ayrıca, çalışmamızda farklı büyütmelede SEM görüntüleri elde edilmesine rağmen daha önceki birçok çalışmada olduğu gibi (Zhu ve ark. 2013, Sahar-Helft ve ark. 2015, Arslan ve ark. 2016, Turkel ve ark. 2017), gözlemciler tüm gözlemlerini ve skorlamalarını x1000 büyütmedeki SEM görüntüleri üzerinde gerçekleştirmişlerdir.

Smear tabakasının uzaklaştırılmasını konu alan pek çok çalışmada zaman aralıklarıyla skorlamayı gerçekleştiren gözlemcilerin kendi gözlemleri ve gözlemciler arası uyum Kappa istatistiği kullanılarak değerlendirilmiştir (Akyuz Ekim ve Erdemir 2015, da Costa Lima ve ark. 2015, Deleu ve ark. 2015, Alhadi ve ark. 2016). Çalışmamızda iki gözlemcinin değerlendirmeleri arasındaki uyumun % 93, birinci gözlemcinin iki ayrı zaman diliminde yapmış olduğu skorlamaların kendi içindeki uyumunun % 96, ikinci gözlemcinin ise % 95 olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar hem gözlemcilerin farklı zamanlarda yaptıkları gözlemler ve değerlendirmeler arasındaki uyumu hem de iki gözlemci arasındaki uyumu göstermektedir.

Çalışmamız sonucunda, iki farklı irrigasyon solüsyonu kullanılan gruplar değerlendirildiğinde, NaOCl ve EDTA kullanılan grupta sadece distile su kullanılan gruba kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha az smear tabakası gözlemlenmiştir. Farklı ülkelerde gerçekleştirilen anket sonuçlarında NaOCl'in endodontide en sık kullanılan irrigasyon solüsyonu olduğu belirtilmektedir (Dutner ve ark. 2012, Gopikrishna ve ark. 2013, Willershausen ve ark. 2015). Torabinejad ve ark. son irrigasyon olarak distile su kullanılan grup ve NaOCl kullanılan grup arasında kök kanallarının yüzeyindeki smear tabakasının kaldırılması açısından anlamlı bir fark bulamadıklarını ancak %5.25 NaOCl ve onu takiben %17 EDTA kullanılan grupta smear tabakasının anlamlı ölçüde daha başarılı olarak uzaklaştırıldığını bildirmişlerdir (Torabinejad ve ark. 2003). NaOCl tek olarak kullanıldığında smear tabakasını tamamen uzaklaştıramamasına rağmen smear tabakasının organik bileşenleri üzerinde

etkili olarak daha sonra EDTA irrigasyonu ile uzaklaştırılabilmesini mümkün kılar (Haapasalo ve ark. 2010). Bu sonuçlar çalışmamızın sonuçlarıyla paraleldir.

Çalışmamızda, bölgeler göz ardı edildiğinde en yoğun smear tabakası sadece distile su kullanılan Grup 1A'da gözlemlendi ve en düşük smear tabakası varlığı ise NaOCl ve EDTA'in lazerlerle aktive edilen gruplarda (Grup 2B, 2C, 2D) gözlemlenmiştir. Divito ve ark. smear uzaklaştırma etkinliklerini inceledikleri çalışmaları sonucunda en fazla miktarda smear tabakasının kök kanallarının aktivasyon yapılmadan sadece distile su ile irrig edildiği grupta, en düşük smear tabakası miktarının ise kanal preparasyonu sırasında NaOCl kullanımını takiben %17 EDTA solüsyonunun Er:YAG lazer ile aktive edildiği grupta gözlemlendiğini belirtmişlerdir (DiVito ve ark. 2012).

Bu çalışmada distile suyun lazerlerle aktive edildiği gruplarla (Grup 1B, 1C, 1D) NaOCl ve EDTA kullanılan ve aktive edilmeyen grup (Grup 2A) arasında smear tabakasını uzaklaştırma açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı. Lazer aktivasyonu olmaksızın EDTA ve NaOCl irrigasyonu ve farklı gruplarda farklı parametrelerle distile su Er,Cr:YSGG lazerle aktive edilerek smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği karşılaştırıldığında, sonuç olarak distile suyun 1.5 W güçte Er,Cr:YSGG lazer kullanılarak aktivasyonunun EDTA ve NaOCl irrigasyonu ile istatistiksel olarak benzer etkinliğe sahip olduğu belirtilmiştir (Bolhari ve ark. 2014). Çalışmamızın sonuçları bu çalışmanın sonuçlarıyla uyumludur.

Bu çalışmada NaOCl ve EDTA'in lazerlerle aktive edildiğinde smear tabakası uzaklaştırılmasının diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha iyi olduğu bulunmuştur. NaOCl ve EDTA'in farklı lazerlerle aktive edilmesi arasında ise anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Wang ve ark. NaOCl ve EDTA solüsyonlarını Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerlerle aktive ettiklerinde smear tabakasının uzaklaştırılması açısından benzer etkinliğe sahip olduklarını belirtmişlerdir (Wang ve ark. 2017). Bu çalışmanın sonuçları çalışmamızın sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Çalışmamız sonucunda distile su ve NaOCl ile EDTA kullanılan gruplar kendi içlerinde değerlendirildiğinde irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin aktivasyon yapılmayan yöntemlere göre tamamının smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkin

olduğu, ancak bu aktivasyon yöntemlerinin benzer etkinliğe sahip olduğu görülmüştür. Arslan ve ark. QMix solüsyonu Er:YAG lazer ile aktive edildiğinde aktive edilmeyen gruba göre ve distile su Er:YAG lazer ile aktive edildiğinde yine aktive edilmeyen gruba göre smear tabakasının uzaklaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır. Bu çalışmanın sonuçları, lazer aktivasyonunun farklı irrigasyon solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğine etkisi açısından çalışmamızın sonuçları ile çelişmektedir (Arslan ve ark. 2016). Bu çelişkinin nedeni Arslan ve ark.larının çalışmasında dişin koronal bölgesinin uzaklaştırılmasına ve iki çalışma arasındaki farklı aktivasyon sürelerine (80-60 sn) bağlı olabilir. Wang ve ark. NaOCl ve EDTA'in farklı lazerlerle aktive edildiğinde aktive edilmeyen NaOCl ve EDTA grubuna göre smear tabakasını istatistiksel olarak daha iyi uzaklaştırdığını bildirmişlerdir (Wang ve ark. 2017). Akyüz Ekim ve Erdemir NaOCl ve EDTA solüsyonların farklı lazerle aktive ettiklerinde aktive edilmeyen gruba göre smear tabakasının uzaklaştırılmasının istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha iyi olduğunu ancak farklı lazer aktivasyonları arasında fark bulunmadığını bildirmişlerdir (Akyuz Ekim ve Erdemir 2015). Bu çalışmaların sonuçları bizim çalışmamızla uyumludur.

Çalışmamızda kullanılan irrigasyon solüsyonları gözardı edildiğinde sadece bölgelerdeki smear tabakası uzaklaştırma etkinliği incelendiğinde, koronal ve orta bölgelerde apikal bölgeden daha etkin smear tabakasının uzaklaştırılabildiği, bununla birlikte orta ve koronal bölgelerde smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin benzer olduğu görülmüştür. İrrigasyon aktivasyonunun söz konusu olmadığı bir çalışmada EDTA ile NaOCl kullanılan grup ve sitrik asit ile NaOCl kullanılan gruplarda çoğu örnekte koronal ve orta bölgelerde smear tabakasının gözlenmediğini ancak iki grupta da apikal bölgelerde orta derecede smear tabakasının bulunduğu belirtilmiştir (Khedmat ve Shokouhinejad 2008). Başka bir çalışmada Smear Clear'ın EndoActivator ve Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği deney gruplarında, koronal ve orta bölgelerde apikal bölgeye kıyasla smear tabakasının daha etkin uzaklaştırılabildiği belirtilmiştir (Madhusudhana ve ark. 2016). Bu durumun orta ve koronal bölgelerde kanal çapının daha geniş olması, dolayısıyla kanalda dolaşan irrigasyon solüsyonu hacminin bu bölgelerde daha fazla olmasının orta ve koronal bölgedeki dentinin daha çok irrigasyona maruz kalmasına neden olmasından kaynaklanabileceğini belirten çalışmalar mevcuttur (Yang ve ark. 2008, Garip ve ark. 2010, Akyuz Ekim ve Erdemir

2015). Bu çalışmalarda farklı bölgelerdeki smear uzaklaştırma etkinliği sonuçları çalışmamızın sonuçları ile uyumludur.

Çalışmamızda koronal bölgelerde en yoğun smear tabakası sadece distile su kullanılan grup 1A'da gözlemlenmekle birlikte diğer gruplar arasında koronal bölgedeki smear tabakalarının uzaklaştırılması açısından benzer etkinlik gözlemlenmiştir. Sadece NaOCl ve EDTA kullanılan, NaOCl ve EDTA'ın iki farklı lazer ile aktive edildiği bir çalışmada koronal bölgeler incelendiğinde smear skorları açısından istatistiksel olarak fark bulunmadığı bildirilmiştir (Wang ve ark. 2017). Akyüz Ekim ve Erdemir NaOCl ve EDTA'ın iki farklı lazer ve üç farklı fiber uç ile aktive edildiği çalışmalarının sonucunda koronal bölgelerdeki smear skorları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir (Akyuz Ekim ve Erdemir 2015). Yapılan farklı çalışmalarda da koronal bölgelerde smear tabakasının uzaklaştırılması açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir (Barbakow ve ark. 1999, Arslan ve ark. 2016). Bu çalışmaların sonuçları çalışmamızın sonuçlarıyla uyum göstermektedir.

Çalışmamızda kök kanallarının orta bölgelerinde en yoğun smear tabakası sadece distile suyun kullanıldığı ve aktivasyonun yapılmadığı grupta gözlemlenmiş ve bu bölgede smear tabakasının en fazla PIPS tekniği ile NaOCl ile EDTA'ın aktive edildiği grupta (Grup 2B) uzaklaştırılabildiği görülmüştür. Bu grup ile NaOCl ve EDTA kullanılan diğer gruplar (Grup 2A, 2C, 2D) ve distile suyun Er,Cr:YSGG lazerle aktive edildiği grup (Grup 1D) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Benzer şekilde Akyüz Ekim ve Erdemir orta bölgelerdeki en düşük smear skorlarının NaOCl ve EDTA'ın Er:YAG lazerle aktive edildiği grupta gözlemlendiğini bildirmişlerdir (Akyuz Ekim ve Erdemir 2015). Başka bir çalışmada da NaOCl ve EDTA solüsyonları aktive edilmediği ve Er:YAG lazerle PIPS tekniği kullanılarak aktive edildiğinde köklerin orta bölgelerindeki smear tabakası uzaklaştırılması açısından istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı gösterilmiştir (Turkel ve ark. 2017). Bu çalışmaların sonuçları çalışmamızla benzer sonuçlara sahiptir.

Çalışmamızda apikal bölgelerde en yoğun smear tabakası sadece distile suyun kullanıldığı ve aktivasyonun yapılmadığı grupta gözlemlenmiş, bu bölgede en az

smear tabakası NaOCl ve EDTA'in Er:YAG lazer kullanılarak PIPS tekniği ile aktive edildiği grupta (Grup 2B) izlenirken, bu grup ile diğer NaOCl ve EDTA kullanılan gruplar (Grup 2A, 2C, 2D) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Divito ve ark. bu çalışmayla benzer şekilde apikal bölgede en düşük smear skorlarının NaOCl ve EDTA'in Er:YAG lazerle PIPS tekniği ile aktive edildiği grupta olduğunu bildirmişlerdir (DiVito ve ark. 2012). Benzer şekilde Sathe ve ark. smear tabakasının uzaklaştırılmasında EDTA'in etkinliğinin koronal ve orta bölgelerle sınırlı olduğunu ancak EDTA PIPS tekniği ile aktive edildiğinde apikal bölgede etkinliğin arttığını bildirmişlerdir (Sathe ve ark. 2014). PIPS tekniğinin irrigasyon solüsyonlarının apikal bölgedeki etkinliği artırması bakımından çalışmamız bu çalışmanın sonucuyla uyumludur.

Tüm grupların kendi içindeki bölgeler incelendiğinde sadece distile suyun kullanıldığı Grup 1A, aktivasyon yapılmaksızın NaOCl ve EDTA kullanılan Grup 2A, NaOCl ve EDTA'in PIPS tekniği ile aktive edildiği Grup 2B ve NaOCl ve EDTA'in Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği Grup 2D'de koronal, orta ve apikal bölgeler arasında smear tabakasının uzaklaştırılması açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. İki farklı çalışmada da NaOCl ve EDTA uygulaması sonrasında üç farklı bölge arasında smear tabakasının uzaklaştırılması açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığı görülmüştür (Rodig ve ark. 2010, de Castro ve ark. 2016). Çalışmamızın sonuçları bu çalışmalarla uyumludur. Distile suyun Nd:YAG lazer ile aktive edildiği Grup 1C ve distile suyun Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği Grup 1D'de koronal ve apikal bölgeler arasında smear tabakasının uzaklaştırılması açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken, bu gruplarda koronal ve orta bölgeler ile orta ve apikal bölgeler arasında smear tabakasının uzaklaştırılması açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Distile suyun PIPS tekniği ile aktive edildiği Grup 1B ve NaOCl ve EDTA'in Nd:YAG lazer ile aktive edildiği Grup 2C'de koronal ve orta bölgeler arasında smear tabakasının uzaklaştırılması açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken, bu bölgeler ve apikal bölge arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Akyüz Ekim ve Erdemir NaOCl ve EDTA'in Nd:YAG lazer ile aktive edildiği deney gruplarında çalışmamızla uyumlu olarak koronal ve orta bölgeler arasında smear tabakasının uzaklaştırılması açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığını ancak bu bölgeler ve apikal bölge

arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunduğunu belirtmişlerdir (Akyuz Ekim ve Erdemir 2015). Çalışmamızın sonuçları bu çalışmanın sonuçlarıyla uyumludur.

Sonuç olarak; medikamentlerin ve kök kanal dolgu materyallerinin dentin tübüllerine penetrasyonunun sağlanması ve dolayısıyla daha başarılı bir kanal tedavisinin gerçekleştirilebilmesi için smear tabakasının kök kanallarından uzaklaştırılması gerekmektedir. Şimdiye kadar smear tabakasının uzaklaştırılabilmesi için pek çok materyal ve farklı teknik kullanılmıştır, fakat smear tabakasının tam olarak uzaklaştırılması sağlanamamıştır. Lazer teknolojisinin endodontide kullanılmaya başlanmasıyla lazerlerin irrigasyon solüsyonlarını aktive ederek smear tabakasının uzaklaştırılmasında kullanılması mümkün olmuştur. Farklı lazer tipleri ve irrigasyon solüsyonları ile kök kanallarındaki smear tabakasını uzaklaştırmayı amaçladığımız bu *in vitro* çalışmamızın sınırları içerisinde;

1. Sadece irrigasyon solüsyonları göz önünde bulundurulduğunda NaOCl ve EDTA kombinasyonunun distile suya göre daha etkin olduğu,
2. Farklı lazerler ile aktive edildiğinde distile suyun, aktive edilmeyen NaOCl ve EDTA kadar smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkin olduğu,
3. Lazer aktivasyonunun NaOCl ve EDTA solüsyonlarının smear tabakasının uzaklaştırılmasındaki etkinliklerini önemli ölçüde arttırdığı,
4. Sadece bölgeler göz önüne alındığında, en fazla smear tabakasının apikal bölgede kaldığı,
5. Tüm bölgelerdeki smear tabakasının uzaklaştırılmasında en etkin yöntemin NaOCl ve EDTA solüsyonlarının Er:YAG lazerin PIPS fiber uç ile aktivasyonu ile elde edildiği tespit edilmiştir.

5. 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*,112,407-411.
- ABOU-RASS M, FRANK AL, GLICK DH. (1980) The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. *J Am Dent Assoc*,101,792-794.
- ADIGUZEL O, YIGIT-OZER S, KAYA S, UYSAL I, GANIDAGLI-AYAZ S, AKKUS Z. (2011) Effectiveness of ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) and MTAD on debris and smear layer removal using a self-adjusting file. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,112,803-808.
- AKPATA ES, BLECHMAN H. (1982) Bacterial invasion of pulpal dentin wall in vitro. *J Dent Res*,61,435-438.
- AKTENER BO, BILKAY U. (1993) Smear layer removal with different concentrations of EDTA-ethylenediamine mixtures. *J Endod*,19,228-231.
- AKYUZ EKIM SN, ERDEMIR A. (2015) Comparison of different irrigation activation techniques on smear layer removal: an in vitro study. *Microsc Res Tech*,78,230-239.
- AL-HADLAQ SM, AL-TURAIKI SA, AL-SULAMI U, SAAD AY. (2006) Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: a scanning electron microscopic study. *J Endod*,32,1181-1184.
- AL-JADAA A, PAQUE F, ATTIN T, ZEHNDER M. (2009) Necrotic pulp tissue dissolution by passive ultrasonic irrigation in simulated accessory canals: impact of canal location and angulation. *Int Endod J*,42,59-65.
- AL-OMARI MA, DUMMER PM, NEWCOMBE RG, DOLLER R. (1992) Comparison of six files to prepare simulated root canals. 2. *Int Endod J*,25,67-81.
- AL-ZAND SA, AL-MALIKY M, MAHMOOD AS, AL-KARADAGHY T. (2017) Investigating smear layer removal from root canal surface during irradiated with 940 nm diode laser with different aqueous irrigants. *Int Res J of Dent*,1,7-12.
- ALACAM T. (1987) Scanning electron microscope study comparing the efficacy of endodontic irrigating systems. *Int Endod J*,20,287-294.

- 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*,31,40-43.
- ALHADI D, AL-RAWI NH, JABER FM, AGAH M, SAEED MH. (2016) Smear layer removal and ultramorphological changes of root canal dentin induced by erbium, chromium: Yttrium-scandium-gallium-garnet laser. *J Res Dent*,4,48.
- 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*,32,465-468.
- ANDO N, HOSHINO E. (1990) Predominant obligate anaerobes invading the deep layers of root canal dentin. *Int Endod J*,23,20-27.
- AOKI A, SASAKI KM, WATANABE H, ISHIKAWA I. (2004) Lasers in nonsurgical periodontal therapy. *Periodontol 2000*,36,59-97.
- APEL C, FRANZEN R, MEISTER J, SARRAFZADEGAN H, THELEN S, GUTKNECHT N. (2002) Influence of the pulse duration of an Er:YAG laser system on the ablation threshold of dental enamel. *Lasers Med Sci*,17,253-257.
- 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*,23,504-508.
- ARCORIA CJ, FREDERICKSON CJ, JUDY MM, JENNETT EL, MOTAMEDI M. (1994) Jet-assisted laser tools for tooth preparation. *J Clin Laser Med Surg*,12,153-157.
- 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*,19,85-91.
- ARDILA CN, WU MK, WESSELINK PR. (2003) Percentage of filled canal area in mandibular molars after conventional root-canal instrumentation and after a noninstrumentation technique (NIT). *Int Endod J*,36,591-598.
- ARI H, ERDEMIR A, BELLI S. (2004) Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *J Endod*,30,792-795.
- ARIAS-MOLIZ MT, FERRER-LUQUE CM, ESPIGARES-RODRIGUEZ E, LIEBANA-URENA J, ESPIGARES-GARCIA M. (2008) Bactericidal activity of phosphoric acid,

citric acid, and EDTA solutions against *Enterococcus faecalis*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,106,e84-89.

ARMITAGE GC, RYDER MI, WILCOX SE. (1983) Cemental changes in teeth with heavily infected root canals. *J Endod*,9,127-130.

ARSLAN D, GUNESER MB, DINCER AN, KUSTARCI A, ER K, SISO SH. (2016) Comparison of Smear Layer Removal Ability of QMix with Different Activation Techniques. *J Endod*,42,1279-1285.

ARSLAN H, CAPAR ID, SAYGILI G, GOK T, AKCAY M. (2014) Effect of photon-initiated photoacoustic streaming on removal of apically placed dentinal debris. *Int Endod J*,47,1072-1077.

ARUL PT, JAMES JM, KAREEM SA. (2015) Root canal irrigants and irrigation techniques: a review. *J of Evolution of Med and Dent Sci*,4,4694-4700.

ASHRAF H, ASNAASHARI M, DARMIANI S, BIRANG R. (2014) Smear Layer Removal in the Apical Third of Root Canals by Two Chelating Agents and Laser: A Comparative in vitro Study. *Iran Endod J*,9,210-214.

AYHAN H, SULTAN N, CIRAK M, RUHI MZ, BODUR H. (1999) Antimicrobial effects of various endodontic irrigants on selected microorganisms. *Int Endod J*,32,99-102.

AYRANCI LB, ARSLAN H, AKCAY M, CAPAR ID, GOK T, SAYGILI G. (2016) Effectiveness of laser-assisted irrigation and passive ultrasonic irrigation techniques on smear layer removal in middle and apical thirds. *Scanning*,38,121-127.

BAKER NA, ELEAZER PD, AVERBACH RE, SELTZER S. (1975) Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *J Endod*,1,127-135.

BALLAL NV, YEGNESWARAN PP, MALA K, BHAT KS. (2011) In vitro antimicrobial activity of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on endodontic pathogens. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,112,696-700.

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*,30,837-845.

BARNHART BD, CHUANG A, LUCCA JJ, ROBERTS S, LIEWEHR F, JOYCE AP. (2005) An in vitro evaluation of the cytotoxicity of various endodontic irrigants on human gingival fibroblasts. *J Endod*,31,613-615.

- BAUMGARTNER JC, MADER CL. (1987) A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod*,13,147-157.
- BAUMGARTNER JC, CUENIN PR. (1992) Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod*,18,605-612.
- 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*,10,525-531.
- BERG MS, JACOBSEN EL, BEGOLE EA, REMEIKIS NA. (1986) A comparison of five irrigating solutions: a scanning electron microscopic study. *J Endod*,12,192-197.
- BERGENHOLTZ G. (1974) Micro-organisms from necrotic pulp of traumatized teeth. *Odontol Revy*,25,347-358.
- BERGMANS L, MOISIADIS P, TEUGHELIS 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*,39,547-557.
- BERUTTI E, MARINI R. (1996) A scanning electron microscopic evaluation of the debridement capability of sodium hypochlorite at different temperatures. *J Endod*,22,467-470.
- BEST M, SPRINGTHORPE VS, SATTAR SA. (1994) Feasibility of a combined carrier test for disinfectants: studies with a mixture of five types of microorganisms. *Am J Infect Control*,22,152-162.
- 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*,67,333-337.
- BITTER NC. (1989b) Tannic acid for smear layer removal: pilot study with scanning electron microscope. *J Prosthet Dent*,61,503-507.
- BLANKEN J, DE MOOR RJ, MEIRE M, VERDAASDONK R. (2009) Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study. *Lasers Surg Med*,41,514-519.
- BLANKEN JW, VERDAASDONK RM. (2007) Cavitation as a working mechanism of the Er, Cr: YSGG laser in endodontics: a visualization study. *J Oral Laser Appl*,7,97-106.

- BOLHARI B, EHSANI S, ETEMADI A, SHAFAG M, NOSRAT A. (2014) Efficacy of Er,Cr:YSGG laser in removing smear layer and debris with two different output powers. *Photomed Laser Surg*,32,527-532.
- BOUSIOUKIS C, LAMBRIANIDIS T, KASTRINAKIS E, BEKIAROGLOU P. (2007) Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles. *Int Endod J*,40,504-513.
- BRANNSTROM M, JOHNSON G. (1974) Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: a scanning electron microscopic investigation. *J Prosthet Dent*,31,422-430.
- BRANNSTROM M, NORDENVALL KJ, GLANTZ PO. (1980) The effect of EDTA-containing surface-active solutions on the morphology of prepared dentin: an in vivo study. *J Dent Res*,59,1127-1131.
- BRÄNNSTRÖM M. (1983) Smear layer: pathological and treatment considerations. *Operative dentistry. Supplement*,3,35-42.
- BYSTROM A, SUNDQVIST G. (1985) The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J*,18,35-40.
- CAGNASSO CE, LOPEZ LB, RODRÍGUEZ VG, VALENCIA ME. (2007) Development and validation of a method for the determination of EDTA in non-alcoholic drinks by HPLC. *J Food Compost Anal*,20,248-251.
- CALT S, SERPER A. (2000) Smear layer removal by EGTA. *J Endod*,26,459-461.
- CALT S, SERPER A. (2002) Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod*,28,17-19.
- CAMERON J. (1983) The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *J Endod*,9,289-292.
- CAMERON JA. (1986) The effect of a fluorocarbon surfactant on the surface tension of the endodontic irrigant, sodium hypochlorite. A preliminary report. *Aust Dent J*,31,364-368.
- CAMERON JA. (1987) The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. *J Endod*,13,541-545.

- CAMERON JA. (1988) The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration; SEM study. *Aust Dent J*,33,193-200.
- CAMERON JA. (1995) Factors affecting the clinical efficiency of ultrasonic endodontics: a scanning electron microscopy study. *Int Endod J*,28,47-53.
- CARD SJ, SIGURDSSON A, ORSTAVIK D, TROPE M. (2002) The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J Endod*,28,779-783.
- CARON G. (2007) Cleaning efficiency of the apical millimeters of curved canals using three different modalities of irrigant activation: an SEM study. *Paris: Paris VII University*.
- CENGIZ T, AKTENER BO, PISKIN B. (1990) Effect of dentinal tubule orientation on the removal of smear layer by root canal irrigants. A scanning electron microscopic study. *Int Endod J*,23,163-171.
- 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*,20,228-232.
- CHEUNG GS, STOCK CJ. (1993) In vitro cleaning ability of root canal irrigants with and without endosonics. *Int Endod J*,26,334-343.
- CHOW TW. (1983) Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod*,9,475-479.
- 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*,22,21-28.
- CLAYMAN L, KUO P. (1997) Physical Considerations of Surgical Lasers, In: Lasers in maxillofacial surgery and dentistry, Thieme Medical Publishers. p: 1-9.
- COLUZZI DJ. (2000) An overview of laser wavelengths used in dentistry. *Dent Clin North Am*,44,753-765.
- COLUZZI DJ. (2004) Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dent Clin North Am*,48,751-770, v.
- COLUZZI DJ. (2005) Lasers in dentistry. *Compend Contin Educ Dent*,26,429-435; quiz 436.
- COLUZZI DJ. (2008) An overview of lasers in dentistry. *Alpha Omegan*,101,125-126.

- COLUZZI DJ, CONVISSAR RA. (2004) Lasers in clinical dentistry. *Dent Clin North Am*,48,xi-xii.
- COLUZZI DJ, GOLDSTEIN AJ. (2004) Lasers in dentistry. An overview. *Dent Today*,23,120-122, 124-127.
- CONVISSAR RA. (2004) Lasers in general dentistry. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*,16,165-179.
- COX CF, HAFEZ AA, AKIMOTO N, OTSUKI M, SUZUKI S, TARIM B. (1998) Biocompatibility of primer, adhesive and resin composite systems on non-exposed and exposed pulps of non-human primate teeth. *Am J Dent*,11 Spec No,S55-63.
- CRANE AB. (1920) A practicable root-canal technic Lea & Febiger.
- CUNNINGHAM CJ, SENIA ES. (1992) A three-dimensional study of canal curvatures in the mesial roots of mandibular molars. *J Endod*,18,294-300.
- CUNNINGHAM WT, MARTIN H. (1982) A scanning electron microscope evaluation of root canal debridement with the endosonic ultrasonic synergistic system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*,53,527-531.
- CZONSTKOWSKY M, WILSON EG, HOLSTEIN FA. (1990) The smear layer in endodontics. *Dent Clin North Am*,34,13-25.
- ÇÖKÜK N, KARA E, KAKI D, AYDOĞDU M, SARIDAĞ S. (2016) Influence of the ER, CR: YSGG laser and different irrigation methods on push-out bond strength of fiber post. *J Adhes Sci Technol*,30,1178-1188.
- DA COSTA LIMA GA, AGUIAR CM, CAMARA AC, ALVES LC, DOS SANTOS FA, DO NASCIMENTO AE. (2015) Comparison of smear layer removal using the Nd:YAG laser, ultrasound, ProTaper Universal system, and CanalBrush methods: an in vitro study. *J Endod*,41,400-404.
- DAKIN HD. (1915) On the use of certain antiseptic substances in the treatment of infected wounds. *BMJ*,2,318.
- DE-DEUS G, REIS C, FIDEL S, FIDEL R, PACIORNIK S. (2007) Dentin demineralization when subjected to BioPure MTAD: a longitudinal and quantitative assessment. *J Endod*,33,1364-1368.

- DE CASTRO FP, PINHEIRO SL, DUARTE MA, DUQUE JA, FERNANDES SL, ANCHIETA RB, DA SILVEIRA BUENO CE. (2016) Effect of time and ultrasonic activation on ethylenediaminetetraacetic acid on smear layer removal of the root canal. *Microsc Res Tech*,79,1062-1068.
- DE GROOT S, VERHAAGEN B, VERSLUIS M, WU MK, WESSELINK P, VAN DER SLUIS L. (2009) Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization. *Int Endod J*,42,1077-1083.
- DE MOOR R, MEIRE M. (2014a) Laser activated irrigation. Part 2: does the position of the fiber matters. *Laser*,3,12-14.
- DE MOOR R, MEIRE M. (2014b) High-power lasers in endodontics–fiber placement for laser-enhanced endodontics: in the canal or at the orifice. *J LA&HA*,2014,20-28.
- DE MOOR RJ, BLANKEN J, MEIRE M, VERDAASDONK R. (2009) Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: evaluation of the efficacy. *Lasers Surg Med*,41,520-523.
- 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*,36,1580-1583.
- DEDERICH DN, ZAKARIASEN KL, TULIP J. (1984) Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentin following neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. *J Endod*,10,428-431.
- DELEU E, MEIRE MA, DE MOOR RJ. (2015) Efficacy of laser-based irrigant activation methods in removing debris from simulated root canal irregularities. *Lasers Med Sci*,30,831-835.
- DESAI P, HIMEL V. (2009) Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *J Endod*,35,545-549.
- 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*,33,46-52.
- DIVITO E, LLOYD A. (2012) ER:YAG laser for 3-dimensional debridement of canal systems: use of photon-induced photoacoustic streaming. *Dent Today*,31,122, 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*,27,273-280.

- DIVITO EE, COLONNA MP, OLIVI G. (2011) The photoacoustic efficacy of an Er: YAG laser with radial and stripped tips on root canal dentin walls: an SEM evaluation. *J Laser Dent*,19,156-161.
- DRAKE DR, WIEMANN AH, RIVERA EM, WALTON RE. (1994) Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer. *J Endod*,20,78-82.
- DUTNER J, MINES P, ANDERSON A. (2012) Irrigation trends among American Association of Endodontists members: a web-based survey. *J Endod*,38,37-40.
- EICK JD, WILKO RA, ANDERSON CH, SORENSEN SE. (1970) Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J Dent Res*,49,Suppl:1359-1368.
- ESPOSITO PT, CUNNINGHAM CJ. (1995) A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. *J Endod*,21,173-176.
- EUROPEAN SOCIETY OF ENDODONTOLOGY. (2006) Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J*,39,921-930.
- FABRICIUS L, DAHLEN G, OHMAN AE, MOLLER AJ. (1982) Predominant indigenous oral bacteria isolated from infected root canals after varied times of closure. *Scand J Dent Res*,90,134-144.
- FARINIUK LF, BARATTO-FILHO F, DA CRUZ-FILHO AM, DE SOUSA-NETO MD. (2003) Histologic analysis of the cleaning capacity of mechanical endodontic instruments activated by the ENDOflash system. *J Endod*,29,651-653.
- FLOTTE TJ, DOUKAS AG. (1992) Laser-induced pressure effects, OE/LASE'92, International Society for Optics and Photonics. pp. 295-300.
- GARBEROGLIO R, BRANNSTROM M. (1976) Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Arch Oral Biol*,21,355-362.
- GARBEROGLIO R, BECCE C. (1994) Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*,78,359-367.
- GARIP Y, SAZAK H, GUNDAY M, HATIPOGLU S. (2010) Evaluation of smear layer removal after use of a canal brush: an SEM study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*,110,e62-e66.

- GENCOGLU N, SAMANI S, GUNDAY M. (1993) Evaluation of sealing properties of Thermafil and Ultrafil techniques in the absence or presence of smear layer. *J Endod*,19,599-603.
- GEORGE R, WALSH LJ. (2008) Apical extrusion of root canal irrigants when using Er: YAG and Er, Cr: YSGG lasers with optical fibers: an in vitro dye study. *J Endod*,34,706-708.
- 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*,34,1524-1527.
- GHODDUSI J, ROHANI A, RASHED T, GHAZIANI P, AKBARI M. (2007) An evaluation of microbial leakage after using MTAD as a final irrigation. *J Endod*,33,173-176.
- 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*,108,465-470.
- 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*,52,197-204.
- GOLDMAN M, KRONMAN JH, GOLDMAN LB, CLAUSEN H, GRADY J. (1976) New method of irrigation during endodontic treatment. *J Endod*,2,257-260.
- GOPIKRISHNA V, PARE S, KUMAR AP, NARAYANAN LL. (2013) Irrigation protocol among endodontic faculty and post-graduate students in dental colleges of India: A survey. *J Conserv Dent*,16,394.
- GRANDE NM, PLOTINO G, FALANGA A, POMPONI M, SOMMA F. (2006) Interaction between EDTA and sodium hypochlorite: a nuclear magnetic resonance analysis. *J Endod*,32,460-464.
- GREGORČIČ P, JEZERŠEK M, MOŽINA J. (2012) Optodynamic energy-conversion efficiency during an Er: YAG-laser-pulse delivery into a liquid through different fiber-tip geometries. *J Biomed Opt*,17,0750061-0750069.

- GROSSMAN LLI, OLIET S, DEL RIO CE. (1988) Endodontic practice Lea & Febiger.
- GU LS, KIM JR, LING J, CHOI KK, PASHLEY DH, TAY FR. (2009a) Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod*,35,791-804.
- GU XH, MAO CY, KERN M. (2009b) Effect of different irrigation on smear layer removal after post space preparation. *J Endod*,35,583-586.
- 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*,31,166-170.
- GUTIERREZ JH, GARCIA J. (1968) Microscopic and macroscopic investigation on results of mechanical preparation of root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*,25,108-116.
- GUTKNECHT N, BEHRENS VG. (1991) Instrumentation of root canal walls with Nd-YAG laser. *ZWR*,100,748-750, 752, 755.
- 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*,14,77-80.
- GUTMANN JL. (1993) Adaptation of injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of the dentinal smear layer. *Int Endod J*,26,87-92.
- 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*,33,126-131.
- HAAPASALO M, ORSTAVIK D. (1987) In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *J Dent Res*,66,1375-1379.
- HAAPASALO M, SHEN Y, QIAN W, GAO Y. (2010) Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am*,54,291-312.
- HAFEZ AA, KOPEL HM, COX CF. (2000) Pulpotomy reconsidered: application of an adhesive system to pulpotomized permanent primate pulps. *Quintessence Int*,31,579-589.
- HAFEZ AA, COX CF, TARIM B, OTSUKI M, AKIMOTO N. (2002) An in vivo evaluation of hemorrhage control using sodium hypochlorite and direct capping with a one-or two-

component adhesive system in exposed nonhuman primate pulps. *Quintessence international*,33.

HAGA CS. (1968) Microscopic measurements of root canal preparations following instrumentation. *J Br Endod Soc*,2,41-46.

HAHN F, REYGADAS F. (1951) Demineralization of hard tissues. *Science*,114,462-463.

HAND RE, SMITH ML, HARRISON JW. (1978) Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *J Endod*,4,60-64.

HASHEMINIA SM, BIRANG R, FEIZIANFARD M, NASOURI M. (2012) A Comparative Study of the Removal of Smear Layer by Two Endodontic Irrigants and Nd:YAG Laser: A Scanning Electron Microscopic Study. *ISRN Dent*,2012,620951.

HE H, YU J, SONG Y, LU S, LIU H, LIU L. (2009) Thermal and morphological effects of the pulsed Nd:YAG laser on root canal surfaces. *Photomed Laser Surg*,27,235-240.

HEARD F, WALTON RE. (1997) Scanning electron microscope study comparing four root canal preparation techniques in small curved canals. *Int Endod J*,30,323-331.

HEGGERS JP, SAZY JA, STENBERG BD, STROCK LL, MCCAULEY RL, HERNDON DN, ROBSON MC. (1991) Bactericidal and wound-healing properties of sodium hypochlorite solutions: the 1991 Lindberg Award. *J Burn Care Rehabil*,12,420-424.

HESS W, ZÜRCHER E, DOLAMORE WH. (1925) The anatomy of the root-canals of the teeth of the permanent dentition J. Bale, sons & Danielsson, ltd.

HORIBA N, MAEKAWA Y, MATSUMOTO T, NAKAMURA H. (1990) A study of the distribution of endotoxin in the dentinal wall of infected root canals. *J Endod*,16,331-334.

HOTTEL TL, EL-REFAI NY, JONES JJ. (1999) A comparison of the effects of three chelating agents on the root canals of extracted human teeth. *J Endod*,25,716-717.

HULSMANN M, HAHN W. (2000) Complications during root canal irrigation--literature review and case reports. *Int Endod J*,33,186-193.

HULSMANN M, RUMMELIN C, SCHAFERS F. (1997) Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endod*,23,301-306.

- HULSMANN M, HECKENDORFF M, LENNON A. (2003a) Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J*,36,810-830.
- HULSMANN M, GRESSMANN G, SCHAFERS F. (2003b) A comparative study of root canal preparation using FlexMaster and HERO 642 rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J*,36,358-366.
- 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*,31,242-250.
- INGLE JI, TAINTOR J. (1985) Endodontics Lea & Febiger, Philadelphia.
- IRALA LE, GRAZZIOTIN-SOARES R, SALLES AA, MUNARI AZ, PEREIRA JS. (2010) Dissolution of bovine pulp tissue in solutions consisting of varying NaOCl concentrations and combined with EDTA. *Braz Oral Res*,24,271-276.
- JENSEN SA, WALKER TL, HUTTER JW, NICOLL BK. (1999) Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod*,25,735-738.
- JIANG LM, VERHAAGEN B, VERSLUIS M, VAN DER SLUIS LW. (2010) Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *J Endod*,36,143-146.
- JIANG LM, LAK B, EIJSVOGELS LM, WESSELINK P, VAN DER SLUIS LW. (2012) Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. *J Endod*,38,838-841.
- JOHNSON BR, REMEIKIS NA. (1993) Effective shelf-life of prepared sodium hypochlorite solution. *J Endod*,19,40-43.
- KAHN FH, ROSENBERG PA, GLIKSBERG J. (1995) An in vitro evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonic and subsonic handpieces and irrigating needles and probes. *J Endod*,21,277-280.
- KAKEHASHI S, STANLEY HR, FITZGERALD RJ. (1965) The Effects of Surgical Exposures of Dental Pulp in Germ-Free and Conventional Laboratory Rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*,20,340-349.
- KALYONCUOGLU E, DEMIRYUREK EO. (2013) A comparative scanning electron microscopy evaluation of smear layer removal from teeth with different irrigation solutions and lasers. *Microsc Microanal*,19,1465-1469.

- KEIR DM, SENIA ES, MONTGOMERY S. (1990) Effectiveness of a brush in removing postinstrumentation canal debris. *J Endod*,16,323-327.
- KELES A, KAMALAK A, KESKIN C, AKCAY M, UZUN I. (2016) The efficacy of laser, ultrasound and self-adjustable file in removing smear layer debris from oval root canals following retreatment: A scanning electron microscopy study. *Aust Endod J*,42,104-111.
- KHAN MA, KHAN MF, KHAN MW, WAKABAYASHI H, MATSUMOTO K. (1997) Effect of laser treatment on the root canal of human teeth. *Endod Dent Traumatol*,13,139-145.
- KHEDMAT S, SHOKOUHINEJAD N. (2008) Comparison of the efficacy of three chelating agents in smear layer removal. *J Endod*,34,599-602.
- KIM M-E, JEOUNG D-J, KIM K-S. (2003) Effects of water flow on dental hard tissue ablation using Er: YAG laser. *J Clin Laser Med Surg*,21,139-144.
- KOCH JD, JARAMILLO DE, DIVITO E, PETERS OA. (2016) Irrigant flow during photon-induced photoacoustic streaming (PIPS) using Particle Image Velocimetry (PIV). *Clin Oral Investig*,20,381-386.
- KUTSCH VK. (1993) Lasers in dentistry: comparing wavelengths. *J Am Dent Assoc*,124,49-54.
- LANGELAND K, LIAO K, PASCON EA. (1985) Work-saving devices in endodontics: efficacy of sonic and ultrasonic techniques. *J Endod*,11,499-510.
- LESTER KS, BOYDE A. (1977) Scanning electron microscopy of instrumented, irrigated and filled root canals. *Br Dent J*,143,359-367.
- LEVY G. (1992) Cleaning and shaping the root canal with a Nd:YAG laser beam: a comparative study. *J Endod*,18,123-127.
- LIN CP, LEE BS, LIN FH, KOK SH, LAN WH. (2001) Phase, compositional, and morphological changes of human dentin after Nd:YAG laser treatment. *J Endod*,27,389-393.
- LIN S, LIU Q, PENG Q, LIN M, ZHAN Z, ZHANG X. (2010) The ablation threshold of Er: YAG laser and Er, Cr: YSGG laser in dental dentin. *Sci Res Essays*,5,2128-2135.

- LINDEMANN RA, HUME WR, WOLCOTT RB. (1985) Dentin permeability and pulpal response to EDTA. *J Prosthet Dent*,53,341-343.
- LLOYD A, UHLES JP, CLEMENT DJ, GARCIA-GODOY F. (2014) Elimination of intracanal tissue and debris through a novel laser-activated system assessed using high-resolution micro-computed tomography: a pilot study. *J Endod*,40,584-587.
- LOTFI M, VOSOUGHOSSEINI S, SAGHIRI MA, ZAND V, RANJKESH B, GHASEMI N. (2012) Effect of MTAD as a final rinse on removal of smear layer in ten-minute preparation time. *J Endod*,38,1391-1394.
- LOTTANTI S, GAUTSCHI H, SENER B, ZEHNDER M. (2009) Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *Int Endod J*,42,335-343.
- LOVDAHL P, GUTMANN J. (1997) Problems in locating and negotiating fine and calcified canals. *Problem solving in Endodontics. Prevention, identification and management. 3rd edn. St Louis: Mosby*,69-89.
- LUI JN, KUAH HG, CHEN NN. (2007) Effect of EDTA with and without surfactants or ultrasonics on removal of smear layer. *J Endod*,33,472-475.
- MA J, WANG Z, SHEN Y, HAAPASALO M. (2011) A new noninvasive model to study the effectiveness of dentin disinfection by using confocal laser scanning microscopy. *J Endod*,37,1380-1385.
- 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*,43,1108-1115.
- MACHTOU P. (1980) Irrigation investigation in endodontics. *Paris VII University, Paris, France: Masters thesis*.
- MADER CL, BAUMGARTNER JC, PETERS DD. (1984) Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod*,10,477-483.
- MADHUSUDHANA K, SWAPNA S, SUNEELKUMAR C, LAVANYA A, DEEPTHI M. (2016) Effect of endoactivator and Er, Cr: YSGG laser irradiation in removing the smear layer after root canal instrumentation: An in vitro study. *J NTR Univ Health Sc*,5,24.
- MADISON S, WILCOX LR. (1988) An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part III. In vivo study. *J Endod*,14,455-458.

- MADISON S, SWANSON K, CHILES SA. (1987) An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part II. Sealer types. *J Endod*,13,109-112.
- MAGURA ME, KAFRAWY AH, BROWN CE, JR., NEWTON CW. (1991) Human saliva coronal microleakage in obturated root canals: an in vitro study. *J Endod*,17,324-331.
- MAJARON B, LUKAC M, SUSTERCIC D, FUNDUK N, SKALERIC U. (1996) Threshold and efficiency analysis in Er: YAG laser ablation of hard dental tissue, Proc SPIE. pp. 233-242.
- MANCINI M, ARMELLIN E, CASAGLIA A, CERRONI L, CIANCONI L. (2009) A comparative study of smear layer removal and erosion in apical intraradicular dentine with three irrigating solutions: a scanning electron microscopy evaluation. *J Endod*,35,900-903.
- MANCINI M, CERRONI L, IORIO L, ARMELLIN E, CONTE G, CIANCONI L. (2013) Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. *J Endod*,39,1456-1460.
- MARTIN H. (1976) Ultrasonic disinfection of the root canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*,42,92-99.
- MARTIN H, CUNNINGHAM WT, NORRIS JP, COTTON WR. (1980) Ultrasonic versus hand filing of dentin: a quantitative study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*,49,79-81.
- MARTINS MR, CARVALHO MF, VAZ IP, CAPELAS JA, MARTINS MA, GUTKNECHT N. (2013) Efficacy of Er,Cr:YSGG laser with endodontical radial firing tips on the outcome of endodontic treatment: blind randomized controlled clinical trial with six-month evaluation. *Lasers Med Sci*,28,1049-1055.
- MATSUMOTO H, YOSHIMINE Y, AKAMINE A. (2011) Visualization of irrigant flow and cavitation induced by Er:YAG laser within a root canal model. *J Endod*,37,839-843.
- MATSUOKA E, JAYAWARDENA JA, MATSUMOTO K. (2005) Morphological study of the Er,Cr:YSGG laser for root canal preparation in mandibular incisors with curved root canals. *Photomed Laser Surg*,23,480-484.
- MCCOMB D, SMITH DC. (1975) A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod*,1,238-242.

- MCCOMB D, SMITH DC, BEAGRIE GS. (1976) The results of in vivo endodontic chemomechanical instrumentation--a scanning electron microscopic study. *J Br Endod Soc*,9,11-18.
- MEIRE MA, HAVELAERTS S, DE MOOR RJ. (2016) Influence of lasing parameters on the cleaning efficacy of laser-activated irrigation with pulsed erbium lasers. *Lasers Med Sci*,31,653-658.
- MELLO I, KAMMERER BA, YOSHIMOTO D, MACEDO MC, ANTONIAZZI JH. (2010) Influence of final rinse technique on ability of ethylenediaminetetraacetic acid of removing smear layer. *J Endod*,36,512-514.
- MENEZES ACSCD, 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*,17,349-355.
- MERYON SD, BROOK AM. (1990) Penetration of dentine by three oral bacteria in vitro and their associated cytotoxicity. *Int Endod J*,23,196-202.
- MICHELICH VJ, SCHUSTER GS, PASHLEY DH. (1980) Bacterial penetration of human dentin in vitro. *J Dent Res*,59,1398-1403.
- MICHIELS R, VERGAUWEN TE, MAVRIDOU A, MEIRE M, DE BRUYNE M, DE MOOR RJ. (2010) Investigation of coronal leakage of root fillings after smear-layer removal with EDTA or Nd:YAG lasing through capillary-flow porometry. *Photomed Laser Surg*,28 Suppl 2,S43-50.
- MIDDA M, RENTON-HARPER P. (1991) Lasers in dentistry. *Br Dent J*,170,343-346.
- MISERENDINO LJ, LEVY GC, RIZOIU IM. (1995a) Effects of Nd:YAG laser on the permeability of root canal wall dentin. *J Endod*,21,83-87.
- MISERENDINO LJ, LEVY G, MISERENDINO CA. (1995b) Laser interaction with biologic tissues. *Miserendino LJ, Pick RM. Laser in Dentistry. Chicago: Quintessence*,39-56.
- MJOR IA, NORDAHL I. (1996) The density and branching of dentinal tubules in human teeth. *Arch Oral Biol*,41,401-412.
- MOHAMMADI Z. (2009) Laser applications in endodontics: an update review. *Int Dent J*,59,35-46.

- MOHAMMADI Z, SHALAVI S. (2013) Antimicrobial activity of sodium hypochlorite in endodontics. *J Mass Dent Soc*,62,28-31.
- MOHAMMADI Z, SHALAVI S, JAFARZADEH H. (2013) Ethylenediaminetetraacetic acid in endodontics. *Eur J Dent*,7,S135-142.
- MOLLER AJ, FABRICIUS L, DAHLEN G, OHMAN AE, HEYDEN G. (1981) Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissue in monkeys. *Scand J Dent Res*,89,475-484.
- MONROE C. (2002) Quantum information processing with atoms and photons. *Nature*,416,238-246.
- MOORER WR, WESSELINK PR. (1982) Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J*,15,187-196.
- MORGAN LA, BAUMGARTNER JC. (1997) Demineralization of resected root-ends with methylene blue dye. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,84,74-78.
- MOZAYENI MA, JAVAHERI GH, POORROOSTA P, ASHARI MA, JAVAHERI HH. (2009) Effect of 17% EDTA and MTAD on intracanal smear layer removal: a scanning electron microscopic study. *Aust Endod J*,35,13-17.
- MYERS TD. (1991) Lasers in dentistry. *CDS Rev*,84,26-29.
- NAGY CD, BARTHA K, BERNATH M, VERDES E, SZABO J. (1997) The effect of root canal morphology on canal shape following instrumentation using different techniques. *Int Endod J*,30,133-140.
- NAIDORF IJ. (1974) Clinical microbiology in endodontics. *Dent Clin North Am*,18,329-344.
- NAIR PN, HENRY S, CANO V, VERA J. (2005) Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,99,231-252.
- NIELSEN BA, CRAIG BAUMGARTNER J. (2007) Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *J Endod*,33,611-615.
- 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*,35,934-939.

- NYGAARD-OSTBY B. (1957) Chelation in root canal therapy, Ethylenediamine tetraacetic acid for cleansing and widening of root canals. *Odontologisk Tidskrift*,65,3-23.
- O'CONNELL MS, MORGAN LA, BEELER WJ, BAUMGARTNER JC. (2000) A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *J Endod*,26,739-743.
- OLIVI G, OLIVI M. (2016) Different Lasers Used in Endodontics, In: Lasers in Endodontics: Scientific Background and Clinical Applications, Springer. p: 83-107.
- OLIVI G, KAITASAS V. (2016) Endodontic Morphology and Anatomy of Human Teeth, In: Lasers in Endodontics: Scientific Background and Clinical Applications, Springer. p: 3-35.
- OLIVI G, DE MOOR R. (2016) Laser-Activated Irrigation, In: Lasers in Endodontics: Scientific Background and Clinical Applications, Springer. p: 193-217.
- OLIVI G, DE MOOR R, DIVITO E. (2016) Advanced Laser-Activated Irrigation: PIPS™ Technique and Clinical Protocols, In: Lasers in Endodontics: Scientific Background and Clinical Applications, Springer. p: 219-291.
- ONAL B, ERTL T, SIEBERT G, MULLER G. (1993) Preliminary report on the application of pulsed CO₂ laser radiation on root canals with AgCl fibers: a scanning and transmission electron microscopic study. *J Endod*,19,272-276.
- ORDINOLA-ZAPATA R, BRAMANTE C, CAVENAGO B, GRAEFF M, GOMES DE MORAES I, MARCIANO M, DUARTE M. (2012) Antimicrobial effect of endodontic solutions used as final irrigants on a dentine biofilm model. *Int Endod J*,45,162-168.
- ORSTAVIK D, HAAPASALO M. (1990) Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol*,6,142-149.
- OYARZUN A, CORDERO AM, WHITTLE M. (2002) Immunohistochemical evaluation of the effects of sodium hypochlorite on dentin collagen and glycosaminoglycans. *J Endod*,28,152-156.
- PAGHDIWALA A. (1991) Er: YAG laser hard tissue effects. *Laser in dentistry. PennWell Publishing Co, Massachusetts*,63-75.
- PAQUE F, MUSCH U, HULSMANN M. (2005) Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J*,38,8-16.

- PARK DS, TORABINEJAD M, SHABAHANG S. (2004) The effect of MTAD on the coronal leakage of obturated root canals. *J Endod*,30,890-892.
- PASHLEY DH. (1985) Dentin-predentin complex and its permeability: physiologic overview. *J Dent Res*,64 Spec No,613-620.
- PASHLEY DH. (1992) Smear layer: overview of structure and function. *Proc Finn Dent Soc*,88 Suppl 1,215-224.
- PASHLEY DH, MICHELICH V, KEHL T. (1981) Dentin permeability: effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent*,46,531-537.
- PASHLEY DH, O'MEARA JA, WILLIAMS EC, KEPLER EE. (1985a) Dentin permeability: effects of cavity varnishes and bases. *J Prosthet Dent*,53,511-516.
- 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*,33,265-270.
- PASHLEY EL, BIRDSONG NL, BOWMAN K, PASHLEY DH. (1985b) Cytotoxic effects of NaOCl on vital tissue. *J Endod*,11,525-528.
- PATAKY L, IVÁNYI I, GRIGÁR Á, FAZEKAS Á. (2002) Antimicrobial efficacy of various root canal preparation techniques: an in vitro comparative study. *J Endod*,28,603-605.
- PATTERSON SS. (1963) In vivo and in vitro studies of the effect of the disodium salt of ethylenediamine tetra-acetate on human dentine and its endodontic implications. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*,16,83-103.
- PEETERS HH, SUARDITA K. (2011) Efficacy of smear layer removal at the root tip by using ethylenediaminetetraacetic acid and erbium, chromium: yttrium, scandium, gallium garnet laser. *J Endod*,37,1585-1589.
- PEETERS HH, DE MOOR RJ, SUHARTO D. (2015) Visualization of removal of trapped air from the apical region in simulated root canals by laser-activated irrigation using an Er,Cr:YSGG laser. *Lasers Med Sci*,30,1683-1688.
- 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*,99,383-387.

- PEREZ F, ROCHD T, LODTER JP, CALAS P, MICHEL G. (1993) In vitro study of the penetration of three bacterial strains into root dentine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*,76,97-103.
- PETERS LB, WESSELINK PR, BUIJS JF, VAN WINKELHOFF AJ. (2001a) Viable bacteria in root dentinal tubules of teeth with apical periodontitis. *J Endod*,27,76-81.
- PETERS O, KOKA R. (2008) Preparation of coronal and radicular spaces. *Endodontics. 6th ed. Hamilton: Canada: BC Decker Inc*,877-991.
- PETERS OA. (2004) Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod*,30,559-567.
- PETERS OA, SCHONENBERGER K, LAIB A. (2001b) Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J*,34,221-230.
- PETERS OA, PETERS CI, SCHONENBERGER K, BARBAKOW F. (2003) ProTaper rotary root canal preparation: assessment of torque and force in relation to canal anatomy. *Int Endod J*,36,93-99.
- PETERS OA, BARDSLEY S, FONG J, PANDHER G, DIVITO E. (2011) Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *J Endod*,37,1008-1012.
- PICK RM. (1993) Using lasers in clinical dental practice. *J Am Dent Assoc*,124,37-34.
- PICK RM, POWELL GL. (1993) Laser in dentistry. Soft-tissue procedures. *Dent Clin North Am*,37,281-296.
- PICK RM, COLVARD MD. (1993) Current status of lasers in soft tissue dental surgery. *J Periodontol*,64,589-602.
- PINI R, SALIMBENI R, VANNINI M, BARONE R, CLAUSER C. (1989) Laser dentistry: a new application of excimer laser in root canal therapy. *Lasers in surgery and medicine*,9,352-357.
- PIŞKIN B, TÜRKÜN M. (1995) Stability of various sodium hypochlorite solutions. *J Endod*,21,253-255.
- PITT WG. (2005) Removal of oral biofilm by sonic phenomena. *Am J Dent*,18,345-352.

- PLOTINO G, PAMEIJER CH, GRANDE NM, SOMMA F. (2007) Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *J Endod*,33,81-95.
- PORTENIER I, WALTIMO T, ORSTAVIK D, HAAPASALO M. (2005) The susceptibility of starved, stationary phase, and growing cells of *Enterococcus faecalis* to endodontic medicaments. *J Endod*,31,380-386.
- RAM Z. (1977) Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*,44,306-312.
- RAM Z. (1980) Chelation in root canal therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*,49,64-74.
- RODIG T, DOLLMANN S, KONIETSCHKE 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*,36,1983-1987.
- ROSENFELD EF, JAMES GA, BURCH BS. (1978) Vital pulp tissue response to sodium hypochlorite. *J Endod*,4,140-146.
- ROSSI-FEDELE G, DOĞRAMACI EJ, GUASTALLI AR, STEIER L, DE FIGUEIREDO JAP. (2012) Antagonistic interactions between sodium hypochlorite, chlorhexidine, EDTA, and citric acid. *J Endod*,38,426-431.
- RUDDLE CJ. (2002) Cleaning and shaping the root canal system. *Pathways of the Pulp*.
- RUDDLE CJ. (2007) Hydrodynamic disinfection: tsunami endodontics. *Dent Today*,26,110, 112, 114-117.
- RUSSELL SM. (2003) The effect of electrolyzed oxidative water applied using electrostatic spraying on pathogenic and indicator bacteria on the surface of eggs. *Poult Sci*,82,158-162.
- 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*,29,674-678.
- SAFAVI KE, SPANGBERG LS, LANGELAND K. (1990) Root canal dentinal tubule disinfection. *J Endod*,16,207-210.
- SAHAR-HELFT S, SARP AS, STABHOLTZ A, GUTKIN V, REDENSKI I, STEINBERG D. (2015) Comparison of positive-pressure, passive ultrasonic, and laser-activated

irrigations on smear-layer removal from the root canal surface. *Photomed Laser Surg*,33,129-135.

SAHAR-HELFT S SA. (2016) Removing smear layer during endodontic treatment by different techniques - a invitro study. A clinical case - Endodontic treatment with Er:YAG Laser. *Stoma Edu J*,3,162-167.

SAITO K, WEBB TD, IMAMURA GM, GOODELL GG. (2008) Effect of shortened irrigation times with 17% ethylene diamine tetra-acetic acid on smear layer removal after rotary canal instrumentation. *J Endod*,34,1011-1014.

SATHE S, HEGDE V, JAIN PA, GHUNAWAT D. (2014) Effectiveness of Er: YAG (PIPS) and Nd: YAG activation on final irrigants for smear layer removal-SEM observation. *J Dent Lasers*,8,8.

SCELZA MF, ANTONIAZZI JH, SCELZA P. (2000) Efficacy of final irrigation--a scanning electron microscopic evaluation. *J Endod*,26,355-358.

SCHILDER H. (1974) Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am*,18,269-296.

SCHOOP U, GOHARKHAY K, KLIMSCHA J, ZAGLER M, WERNISCH J, GEORGOPOULOS A, SPERR W, MORITZ A. (2007) The use of the erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser in endodontic treatment: the results of an in vitro study. *J Am Dent Assoc*,138,949-955.

SCHOOP U, BARYLYAK A, GOHARKHAY K, BEER F, WERNISCH J, GEORGOPOULOS A, SPERR W, MORITZ A. (2009) The impact of an erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial-firing tips on endodontic treatment. *Lasers Med Sci*,24,59-65.

SEDGLEY C, APPLGATE B, NAGEL A, HALL D. (2004) Real-time imaging and quantification of bioluminescent bacteria in root canals in vitro. *J Endod*,30,893-898.

SEDGLEY CM, NAGEL AC, HALL D, APPLGATE B. (2005) Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. *Int Endod J*,38,97-104.

SEGURA JJ, CALVO JR, GUERRERO JM, SAMPEDRO C, JIMENEZ A, LLAMAS R. (1996) The disodium salt of EDTA inhibits the binding of vasoactive intestinal peptide to macrophage membranes: endodontic implications. *J Endod*,22,337-340.

SEN BH, PISKIN B, DEMIRCI T. (1995a) Observation of bacteria and fungi in infected root canals and dentinal tubules by SEM. *Endod Dent Traumatol*,11,6-9.

- SEN BH, WESSELINK PR, TURKUN M. (1995b) The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J*,28,141-148.
- SEN BH, AKDENIZ BG, DENIZCI AA. (2000) The effect of ethylenediamine-tetraacetic acid on *Candida albicans*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,90,651-655.
- SENIA ES, MARSHALL FJ, ROSEN S. (1971) The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*,31,96-103.
- SERENE T. (1976) Technique for the location and length determination of calcified canals. *J Calif Dent Assoc*,4,62-65.
- SERPER A, CALT S. (2002) The demineralizing effects of EDTA at different concentrations and pH. *J Endod*,28,501-502.
- SHABAHANG S, POURESMAIL M, TORABINEJAD M. (2003) In vitro antimicrobial efficacy of MTAD and sodium hypochlorite. *J Endod*,29,450-452.
- SHAHRIARI S, KASRAEI S, ROSHANA EI G, KARKEABADI H, DAVANLOO H. (2017) Efficacy of Sodium Hypochlorite Activated With Laser in Intracanal Smear Layer Removal: An SEM Study. *J Lasers Med Sci*,8,36-41.
- SHIN SJ, KIM HK, JUNG IY, LEE CY, LEE SJ, KIM E. (2010) Comparison of the cleaning efficacy of a new apical negative pressure irrigating system with conventional irrigation needles in the root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,109,479-484.
- SHIRASUKA T, WAKABAYASHI H, DEBARI K, KODAKA T, AHMED S, MATSUMOTO K. (1990) Morphologic changes in human tooth enamel by continuous-wave Nd-YAG laser irradiation. *Showa Shigakkai Zasshi*,10,206-215.
- SILVA AC, GUGLIELMI C, MENEGUZZO DT, ARANHA AC, BOMBANA AC, DE PAULA EDUARDO C. (2010) Analysis of permeability and morphology of root canal dentin after Er,Cr:YSGG laser irradiation. *Photomed Laser Surg*,28,103-108.
- SINGLA MG, GARG A, GUPTA S. (2011) MTAD in endodontics: an update review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,112,e70-76.
- SIQUEIRA JF, JR., DE UZEDA M, FONSECA ME. (1996) A scanning electron microscopic evaluation of in vitro dentinal tubules penetration by selected anaerobic bacteria. *J Endod*,22,308-310.

- SIQUEIRA JF, JR., ROCAS IN, FAVIERI A, LIMA KC. (2000) Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod*,26,331-334.
- SJOGREN U, HAGGLUND B, SUNDQVIST G, WING K. (1990) Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod*,16,498-504.
- SKIDMORE AE, BJORN DAL AM. (1971) Root canal morphology of the human mandibular first molar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*,32,778-784.
- SONG W, HONG M, LUKYANCHUK B, CHONG T. (2004) Laser-induced cavitation bubbles for cleaning of solid surfaces. *J Appl Phys*,95,2952-2956.
- SOUSA-NETO MD, SILVA COELHO FI, MARCHESAN MA, ALFREDO E, SILVA-SOUSA YT. (2005) Ex vivo study of the adhesion of an epoxy-based sealer to human dentine submitted to irradiation with Er : YAG and Nd : YAG lasers. *Int Endod J*,38,866-870.
- SPANO JC, SILVA RG, GUEDES DF, SOUSA-NETO MD, ESTRELA C, PECORA JD. (2009) Atomic absorption spectrometry and scanning electron microscopy evaluation of concentration of calcium ions and smear layer removal with root canal chelators. *J Endod*,35,727-730.
- SREEBNEY LM, NIKIFORUK G. (1951) Demineralization of hard tissues by organic chelating agents. *Science*,113,560-560.
- STABHOLZ A, MOSHONOV J, ROTSTEIN I. (1992) [Lasers in endodontics]. *Rev Belge Med Dent (1984)*,47,9-15.
- STAMOS DE, SADEGHI EM, HAASCH GC, GERSTEIN H. (1987) An in vitro comparison study to quantitate the debridement ability of hand, sonic, and ultrasonic instrumentation. *J Endod*,13,434-440.
- STERN RH. (1964) Laser beam effect on dental hard tissues. *J Dent Res*,43,307,873.
- STEWART GG. (1986) Chelation and flotation in endodontic practice: an update. *J Am Dent Assoc*,113,618-622.
- STEWART GG, KAPSIMALAS P, RAPPAPORT H. (1969) EDTA and urea peroxide for root canal preparation. *J Am Dent Assoc*,78,335-338.

- STOCK CJ, NEHAMMER CF. (1985) Negotiation of obstructed canals; bleaching of teeth. *Br Dent J*,158,457-462.
- STOJICIC S, SHEN Y, QIAN W, JOHNSON B, HAAPASALO M. (2012) Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX. *Int Endod J*,45,363-371.
- STRAKAS D, FRANZEN R, KALLIS A, VANWEERSCH L, GUTKNECHT N. (2013) A comparative study of temperature elevation on human teeth root surfaces during Nd:YAG laser irradiation in root canals. *Lasers Med Sci*,28,1441-1444.
- STROPKO JJ. (1999) Canal morphology of maxillary molars: clinical observations of canal configurations. *J Endod*,25,446-450.
- SULEWSKI JG. (2000) Historical survey of laser dentistry. *Dent Clin North Am*,44,717-752.
- SUNDQVIST G. (1976) Bacteriological studies of necrotic dental pulps Department of Oral Microbiology, University of Umeå.
- SVEC TA, HARRISON JW. (1977) Chemomechanical removal of pulpal and dentinal debris with sodium hypochlorite and hydrogen peroxide vs normal saline solution. *J Endod*,3,49-53.
- SWANSON K, MADISON S. (1987) An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part I. Time periods. *J Endod*,13,56-59.
- TAKEDA FH, HARASHIMA T, KIMURA Y, MATSUMOTO K. (1998) Comparative study about the removal of smear layer by three types of laser devices. *J Clin Laser Med Surg*,16,117-122.
- TAY FR, GU L-S, SCHOEFFEL GJ ve ark. (2010) Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *J Endod*,36,745-750.
- TAYLOR JK, JEANSONNE BG, LEMON RR. (1997) Coronal leakage: effects of smear layer, obturation technique, and sealer. *J Endod*,23,508-512.
- TEIXEIRA CS, FELIPPE MC, FELIPPE WT. (2005) The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *Int Endod J*,38,285-290.
- THOMPSON SA. (2000) An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J*,33,297-310.

- TORABINEJAD M, JOHNSON W. (2003) Irrigation solution and methods for use, US Patent 20030235804.
- TORABINEJAD M, UNG B, KETTERING JD. (1990) In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod*,16,566-569.
- 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*,94,658-666.
- TORABINEJAD M, KHADEMI AA, BABAGOLI J, CHO Y, JOHNSON WB, BOZHILOV K, KIM J, SHABAHANG S. (2003) A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod*,29,170-175.
- TREPAGNIER CM, MADDEN RM, LAZZARI EP. (1977) Quantitative study of sodium hypochlorite as an in vitro endodontic irrigant. *J Endod*,3,194-196.
- TSUNEDA Y, HAYAKAWA T, YAMAMOTO H, IKEMI T, NEMOTO K. (1995) A histopathological study of direct pulp capping with adhesive resins. *Oper Dent*,20,223-229.
- TURKEL E, ONAY EO, UNGOR M. (2017) Comparison of Three Final Irrigation Activation Techniques: Effects on Canal Cleanness, Smear Layer Removal, and Dentinal Tubule Penetration of Two Root Canal Sealers. *Photomed Laser Surg*,10.1089/pho.2016.4234.
- TURKMEN C, GUNDAY M, KARACORLU M, BASARAN B. (2000) Effect of CO₂, Nd:YAG, and ArF excimer lasers on dentin morphology and pulp chamber temperature: an in vitro study. *J Endod*,26,644-648.
- TURKUN M, CENGIZ T. (1997) The effects of sodium hypochlorite and calcium hydroxide on tissue dissolution and root canal cleanliness. *Int Endod J*,30,335-342.
- ULUSOY OI, GORGUL G. (2013) Effects of different irrigation solutions on root dentine microhardness, smear layer removal and erosion. *Aust Endod J*,39,66-72.
- UNDERWOOD MA, PIRWITZ S. (1999) APIC guidelines committee: using science to guide practice. Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology. *Am J Infect Control*,27,141-144.
- USMAN N, BAUMGARTNER JC, MARSHALL JG. (2004) Influence of instrument size on root canal debridement. *J Endod*,30,110-112.

- VAN DER SLUIS L, WU MK, WESSELINK P. (2005) A comparison between a smooth wire and a K-file in removing artificially placed dentine debris from root canals in resin blocks during ultrasonic irrigation. *Int Endod J*,38,593-596.
- VAN DER SLUIS LW, GAMBARINI G, WU MK, WESSELINK PR. (2006) The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J*,39,472-476.
- 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*,40,415-426.
- VASCONCELOS BCD, LUNA-CRUZ SM, DE-DEUS G, MORAES IGD, 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*,15,387-391.
- VERSUMER J, HULSMANN M, SCHAFERS F. (2002) A comparative study of root canal preparation using Profile .04 and Lightspeed rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J*,35,37-46.
- VERTUCCI FJ. (1984) Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*,58,589-599.
- VIANNA ME, GOMES BP, BERBER VB, ZAIA AA, FERRAZ CC, DE SOUZA-FILHO FJ. (2004) In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,97,79-84.
- VIOLICH DR, CHANDLER NP. (2010) The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J*,43,2-15.
- WALMSLEY AD, WILLIAMS AR. (1989) Effects of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. *J Endod*,15,189-194.
- WALTON RE. (1976) Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space. *J Endod*,2,304-311.
- WANG X, CHENG X, LIU B, LIU X, YU Q, HE W. (2017) Effect of Laser-Activated Irrigations on Smear Layer Removal from the Root Canal Wall. *Photomed Laser Surg*,10.1089/pho.2017.4266.
- WAPLINGTON M, LUMLEY PJ, WALMSLEY AD. (1995) Sonic instruments in root canal therapy. *Dent Update*,22,339-342.

- WEEKS RS, RAVITCH MM. (1971) The pathology of experimental injury to the cat esophagus by liquid chlorine bleach. *Laryngoscope*,81,1532-1541.
- WEICHMAN JA, JOHNSON FM. (1971) Laser use in endodontics: a preliminary investigation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*,31,416-420.
- WELLER RN, BRADY JM, BERNIER WE. (1980) Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod*,6,740-743.
- WEN X, LIU L, NIE X, ZHANG L, DENG M, CHEN Y. (2010) Effect of pulse Nd:YAG laser on bond strength and microleakage of resin to human dentine. *Photomed Laser Surg*,28,741-746.
- WHITE RR, GOLDMAN M, LIN PS. (1987) The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials. Part II. *J Endod*,13,369-374.
- WIBERG N, HOLLEMAN A, WIBERG E. (2001) Inorganic Chemistry. *Academic Press*,13,14.
- WIGDOR HA, WALSH JT, JR., FEATHERSTONE JD, VISURI SR, FRIED D, WALDVOGEL JL. (1995) Lasers in dentistry. *Lasers Surg Med*,16,103-133.
- WILLERSHAUSEN I, WOLF T, SCHMIDTMANN I, BERGER C, EHLERS V, WILLERSHAUSEN B, BRISEÑO B. (2015) Survey of root canal irrigating solutions used in dental practices within Germany. *Int Endod J*,48,654-660.
- WILLIAMS S, GOLDMAN M. (1985) Penetrability of the smeared layer by a strain of *Proteus vulgaris*. *J Endod*,11,385-388.
- WINN DW, 2ND. (2003) Lasers in dentistry: soft tissue capabilities. *Pract Proced Aesthet Dent*,15,803-805.
- WOLLARD RR, BROUGH SO, MAGGIO J, SELTZER S. (1976) Scanning electron microscopic examination of root canal filling materials. *J Endod*,2,98-110.
- WU L, MU Y, DENG X, ZHANG S, ZHOU D. (2012) Comparison of the effect of four decalcifying agents combined with 60 degrees C 3% sodium hypochlorite on smear layer removal. *J Endod*,38,381-384.
- WU M, VAN DER SLUIS LW, WESSELINK PR. (2002) A preliminary study of the percentage of gutta-percha-filled area in the apical canal filled with vertically compacted warm gutta-percha. *Int Endod J*,35,527-535.

- WU MK, WESSELINK PR. (2001) A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J*,34,137-141.
- WU MK, DUMMER PM, WESSELINK PR. (2006) Consequences of and strategies to deal with residual post-treatment root canal infection. *Int Endod J*,39,343-356.
- YAMADA RS, ARMAS A, GOLDMAN M, LIN PS. (1983) A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *J Endod*,9,137-142.
- YAMASHITA JC, TANOMARU FILHO M, LEONARDO MR, ROSSI MA, SILVA LA. (2003) Scanning electron microscopic study of the cleaning ability of chlorhexidine as a root-canal irrigant. *Int Endod J*,36,391-394.
- YAMAZAKI R, GOYA C, YU DG, KIMURA Y, MATSUMOTO K. (2001) Effects of erbium,chromium:YSGG laser irradiation on root canal walls: a scanning electron microscopic and thermographic study. *J Endod*,27,9-12.
- YANG G, WU H, ZHENG Y, ZHANG H, LI H, ZHOU X. (2008) Scanning electron microscopic evaluation of debris and smear layer remaining following use of ProTaper and Hero Shaper instruments in combination with NaOCl and EDTA irrigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,106,e63-71.
- YASUDA Y, KAWAMORITA T, YAMAGUCHI H, SAITO T. (2010) Bactericidal effect of Nd:YAG and Er:YAG lasers in experimentally infected curved root canals. *Photomed Laser Surg*,28 Suppl 2,S75-78.
- YUAN Z, VANBRIESEN JM. (2006) The formation of intermediates in EDTA and NTA biodegradation. *Environ Eng Sci*,23,533-544.
- 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*,55,524-526.
- ZEHNDER M. (2006) Root canal irrigants. *J Endod*,32,389-398.
- ZHANG C, KIMURA Y, MATSUMOTO K, HARASHIMA T, ZHOU H. (1998) Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on root canal wall dentin with different laser initiators. *J Endod*,24,352-355.
- ZHANG W, TORABINEJAD M, LI Y. (2003) Evaluation of cytotoxicity of MTAD using the MTT-tetrazolium method. *J Endod*,29,654-657.

ZHU X, YIN X, CHANG JW, WANG Y, CHEUNG GS, ZHANG C. (2013) Comparison of the antibacterial effect and smear layer removal using photon-initiated photoacoustic streaming aided irrigation versus a conventional irrigation in single-rooted canals: an in vitro study. *Photomed Laser Surg*,31,371-377.



KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Farklı lazer sistemlerinin irrigasyon solüsyonu kullanılarak veya kullanılmaksızın smear tabakasını uzaklaştırımadaki etkisi
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

ETİK KURULU BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU
	AÇIK ADRESİ:	Yenişehir Mahallesi Tahsin Duru Caddesi No:14 YAHŞİHAN/KIRIKKALE
	TELEFON	0 318 333 50 10/5733
	FAKS	0 318 224 07 86
	E-POSTA	ketik@kku.edu.tr

BASVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Prof. Dr. Ali ERDEMİR				
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Endodonti				
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ VARSA İDARI SORUMLU UNVANI/ADI/SOYADI	Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi				
	DESTEKLEYİCİ	Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi				
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI (TÜBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alırlar için)	-				
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ	Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi				
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1	<input type="checkbox"/>			
		FAZ 2	<input type="checkbox"/>			
		FAZ 3	<input type="checkbox"/>			
		FAZ 4	<input type="checkbox"/>			
Gözlensel ilaç çalışması		<input type="checkbox"/>				
Tıbbi cihaz klinik araştırması		<input type="checkbox"/>				
In vitro tıbbi tanı cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları		<input type="checkbox"/>				
İlaç dışı klinik araştırma	<input checked="" type="checkbox"/>					
Diger ise belirtiniz:						
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input checked="" type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input checked="" type="checkbox"/>	ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>		

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof.Dr. Mehmet Savaş EKİCİ
İmza:

Not: Etik kurul başkanı, imzasına yer alınmadığı her sayfaya imza atmalıdır.

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Farklı lazer sistemlerinin irrigasyon solüsyonu kullanılarak veya kullanmaksızın smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkisi
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili		
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	Eylül 2015	01	Türkçe <input checked="" type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	Eylül 2015	01	Türkçe <input checked="" type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
	DIĞU RAPOR FORMU	Eylül 2015	01	Türkçe <input checked="" type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ				Türkçe <input checked="" type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı	Açıklama				
	SİGORTA	<input type="checkbox"/>				
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	<input checked="" type="checkbox"/>				
	BİYOLÖJİK MALİYETLER TRANSFER FORMU	<input type="checkbox"/>				
	İLAN	<input type="checkbox"/>				
	YILLIK BİLDİRİM	<input type="checkbox"/>				
	SONUÇ RAPORU	<input type="checkbox"/>				
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	<input type="checkbox"/>				
DİĞER	<input type="checkbox"/>					
KARAR BÜÇÜMLERİ	Karar No: 10/01		Tarih: 12.04.2016			
	Yukarıdaki bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırma/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşımları ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına ilişkin kararın etik kurul üye rapor sisteminin salt yetkili olduğu ile karar verilmiştir. Etik ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan araştırmalar/çalışmalar için Türkiye Etik ve Tıbbi Etik Kurumu'ndan izin alınması gerekmektedir.					

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	Etik ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Prof.Dr. Mehmet Savaş EKİCİ

Unvan/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilgili		Katılım *		İmza
Prof.Dr. Mehmet Savaş EKİCİ	Göğüs Hastalıkları	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Figen ÇOŞKUN	Açık Tıp	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof.Dr. Hakan BOYUNAĞA	Tıbbi Biyokimya	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof.Dr. Ebru OLGÜN ERDEMİR	Peritonoloji	Kırıkkale Üniversitesi Diğ. Hekimliği Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof.Dr. M. Faik ÖZVEREN	Beyin ve Sinir Cerrahisi	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof.Dr. Merul SAYGUN	Halk Sağlığı	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç.Dr. Aşlı Fehriye CEYLAN IŞIK	Tıbbi Farmakoloji	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç.Dr. Eyüp KOÇ	İç Hastalıkları	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Sinan TAN	Radyoloji	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof.Dr. Mehmet Savaş EKİCİ
İmza:

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Farklı lazer sistemlerinin irrigasyon solüsyonu kullanılarak veya kullanmaksızın smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkisi									
VARSA, ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU										
		Fakültesi								
Yrd.Doç. Dr. Yakup TÖRKEL	Nöroloji	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>		<i>ep</i>
Yrd.Doç. Dr. Faruk Metin ÇOMU	Fizyoloji	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>		
Ez. Burhan BIRICI	Serbest Eczacı	Kırıkkale-Merkez	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>		
Av. Halil MUTLU	Hukuk	Kırıkkale-Merkez	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>		
Yakup DOĞAN	Fakülte Sekreteri	Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>		<i>cu</i>

*:Toplantıda Bulunma

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof.Dr. Mehmet Savaş EKİCİ
İmza:

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

Evrak Tarih ve Sayısı : 01/12/2017-E.37698



T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı



Sayı : 60821397-299-
Konu : Dt. Yağız ÖZBAY'ın uzmanlık tez
çalışması hk.

Sayın Prof.Dr. Ali ERDEMİR
Diş Hekimliği Fakültesi Öğretim Üyesi

İlgi : 18.07.2017 tarihli ve 22566 sayılı yazı.

İlgi yazınızda belirtilen ve 12.06.2016 tarihli ve 10/01 sayılı Karar Numarası ile Etik Kurul Onayı alınan "**Farklı lazer sistemlerinin irrigasyon solüsyonu kullanılarak veya kullanılmaksızın smear tabakayı uzaklaştırmadaki etkisi**" başlıklı Dt. Yağız ÖZBAY'ın tez çalışmasının ismi "**Farklı lazer sistemlerinin farklı irrigasyon solüsyonları kullanarak smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkisi**" olarak değiştirilmesi Etik Kurulumuzca uygun bulunmuştur.

Bilgilerini ve gereğini rica ederim.

e-İmzalıdır
Prof.Dr. Mehmet Savaş EKİCİ
Başkan

Merkez Yerleşke 71490 Yangın/Kırıkkale
Telefon No: 0 (318) 227 42 42 Faks:
E-Posta: inf@kku.edu.tr

Bilgi İçin: Hüseyin ÇE-EB
Lisans: Memur
Telefon No: 0318 257 33350 00

Bu belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Yağız Özbay 09.09.1989 tarihi'nde Zonguldak'ta doğdu. İlköğrenimini Ahmet Taner Kışlalı İlköğretim Okulu'nda bitirdikten sonra Zonguldak Fen Lisesi'nden 2007 yılında mezun oldu. 2013 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'ni bitirdi. 2014 yılından bu yana Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak görev yapan Yağız Özbay iyi derecede İngilizce bilmektedir.

