

T.C
YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

İKİ FARKLI LAZER CİHAZININ, SMEAR
TABAKASININ UZAKLAŞTIRILMASINDAKİ
ETKİLERİNİN SEM İLE İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

DİŞ HEKİMİ
Ş.TOYGAN BORA

DANIŞMAN
PROF. DR. GÜNDÜZ BAYIRLI

İSTANBUL-2009

T.C
YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

İKİ FARKLI LAZER CİHAZININ, SMEAR
TABAKASININ UZAKLAŞTIRILMASINDAKİ
ETKİLERİNİN SEM İLE İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

DIŞ HEKİMİ
Ş.TOYGAN BORA

DANIŞMAN
PROF. DR. GÜNDÜZ BAYIRLI

İSTANBUL 2009

ÖZET

Bora ŞT. İki Farklı Lazer Cihazının Smear Tabakasının Uzaklaştırılmasındaki Etkilerinin SEM İle İncelenmesi. Yeditepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti Anabilim Dalı Doktora Tezi, İstanbul 2009 İncelenmesi.

Son yıllarda diş hekimliğinde lazer uygulamalarının başarılı olması, lazerlerin endodontide de kullanımını düşündürmüş ve çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte kök kanal tedavisi yöntemleri ve aletlerinin etkin kullanımı, smear tabakasından ve debristen temizlenmiş kök kanallarının elde edilmesinde yardımcı olmuştur. Ancak tümüyle temiz ve smear tabakasının olmadığı kök kanallarına ulaşmak hala mümkün değildir. Bu amaçla lazerlerin endodontide kullanımı umut verici görülmektedir. Bu çalışmada iki farklı lazer tipi (Er:YAG; Nd:YAG) kullanılarak, EDTA solüsyonuna ve birbirlerine göre smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Araştırmamızda 70 adet, tek kökü ve kanalı bulunan, üst orta ve yan keser diş ile alt ve üst kanin dişleri kullanılmıştır. Kök kanalları “**crowndown**” tekniğinin kullanıldığı “**Hero 642**” Rotary kanal aletleri (MicroMega, Besançon, France) ile en son çalışma uzunluğunda konisitesi .02 olan #45 numaralı alete kadar şekillendirilmiştir. Her bir aletten sonra deney gruplarındaki dişlerin kanalları 2 ml %5 NaOCl solüsyonu ile yıkanmıştır. Temizleme ve şekillendirme işlemleri tamamlandıktan sonra dişler, rastlantısal olarak 20 dişten oluşan biri kontrol olmak üzere 4 gruba ayrılmıştır. 1. gruptaki dişlere serum fizyolojik, 2. gruptaki dişlere % 17 EDTA ile %5 NaOCl , 3. gruptaki dişlere Er:YAG lazer (120 mj, 15 Hz) ve 4. gruptaki dişlere ise Nd:YAG (120 mj, 15 Hz) lazer uygulanmıştır. Kök kanallarının kural, orta ve apikal üçte birinden X1000 ve X2000 büyütmelemlerde alınan SEM görüntüleri incelenmiştir. Kodlanan görüntüler birbirinden ve çalışmadan habersiz dört endodontist tarafından skorlanmıştır. Elde edilen bulguların istatistiksel değerlendirilmesi için Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi ayrıca çoklu karşılaştırmalar için Z testi kullanılmıştır.

Araştırmamızın sonuçlarına göre ; % 17 EDTA grubunda her iki büyütmede ve her üç bölgede de en düşük smear tabakası gözlem değeri elde edilmiştir. Özellikle kural bölgede, X1000 ve X2000 büyütmelerde, EDTA grubunda elde edilen smear tabakası gözlem değerleri diğer gruplardan anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$). Kural bölgede her iki büyütmede Er:YAG lazer grubunda, Nd:YAG lazer grubundan daha düşük smear tabakası gözlem değeri elde edilirken, orta ve apikal bölgelerde her iki gruba ait smear tabakası gözlem değerleri, istatistiksel olarak birbirinden farklı bulunmamıştır ($p>0.05$). Çalışmamızın sonucunda Er:YAG ve Nd:YAG lazerlerin, kök kanallarındaki smear tabakasının uzaklaştırılmasında geleneksel yöntem kadar başarılı olmadığı ve kök kanal duvarlarındaki etkilerinin sınırlı ve bölgesel olduğu grlmştir.

Anahtar kelime: Lazer, Smear tabakası, SEM

SUMMARY

Bora ŞT. Scanning Electron Microscopic Examination of The Effectiveness of Two Different Laser Devices in The Removal of The Smear Layer. Yeditepe University Health Sciences Institute, Department of Endodontics, Ph.D. Thesis, İstanbul 2009.

In recent years, the successful results in the application of lasers in dentistry, led to consideration of laser utilization in endodontics. Various researches were carried out in this respect. Improvements in technology together with root canal treatment methods and effective use of instruments, resulted in obtaining root canals clear of smear layer and debris to a great extent. Provision of the total elimination of the smear layer has not been possible. The use of lasers in endodontics seems hopeful to reach this purpose. Two different types of lasers (Er:YAG ; Nd:YAG) were used in this study for the purpose of comparing the effectiveness of these lasers and 17% EDTA and 5% NaOCl solution(s), in removing the smear layer.

In our study, seventy single-rooted, single-canal maxillary central, lateral incisor and maxillary and mandibular canine teeth were used. The root canals were shaped by “HERO 642” rotary instruments (MicroMega, Besançon, France) up to .02 tapered #45 rotary file at the working length using a crown-down concept. The root canals of the teeth in the experimental groups were irrigated by 2ml of 5% NaOCl solution, after using each instrument. The teeth, were randomly divided into four groups, one serving as the control group. Each group consisted of twenty teeth.

Physiological saline solution was applied in the first group, 17% EDTA and 5% NaOCl in the second group, Er:YAG laser (120mj, 15hz) in the third group, and Nd:YAG laser (120mj, 15hz) in the fourth group.

The coronal, middle, and apical thirds of the root canals were magnified at X1000 and X2000 and their SEM images were examined. The degree of evaluation was scored in a blind manner based on a four grade scale by four experienced endodontists who were not informed of the true nature and purpose of these experiments. Kruskal Wallis one-way analysis of variance and Z-test for multiple comparison were used for statistical evaluation of the results.

According to the results of the study, in the 17% EDTA and 5% NaOCl group, the lowest value of smear layer was observed in both magnifications and in all portions of the root canals. Specifically, in the coronal third, at x1000 and x2000 magnifications of the EDTA%17 and 5% NaOCl group, smear layer observation values were significantly lower than the other groups ($p < 0.05$).

While lower smear layer values were obtained in the coronal third of the Er:YAG laser group compared to Nd:YAG laser group in both magnifications, the smear layer observation values of both laser groups in the middle and apical third were not statistically significant from each other.

Consequently, it was observed that the Er:YAG and Nd:YAG lasers are not as successful as the conventional methods in removing the smear layer in the root canals, and their effectiveness is limited and partial.

Keywords: Laser, Smear layer, SEM

TEŞEKKÜR

Fakültemizin, ülkemizin en kaliteli eğitim veren diş hekimliği fakültesi olmasında sonsuz emeği geçen değerli dekanımız Sayın **Prof. Dr. Türker Sandallı**'ya,

Öğrencilik ve doktora hayatım boyunca, bilgi ve becerisini benden esirgemeyen, öğrencisi olduğum için onur duyduğum sevgili hocam Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı başkanı Sayın **Prof. Dr. Gündüz Bayırlı**'ya,

Doktora hayatım boyunca eğitimimde çok büyük katkısı olan örnek insan olduğumu düşündüğüm değerli hocam **Doç. Dr. Figen Kaptan**'a , bana ablalık yapan ve bilgisini ve yardımını hiçbir zaman esirgemeyen sevgili hocam **Doç. Dr. Jale Tanalp**'e, bana endodontiyi sevdiren, birlikte olmaktan hiç sıkılmadığım ve sıkılmayacağım, her zaman destek olan, öz abim kadar sevdiğim **Doç. Dr. Mehmet Baybora Kayahan**'a,

Çok sevgili, doktora arkadaşlarım **Tolga Sandıkçı**'ya, **Esra Güven Pamukçu**'ya , **Melih Bayrakçı**, **Mert Gökay Eroğlu**, **Kamer Milkar** ve **Tuba Ayhan**'a,

Bana çok yardımcı olan **Dr. Zeynep Özkurt**'a ve değerli arkadaşım **Burak Kut**'a, Tübitak MAM Malzeme Enstitüsü çalışanları **Orhan İpek** ve **Cem Berk**'e,

Hayatım boyunca desteklerini ve sevgilerinin benden hiçbir zaman esirgemeyen sevgili babam **Şemi Bora**'ya ve annem **Melda Bora**'ya,

Sonsuz ve içten teşekkürlerimi sunuyorum...

İÇİNDEKİLER

İÇ KAPAK	II
ÖZET	IV
SUMMARY	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER	IX
KISALTMALAR	XI
TABLO LİSTESİ	XIII
ŞEKİL LİSTESİ	XIV
RESİM LİSTESİ	XV
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Lazer Apareylerinin Tarihçesi.....	3
2.2. Lazer Işığı.....	4
2.3. Lazerin Dokulara Etkisi.....	6
2.4. Soft Lazerler.....	9
2.5. Hard Lazerler.....	10
2.5.1. Nd:YAG Lazer.....	11
2.5.2. Er:YAG Lazer.....	12
2.6. Smear Tabakası ve Kaldırılması.....	14
2.7. Smear Tabakasının Fayda ve Sakıncaları.....	15
2.8. Smear Tabakasının Uzaklaştırılması.....	16
2.8.1. Smear Tabakasının Yıkama Solüsyonları ile Uzaklaştırılması.....	16
2.8.1.1. Sodyum Hipoklorit.....	17
2.8.1.2. Şelasyon Ajanları.....	18

2.8.1.3. Organik Asitler.....	19
2.8. 1.4. Sodyum Hipoklorit ve EDTA.....	20
2.8.1.5. Ultrasonikler.....	21
2.8.2. Smear Tabakasının Lazer Işınları ile Uzaklaştırılması.....	22
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	25
3.1. Smear Tabakasının Uzaklaştırılmasında Kullanılan Cihaz ve Materyaller.....	26
3.1.1. Serum Fizyolojik Uygulanan Grup	26
3.1.2. %17 EDTA ve %5 NaOCl Uygulanan Grup.....	26
3.1.3. Nd:YAG Lazer Uygulanan Grup.....	28
3.1.4. Er:YAG Lazer Uygulanan grup.....	29
3.2. Sem Çalışması	30
3.3. Sem Görüntülerinin Skorlanması.....	32
3.4. İstatistiksel Değerlendirme.....	32
4. BULGULAR.....	33
5. TARTIŞMA.....	63
6. SONUÇLAR.....	75
7. KAYNAKLAR.....	77
9.ÖZGEÇMİŞ.....	98

KISALTMALAR

NaOCl	: Sodyum Hipoklorit
EDTA	: Etilen-Diamin Tetra-asetik Asit
CO₂ Lazer	: Karbondioksit Lazer
Nd:YAG Lazer	: Neodyum: Yitrium Aluminyum Garnet Lazer
Er:YAG Lazer	: Erbiyum: Yitrium Aluminyum Garnet Lazer
He-Ne Lazer	: Helyum-Neon Lazer
Ga-As Lazer	: Galyum-Arsenit Lazer
Ga-Al-As Lazer	: Galyum-Aluminyum Arsenit Lazer
Er:Cr:YSGG Lazer	: Erbiyum-Kromyum-Yitrium-Skandiyum- Galyum-Garnet
Ho:YAG Lazer	: Holmyium: Yttrium Aluminyum Garnet Lazer
FDA	: Food Drug and Administration
SEM	: Scanning Electron Microscope
Ph	: Power of Hydrogen
REDTA	: 0.84 g Cetyl-tri-methyl ammonium bromide ilave edilmiş %17 EDTA
EDTAC	: Cetavlon ilave edilmiş Etilen-Diamin-Tetra- asetik Asit
W	: Watt (Güç birimi)
Pps	: Pulse per Second
mj	: Millijoule
Hz	: Hertz (Tekrarlama hızı, saniyedeki atım sayısı)
Ag(NH₃)₂ F	: Diamin Gümüş Florür
KTP/532 Lazer	: Potasyum –Titanil – Fosfat lazer
KW	: Kruskall Wallis Tek Yönlü Varyans Analiz Testi
Sd	: Standart Sapma

X	: Ortalama
μm	: Mikrometre
nm	: Nanometre (dalgaboyu):Dalga pikleri arasındaki uzaklık. nanometre, nm (10^{-9} m), milyarda biri mikron, μm (10^{-6} m = 1,000 nm), milyonda biri angstrom, Å (10^{-10} m, $10 \text{ Å} = 1\text{nm}$)

TABLO LİSTESİ

sayfa

Tablo 1 : Çalışma kapsamında yapılan gözlemlerin gruplara göre ortalama smear tabakası gözlem değerleri.....	33
Tablo 2 : Çalışma kapsamında yapılan gözlemlerin gruplara göre ortalama smear tabakası gözlem değerleri	34
Tablo 3 : Diş kökünün kural üçte bir bölgesinde X1000 büyütme ile elde edilen bulguların standart sapma ve anlamlılık dereceleri	35
Tablo 4: Diş kökünün kural üçte bir bölgesinde X2000 büyütme ile elde edilen bulguların standart sapma ve anlamlılık dereceleri	36
Tablo 5: Diş kökünün orta üçte bir bölgesinde X1000 büyütme ile elde edilen bulguların standart sapma ve anlamlılık dereceleri.....	37
Tablo 6: Diş kökünün orta üçte bir bölgesinde X2000 büyütme ile elde edilen bulguların standart sapma ve anlamlılık dereceleri	38
Tablo 7: Diş kökünün apikal üçte bir bölgesinde X1000 büyütme ile elde edilen bulguların standart sapma ve anlamlılık dereceleri.....	39
Tablo 8: Diş kökünün apikal üçte bir bölgesinde X2000 büyütme ile elde edilen bulguların standart sapma ve anlamlılık dereceleri.....	40
Tablo 9: X1000 büyütme ile kökün üç bölgesinde elde edilen smear tabakası gözlem değerleri ve grupların kendi içerisindeki istatistiksel değerlendirilmesi.....	42
Tablo 10: X2000 büyütme ile kökün üç bölgesinde elde edilen smear tabakası gözlem değerleri ve grupların kendi içerisindeki istatistiksel değerlendirilmesi.....	44

ŞEKİL LİSTESİ

sayfa

Şekil 1. X1000 büyütmede kökün üç bölgesinde smear tabakası gözlem değerlerinin dağılımı.....	43
Şekil 2. X2000 büyütmede kökün üç bölgesinde smear tabakası gözlem değerlerinin dağılımı.....	45

RESİM LİSTESİ

	sayfa
Resim 1. %5 NaOCl solüsyonu.....	27
Resim 2. %17 EDTA solüsyonu.....	27
Resim 3. Kök kanallarının irrigasyonunda kullanılan perfore iğne.....	27
Resim 4. Nd:YAG lazer iletiminde kullanılan fiber-optik uç.....	28
Resim 5. Er:YAG lazer iletiminde kullanılan fiber-optik uç.....	28
Resim 6. Nd:YAG lazer cihazı.....	29
Resim 7-8. Er:YAG lazer cihazı.....	30
Resim 9. SEM öncesinde enine kesiti alınan ve alkol serisinden (%70-100) geçirilen dişler	31
Resim 10. SEM incelemesinden önce altın paladyum kaplanan dişler	31
Resim 11. Çalışmada kullanılan taramalı elektron mikroskobu	32
Resim 12. %17 EDTA ve NaOCl uygulanan grupta kökün kuronal üçte bir bölgesinden X500 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	47
Resim 13. %17 EDTA ve NaOCl uygulanan grupta kökün kuronal üçte bir bölgesinden X1000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	47
Resim 14. %17 EDTA ve NaOCl uygulanan grupta kökün kuronal üçte bir bölgesinden X2000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	48
Resim 15. %17 EDTA ve NaOCl uygulanan grupta kökün orta üçte bir bölgesinden X1000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	48
Resim 16. %17 EDTA ve NaOCl uygulanan grupta kökün orta üçte bir bölgesinden X2000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	49
Resim 17. %17 EDTA ve NaOCl uygulanan grupta kökün apikal üçte bir bölgesinden X1000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	49
Resim 18. %17 EDTA ve NaOCl uygulanan grupta kökün apikal üçte bir bölgesinden X2000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	50

Resim 19. Er:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün kuronal üçte bir bölgesinden X500 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	50
Resim 20. Er:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün orta üçte bir bölgesinden X500 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	51
Resim 21. Er:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün kuronal üçte bir bölgesinden X1000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	51
Resim 22. Er:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün kuronal üçte bir bölgesinden X2000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	52
Resim 23. Er:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün kuronal üçte bir bölgesinden X1000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	52
Resim 24. Er:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün kuronal üçte bir bölgesinden X2000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	53
Resim 25. Er:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün orta üçte bir bölgesinden X1000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	53
Resim 26. Er:YAG lazer ışını uygulanan grupta orta üçte bir bölgesinden X2000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	54
Resim 27. Er:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün apikal üçte bir bölgesinden X1000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	54
Resim 28. Er:YAG lazer uygulanan grupta kökün apikal üçte bir bölgesinden X2000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	55
Resim 29. Er:YAG lazer uygulanan grupta fiber optik ucun kök kanalında dairesel hareketlerle apikalden kuronale hareketi ile oluşan krater şeklindeki mikropatlamaların X30 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	55
Resim 30. Nd:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün kuronal üçte bir bölgesinden X1000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	56
Resim 31. Nd:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün kuronal üçte bir bölgesinden X2000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	56
Resim 32. Nd:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün orta üçte bir bölgesinden X1000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	57
Resim 33. Nd:YAG lazer uygulanan grupta kökün orta üçte bir bölgesinden X2000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	57

Resim 34. Nd:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün apikal üçte bir bölgesinden X1000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	58
Resim 35. Nd:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün apikal üçte bir bölgesinden X2000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	58
Resim 36. Nd:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün apikal üçte bir bölgesinde oluşan kraterin X500 büyütmede alınan görüntüsü.....	59
Resim 37. Nd:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün orta üçte bir bölgesinde oluşan kraterlerin X500 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	59
Resim 38. Kontrol grubuna ait kökün kuronal üçte bir bölgesinde smear tabakasının X2000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	60
Resim 39. Kontrol grubuna ait kökün kuronal üçte bir bölgesinde smear tabakasının X1000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	60
Resim 40. Kontrol grubuna ait kökün orta üçte bir bölgesinde smear tabakasının X2000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	61
Resim 41. Kontrol grubuna ait kökün orta üçte bir bölgesinde smear tabakasının X1000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	61
Resim 42. Kontrol grubuna ait kökün apikal üçte bir bölgesinde smear tabakasının X1000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	62
Resim 43. Kontrol grubuna ait kökün kuronal üçte bir bölgesinde smear tabakasının X1000 büyütmede alınan SEM görüntüsü.....	62

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Endodontik tedavinin amacı, kök kanal sistemindeki enfekte ve nekrotik doku artıklarının, bakteri ve yan ürünlerinin uzaklaştırılması ve bu sistemin üç boyutlu olarak, doku sıvısı ve mikroorganizma girişini önleyecek şekilde doldurulmasıdır.

Endodontik tedavinin başarılı olabilmesi için şekillendirme ve irrigasyon işlemleri en önemli iki faktörü oluşturmaktadır.

Kök kanalları şekillendirilirken, kanal duvarları üzerinde dentin, pulpa dokusu kalıntıları, odontoblast uzantıları, kan hücreleri ve bakterilerden bir tabaka oluşmaktadır. Bu tabakaya smear tabakası denir (1,2). Şekillendirilmiş kök kanallarında, smear tabakası oluşumu, ilk olarak McComb ve Smith tarafından bildirilmiştir (1). Bu çalışmayı takiben smear tabakasının dentin duvarlarından uzaklaştırılması için çeşitli araştırmalar yapılmıştır (3,4). Smear tabakasının fayda ve sakıncaları birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (5,6,7). Smear tabakasının varlığının fayda ve sakıncaları hala tartışılıyor olsa da; genel görüş bu tabakanın kaldırılması şeklindedir. Son 20 yılda yapılan çalışmaların çoğu smear tabakasının kaldırılmasını destekler niteliktedir ve kök kanal duvarlarından smear tabakası uzaklaştırılmasının önemini ortaya koymuştur (3,8,9).

Smear tabakasının tam bir fiziksel bariyer olmadığı, antimikrobiyal ajanların ve irrigasyon solüsyonlarının mikroorganizmalara etkisini geciktirdiği, ayrıca kök kanal duvarında bulunan dentin kanallarını tıkadığı ve kanal dolgu patlarının kanal duvarına tam olarak tutunmasını engellediği görüşü hakimdir.

Smear tabakasının uzaklaştırılmasının, kök kanalı antiseptiklerinin etkisini ve sealerların dentine tutunmasını arttıracığı, bunun sonucunda kanal dolgusunun daha başarılı olabileceği düşünülmektedir (10).

Yapılan çalışmalarda, çeşitli irrigasyon solüsyonları kullanılan kemomekanik işlemler sonrasında smear tabakasının kök kanallarından tamamen uzaklaştırılmadığı saptanmıştır (11).

Sodyum hipoklorit, organik pulpa dokusunu çözmesi, bakterisit ve etkin temizleme özellikleri ile endodontik tedavide en sık kullanılan yıkama solüsyonu olmuştur. Buna rağmen sodyum hipoklorit, şekillendirme sırasında oluşan smear tabakasını kaldırmakta başarılı değildir. Smear tabakasının kaldırılması için NaOCl'i takiben EDTA ile son yıkamanın yapılması önerilmektedir (12). Fakat yine de smear tabakasının kök kanal duvarından tamamen uzaklaştırılması mümkün olmamaktadır.

Son yıllarda lazerin dişhekimliğinde yer alması ve başarılı çalışmaların ortaya konulması endodontide de kullanımını düşündürmüş ve bu konuda çeşitli araştırmalar yapılmıştır (13,14). Gelişen teknolojiyle birlikte geleneksel kök kanal tedavisi yöntemlerinin kombine kullanımı, smear tabakasından ve debristen temizlenmiş kök kanal tedavilerini mümkün kılabilmektedir. Bu açıdan lazerlerin endodontide kullanımı umut vericidir.

İlk olarak Bahcall ve arkadaşları Nd:YAG (neodymium: yttriyum alüminyum garnet) lazerin kök kanal preparasyonunda etkili olabileceğini göstermişlerdir (15). Nd:YAG lazer uygulamalarının smear tabakasında erime ve rekristalizasyonlar oluşturduğu, smear tabakası ve doku kalıntılarını uzaklaştırdığı bildirilmiştir (16).

Er:YAG lazerle yapılan çalışmalarda, mikropatlama ile küçük parçaların uzaklaştığı ve buharlaştığı gösterilmiştir (17). Ayrıca bazı araştırmacılar tarafından Er:YAG lazerin smear tabakasını kaldırmakta etkili olduğu bildirilmiştir (14,18). Bu açıdan bakıldığında lazer ışığı smear tabakasının kaldırılmasında ve kök kanal tedavisinin başarısında önemli bir rol oynayacak gibi görünmektedir. Bu çalışmada iki farklı lazer tipi (Er:YAG; Nd:YAG) kullanılarak, EDTA solüsyonuna ve birbirlerine göre smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Lazer Apareylerinin Tarihçesi

Einstein uygun boyutlu bir fotonun uyarılmış durumda bulunan bir moleküle çarpması halinde, bu molekülün daha düşük enerji seviyesine inerken, kendisine çarpan fotonla tamamen aynı büyüklükte ve o fotonla aynı doğrultuda hareket eden bir foton salacağı fikrini ortaya atmıştır (19). Daha sonra bir gaz odacığının mikrodalga ışınları ile uyarılması sonucunda Einstein'ın ileri sürdüğü foton salınımının gerçekleştirilmesi ile *MASER (Microwave amplification by stimulated emission of radiation)* prensibi ortaya çıkmıştır (20). Schawlow ve Townes 1958 yılında *MASER* prensibinin ışık dahil herhangi bir dalga boyundaki tüm elektromanyetik dalgalara uygulanabileceğini ileri sürerek '*light amplification by stimulated emission of radiation*' (LASER) kavramını ortaya atmışlardır (21).

İlk lazer 1960 yılında Theodore Harold Mainmann tarafından geliştirilen yakut lazerdir (22). Yaklaşık bir yıl sonra da Snitzer neodyum lazeri tanıtmıştır. Yakut lazerin diş hekimliğindeki potansiyel kullanımları üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır (23,24). Bunları takiben Argon, CO₂, Nd:YAG ve Er:Yag lazerler geliştirilmiş ve farklı dişhekimliği uygulamaları için kullanıma sunulmuştur.

Endodontide ilk lazer uygulaması CO₂ lazer ile foramen apikalenin tıkanması için yapılmıştır (25). Bu çalışmayla istenilen amaçlara ulaşılamamış olsa da, yeni çalışmalara öncülük etmesi açısından önem taşımaktadır. Daha sonra aynı amaçla Nd:YAG lazer kullanılmıştır (26). İlk in vitro çalışma Nd:YAG ve Ho:YAG (Holmyium:Yttrium alüminyum garnet) lazerler ile yapılmış, başarılı sonuçlar elde edilememiştir. Kanal içerisine uygulanan uçların uyumsuz olması nedeni ile oluşan sorunlar, Nd:YAG lazerlerle birlikte fiber optik uçların kullanımı sayesinde

azaltılmıştır. Daha sonraki yıllarda dişhekimliğinde lazer uygulaması ile ilgili pek çok makale yayınlanmıştır (27,28,29,30). Son 10 yılda dişhekimliğinde lazer kullanımı ile ilgili araştırmalar ve uygulamalar önemli ölçüde artmıştır.

2.2. Lazer Işığı

Lazer ‘Light amplification by stimulated emission of radiation’ kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. Radyasyonun uyarılmış emisyonu ile ışığın güçlendirilmesi anlamına gelmektedir. Radyasyon tanımı, lazerlerde kullanılan, gözle görülebilen tek ışık formunda ve iyonize olmayan radyasyonu içermektedir (31,32,33).

1.Lazer ışığı tek renkli ve tek dalga boyunda “monokromatik” tir.

2.Birbirine yapışık (coherent), diğer bir ifade ile tüm fotonlar organize ve aynı fazlı paralel dalgalar halindedir.

3.Doğrusaldır. Etrafa gelişigüzel dağılmaması ciddi seviyede enerjinin çok ufak noktalara odaklanmasına imkan tanımaktadır. Lazer ışığı, dağılmadan yön verilebilmesi, tek noktada odaklanabilmesi gibi önemli özelliklere sahiptir (19,34).

Lazer kaynağının ürettiği ışık tek bir dalga boyuna sahipken, lazer olmayan ışıklar ise içerisinde birçok dalga boyu barındırmaktadır (34,35).

Bu üç özelliğin meydana gelmesi için, ‘stimüle edilmiş salınım’ gerçekleşmelidir. Normal ışıkta atomlar elektronlarını gelişigüzel salarlarken stimüle edilmiş salınımda foton salınımı organizedir. Salınım bir kez başladığında hareketlenen elektronlar kendileri gibi uyarılmış elektronlarla karşılaşır onların da foton oluşturmalarına neden olabilirler (19,34).

Lazer ışığı foton yayılmasından ibarettir. “Electromagnetic radiation” a “photon” da denir, kütlesi ve ağırlığı olmayan bir enerjidir. Bir atomun, uyarılmış durumda olduğu zaman aralığında üzerine belli bir dalga boyunda foton düşürülürse, atom aynı fazda foton yayar (36).

Lazer apareyleri, enerji yüklenmiş atomların foton salınımını kontrol eden cihazlardır. Lazer ışığı, enerji pompalanan atomların ışık yaymaya başlamasıyla oluşur. Bu ışık, daha sonra ayna kullanılarak güçlenmektedir. Enerjinin atoma hangi tipte pompalanacağı, lazer ışığında kullanılan cisme bağlıdır. Bu cisim örneğin yakut, erbiyum veya neodyum olabilir (36).

Bir atom üzerine, alabileceği kadar enerji tamamen pompalanınca bünyesine daha fazla enerji alamaz. Bu şekilde bir atom kendini uyarılmış olan enerji ile eşit enerjiye sahip bir ışık dalgasının çarpışması sonucu, enerjisini ışık dalgasına çevirir ve karşılaştığı dalga ile aynı frekansta ve aynı fazda iki ışık dalgası yayar. Çarpışmaların sayısını arttırabilmek ve daha çok ışık kazanabilmek için, lazerin karşılıklı iki kenarına paralel iki ayna yerleştirilmektedir. Dik bir açıyla aynaya çarpan ışık dalgası, karşısındaki aynaya yansıdığı ve ardından iki ayna arasında gidip geldiği için, dış yüzeye çıkamamaktadır. Işık dalgası belirli bir yoğunluğa ulaştığı zaman aynaların yarı geçirgen olanından geçerek iletici kol aracılığı ile istenilen dokuya iletilirler. Işık kümeleri, lazer yapımında kullanılan malzemenin iç yüzeyinden geçerken, enerji ile dolmuş diğer atomlarla karşılaşır ve bu karşılaşmaları atomları, depolamış oldukları enerjilerini ortaya çıkarmaları için zorlarlar, böylece enerjilerinin ışık olarak açığa çıkarılmasını sağlamış olurlar. Işık oluşunca cihazın içerisindeki lensler yardımıyla odaklanarak genellikle bir fiberoptik iletici vasıtasıyla dokuya iletilir. Lazer sistemlerinin bazıları kesintisiz, sürekli lazer ışığı (*continuous laser irradiation*) sağlarken, bazı sistemlerde kullanılan metal perdeciklerle, ışığın pulsatif akımı sağlanır. Lazer ışığında meydana gelen bu kesinti gözle farkedilemeyecek kadar kısa zaman aralığında gerçekleşir ve bu kesintileri meydana getirmek, ışığı dönen bir pervanenin kanatlarının arkasından göndermeye benzer bir etkiye sahiptir. Bu tip kesikli iletilen ışığa ‘*chopped laser beam*’ denilmektedir. Bu sistemlerde bir saniyede yüzlerce kez ışığı durdurup yeniden

göndermek mümkündür. Bazı sistemlerde ise enerji bir süre biriktirilip, daha kısa bir zaman diliminde salınmaktadır. Bu şekilde çok daha fazla enerji içeren bir atım elde edilebilmektedir. Bu karakterdeki lazer akımına duraksatılmış akım anlamına gelen “*pulsed laser irradiation*” denilmektedir (37).

‘Pps’, “pulse per second” anlamına gelen bir birim olup lazer cihazının saniyede kaç atım yaptığını belirtmek için kullanılır. Frekansı ifade eden ‘Hz’ (Hertz) birimi de aynı anlamda kullanılmaktadır (38).

2.3. Lazerin Dokulara Etkisi

Değişik tipteki lazerler aynı doku üzerinde farklı etkiler gösterebilirler. Benzer şekilde bir lazer uygulandığı dokuya göre de farklı etkiler oluşturabilir. Bu nedenle her tip lazerin aynı uygulamada aynı dokuda benzer etkiler yaratmayacağı unutulmamalıdır (38).

Lazer enerjisinin dokular tarafından emilimi sırasında fotokimyasal, fototermal, fotomekanik olmak üzere üç tip etkileşim/doku cevabı meydana gelmektedir. Bu etkileşimlerin klinik uygulamalara göre oluşumları farklıdır (34).

Fotokimyasal doku cevabı, biyostimülasyonu içermektedir. Bu etkileşim, belirli bir dalga boyunda olan lazer ışığının, kromoforlar ve ışığı absorbe edebilen maddeler tarafından emilerek, hücresel seviyede biyokimyasal olayların gerçekleşmesi şeklindedir (39).

Fototermal etkileşimde ışık enerjisi doku tarafından emildikten sonra ısı enerjisine dönüştürülür. Özellikle cerrahi uygulamalarda bu doku etkileşiminden söz edilebilir. Dokuda buharlaşma ve koagülasyon oluşumu bu etkileşime örnek olarak verilebilir (39).

Fotomekanik etkileşim, termal olmayan etkileşimler olup klinikte görünüşleri **fotoablasyon** ve **fotodistrupsiyon** şeklindedir. Bu etkiler lazer ışığının çevre dokulara ısı iletmeden kısa süreli uygulanması ile gerçekleşir (39).

Fotoablasyon, dokuların doku sıvısının buharlaşma ve süper ısınması ile uzaklaştırılmasıdır ve yüzeysel dokuda oluşur. Sert dokuda çalışılırken istenilen etkileşim genellikle bu şekilde olmalıdır (39).

Fotodistrupsiyon ise dokuların lazer ışığı ile parçalanması anlamına gelir, bu etki dokunun şeffaf ve derin tabakalarında olur. Lazer ışığı doku ile temas ettiği zaman oluşan bu etkileşimler sadece dalga boyuna bağlı değildir. Doku cevabı; güç yoğunluğu, süre, frekans, dokunun optik özellikleri, yapısı gibi parametrelere bağlıdır (40). Meydana gelebilecek doku zararları da yine bu parametrelerden doğrudan etkilenmektedir. Bu nedenle dişhekimleri lazer dozunun çeşitliliğini uygun parametreler kullanarak kontrol etmelidirler. Meydana gelen etkileşim bir başka deyişle cm^2 ’ye düşen güç yoğunluğu ve süre ile ilgilidir. Dokuda lazer emilimi dalga boyu ile belirlenir. Örneğin CO_2 lazer birçok madde tarafından çok iyi emilir. CO_2 lazer doku yüzeyinin ilk 100 μm içersinde absorbe olur (41). Er:YAG lazerin suda emilimi en fazla olup en düşük emilim Nd:YAG lazerdedir; suda, yumuşak ve sert dokuda daha fazla penetre olabilmektedir. Bunun tam tersi olarak Nd:YAG lazerin melanin gibi doku pigmentlerinde emilimi daha fazladır. Doku pigmentleri ve kromoforlar belli dalga boylarındaki lazer ışığı emiliminde seçicidir (42).

Lazer ışığının dokuya ulaşması; yansıma (reflection) , yayılma (scatter) , emilim ya da dokuda herhangi bir etki yaratmadan dokuyu terkederek iletimle (Geçiş/Transmisyon) sonuçlanabilir (35). Yansıyan ışık, doku yüzeyinden sekerek dışarıya doğru dağılmaktadır. Yansımanın meydana gelmesi, dokuya iletilmesi istenilen enerjinin yeterli miktara ulaşamayacağı anlamına gelmektedir. Yansıma sırasında lazer enerjisi miktarı ve zararı, uygulanan dokuya ve enerji miktarına göre değişir. Doku içerisine giren enerji miktarı yansımanın oluşumu ile azalır ve ışık enerjisi başka moleküllere sıçrayınca yayılma meydana gelir. Buna “scatter” etkisi denir. Yayılma lazer enerjisinin çevre dokuya sıçraması ve hedeflenen bölgeden

farklı yönlere sapan kısmıdır. Scatter, enerjinin dokuda daha geniş bir hacme dağılmasından sorumludur. Enerji dokuda bir miktar dağıldıktan sonra absorpsiyon meydana gelir. Emilim, enerjinin hedeflenen doku tarafından absorbe edilmesidir. Bu etki hedef dokunun absorpsiyon gücü, yoğunluğu, mineral ve su oranları ile lazerin dalga boyu ve iletim şekline bağlı istenen bir etkidir. Absorpsiyonu etkileyen ikincil faktörler arasında ışının geliş açısı, süre, yüzey nemliliği, dokunun kalınlığı gösterilebilir (37).

Emilim arttıkça saçılma azalır ve enerji daha geniş bir alana yayılır. Emilimin gerçekleşmesi doku içerisinde oluşacak termal etkilerden sorumludur. Bu durum ışık enerjisinin ısı enerjisine dönüşümü olarak da tarif edilebilir. Emilim meydana gelmesi ışık enerjisinin ısı enerjisine dönüşümü olarak bilinir. Geçiş yani transmisyon ise dalga boyuna bağlı olarak lazer ışınının, doku içerisinden geçerek ulaştığı maksimum penetrasyon derinliğidir. Yansıma, yayılma ve transmisyon doku içerisinde bir etki meydana getirmezken, absorbe olan ışık farklı etkilere yol açmaktadır. Bunların içinde en önemlisi, doku içinde ani ısı oluşumu olarak tarif edilebilen fototermal etkidir. Bu etki, yumuşak dokulardaki intraselüler sıvının kaynarak buharlaşması sonucunda hücrenin patlayarak devamlılığının bozulması ile ortaya çıkmaktadır. Sert dokularda da hidroksiapatit yapı içindeki su moleküllerinde benzer etkiler görülmektedir (17,43).

Dişhekimliğinde lazer uygulamalarının çevreye etkileri çoğunlukla ısı ile olmaktadır. Sert dokularda fotoablasyon ile yüksek atım enerjisine bağlı olarak minik patlamalar sonucu su ve organik matriks buharlaşır. Diş sert dokularında ışın almayan bölgelerin termik zarar görmeden lazerlerin dokuyu kaldırması istenir. Bu amaçla dalga boyu , atım süresi ve sıklığı , enerji yoğunluğu, uygulama yapılan doku ve soğutma gibi faktörler mutlaka çok iyi değerlendirilmelidir (34).

İdeal lazer sistemlerinde, lazer ışığının dokuya iletimi amacıyla, fiberoptik iletim sistemleri kullanılır. Bu sistemler esnek ve kullanımı kolay olup, kontakt ve non-kontakt işlemleri mümkün hale getirirler. Ancak tüm dalgaboyları (CO₂ ve Nd:YAG) quartz yapısındaki fiberoptikler boyunca iletilememektedir. Dalga boyları

kızılötesi aralığında olan lazerler fiber optik uçla çalışmakta ve enerjisini bu yolla iletebilmektedir. Diğer tip lazerlerde içi boş metal boru ve ayna kombinasyonlarından oluşan, eklemli ileti sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerin yüzeyel dokularda kullanımı kolayken, oral kavite gibi ulaşımın zor olduğu sahalarda kullanımı ideal olmaktan uzaktırlar. Bazı yeni lazer sistemlerinde ise eklemli ileti sisteminin bir varyasyonu olan ve ‘*hollow wave guide*’ olarak adlandırılan sistemleri kullanılmaktadır. “**Hollow wave guide**”, ışığı dokuya kadar iletmek amacıyla içi aynayla veya folyoyla kaplanmış, esnek bir metal tüptür (44). Fiberoptik sistemler kadar esnek olmasalar da oral kaviteye ulaşmasında önemli ve kullanışlı bir sistem olarak değerlendirilmektedir (45).

Diş sert dokusu lazer yayılımını araştırmak için en uygun doku gibi görünmektedir. Bunun nedeni, dişin optik ve fiziksel özelliklerinin in vivo ve in vitro olarak benzemesi ve katı polikristalin yapısının ışık biliminde incelenen diğer maddelerle benzerlik göstermesidir (46).

Medikal ve dental amaçlı kullanılan lazerler iki genel grupta toplanabilirler: Bunlar **soft** ve **hard** lazerlerdir. **Soft lazerler** hücrel aktiviteyi arttırdığı düşünülen düşük dalga boyunda olan lazerlerdir. **Hard lazerler** buharlaştırma, kesme ve koagüle etme gibi amaçlarla kullanılmaktadır (27,28).

2.4. Soft Lazerler

Soft lazerlerin insanda kullanımı 1970’ lere dayanmaktadır (47). Foto-kimyasal etkiyle çalışan ve soğuk (atermik) lazer olarak da bilinen ve düşük enerji kaynağı olan bu lazerler uzun süreli uygulama gerektirirler. Dokuya zarar vermezler. Biyokimyasal ve moleküler işlemler üzerinde uyarıcı olup, özel boyaarla kullanıldıklarında antimikrobiyal etkiye sahiptirler (27). Soft lazerlerde aktif ortam

maddesi olarak genellikle yarı iletken diyotlar kullanılmaktadır. Bu sistemler, doku rejenerasyonuna yardımcı olmak, ağrının, ödemin enflamasyonun azaltılması, iyileşmenin hızlandırılması amaçları ile uygulanırlar. Klinikte kullanılan soft lazerler He-Ne (helyum-neon), Ga-As (galyum-arsenit) ve Ga-Al-As (galyum-aluminyum-arsenit) lazerlerdir. Işıkları görülebilir spektrumdadır ve bu nedenle rehber ışık olmadan uygulanabilirler. He-Ne lazer ayrıca, görünmeyen dalga boyundaki başka lazerlerin (örneğin karbondioksit lazer) nereye hedeflendiğinin anlaşılması amacıyla kılavuz lazer ışığı olarak kullanılmaktadır (48).

Soft lazerlerin yara iyileşmesini hızlandırma mekanizması tam olarak açıklığa kavuşmamış olmakla beraber, en fazla kabul bulan öngörü, fibroblast uyarımı sonucu kollajen üretimini arttırmasıdır. Dentin hassasiyetini azaltmak ve aftların iyileşmesini hızlandırmak gibi işlemler için kullanılmaktadırlar (49).

2.5. Hard Lazerler

Hard lazerler ısı açığa çıkardıklarından ‘termik lazerler’ olarak da bilinirler ve kesmek, koagüle etmek, dezenfeksiyon, buharlaştırmak gibi amaçlarla kullanılırlar. Er:YAG, Nd:YAG, Argon, Er:Cr;YSGG, Ho:YAG ve excimer lazer diş hekimliğinde kullanılan hard lazerlerdir. Er:Cr;YSGG ve Er:YAG sert dokularda, çürük kavitelelerinde kullanılırlar. Özellikle Er:YAG lazerin smear tabakasının kaldırılmasında en etkili lazer olduğu bildirilmiştir (14). Nd:YAG lazerlerle kök kanal dezenfeksiyonu ve smear tabakasının kaldırılması için yapılmış çalışmalar vardır. Ho:YAG lazerin de benzer amaçlar için kullanımı düşünülmüş ve çeşitli çalışmalarda kullanılmıştır. Ancak sert dokularda emilimi oldukça düşüktür. CO₂ lazer ise daha çok yumuşak doku cerrahisinde kullanılmaktadır bunun yanında sert dokular üzerinde yapılmış çalışmalar da vardır. Ancak termal zararlarından dolayı sert dokulardaki kullanımları sınırlıdır (50,51).

2.5.1 Nd:YAG Lazer

1964 yılında Geusic (52) tarafından geliştirilen Nd:YAG lazerin (neodymium:yttrium lazerin) aktif ortamı, az oranda neodymium ile uniform şekilde bir araya gelmiş yttrium ve alüminyumdan yapılmış katı bir garnet (lal taşı) kristalidir. Salınım dalga boyu 1064 nm olup, kızılötesi spektrumda yer alır. Nd:YAG lazerin dalga boyu, suda 60 mm derinliğe kadar penetre olur ve enerjisi doku yüzeyinde absorbe olduğundan yumuşak dokuda daha fazla “scatter” yayılma etkisi göstermektedir (53). 1990 yılında Myers’ in dişhekimliği için geliştirdiği bu lazer ışığı Food and Drug Administration (FDA) tarafından yumuşak dokuda kullanımı onaylanmış ilk lazerdir (54).

Nd:YAG lazerin endodontide ilk kullanımı 1971 yılında Weichman ve Johnson tarafından bildirilmiştir. Su absorpsiyonu çok iyi değildir ve sert dokularda penetrasyonu neredeyse CO₂ lazerinkine yakındır. Bu nedenle hidroksi apatit tarafından iyi absorbe edilmezler. Melanin ve hemoglobin tarafından yüksek derecede absorbe edilir ve çeşitli koyu renkte boyalardan yararlanılarak sert dokulara emilimleri artırılabilir. Koyu renkler tarafından iyi absorbe edilmesi nedeniyle bu lazer genelde yumuşak dokuların iyi hemostaz sağlanarak kesilmesi ve koagüle edilmesinde kullanılmaktadır (53,55).

İletim moduna bağlı olarak penetrasyonları ve doku etkileri değişir. Nd:YAG lazerler çoğunlukla atımlı modda çalışırlar. Düşük güçlerde süpürme hareketi ile kullanılırlar; yüksek güç ve atımlarda plazma adı verilen maddenin dördüncü bir fazının oluşumuna sebep olurlar. Plazma süper ısınmış bir gaz olup, buharlaşma ve kesmenin termal yan etkilerinden sorumludur. Bu nedenle mutlaka yüksek parametrelerde soğutma ile çalışılmalıdır (56).

Nd:YAG lazerler diş sert dokularında çok kısa atım süreleri ile ideal uygulamalar yapılacak şekilde geliştirilmişlerdir. Nd:YAG lazerlerde ışık iletimi

fiber optik uçla yapılmaktadır. Dokuyla temas olduğu için enerji pek yansımaz. Yumuşak dokularda en yaygın kullanılan lazerler olan Nd:YAG lazerlerin yumuşak doku uygulamalarındaki uygunluğu ve güvenilirliğini bildiren birçok araştırma mevcuttur (55,57). Bununla beraber bu lazerler sert dokularda kullanıldığında, termal yan etkiler büyük bir sorun teşkil etmektedir. Lazer ışığının termal etkisi, lazer radyasyonunun doku tarafından absorblanması ve bunu takiben lazer enerjisinin ısıya transformasyonu ile ortaya çıkmaktadır (29,58).

Lazer uygulaması sırasında açığa çıkan ısının, diş yapısında genellikle karbonizasyon, erime ve çatlaklara ve diş pulpasında da inflamasyon veya nekroza yol açacağı bildirilmiştir. Sert doku tedavileri için Nd:YAG lazerlerin uygulanması, karbonizasyon, dokuda erime, toksik madde formasyonuna yol açan protein denatürasyonu ve dokularda yapısal değişiklikler gibi zararlı etkiler oluşturma eğilimindedir (29). Nd:YAG lazer çürük dokunun buharlaştırılması, kök kanalının dezenfeksiyonu, dentinin kesilmesi, dentin hassasiyetinin azaltılması amaçları ile kullanılmıştır (59,60). Nd:YAG lazerlerin, apikal rezeksiyon, dentin hassasiyetinin azaltılması, kök kanalının sterilizasyonu, kök kırıklarının tedavisi ve kök kanal duvarlarının temizlenmesi ve modifikasyonu gibi çeşitli amaçlarla kullanıldığı çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (61,62,63,64).

2.5.2 Er:YAG Lazer

Zhakirov Erbium:YAG (Er:YAG) lazeri 1975' te tanıtmıştır (65). 1997 yılında FDA tarafından sert dokuda kullanımı onaylanan ilk lazer olan Er:YAG lazer 2940 nm dalga boyunda olup, hem sert hem yumuşak dokuların uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır. Aktif maddesi erbiyum üzeri yttrium, alüminyum ve garnet kristallerinin kaplanması ile oluşmaktadır. Teorik olarak suda absorpsiyon katsayısı, CO₂ lazerinkinden 10, Nd:YAG lazerinkinden ise 15000-20000 kat fazladır. Su tarafından yüksek absorpsiyonuna bağlı olarak Er:YAG lazer uygulamasını takiben çok ince yüzey etkileşimiyle daha az doku dejenerasyonu gözleendiği bildirilmiştir. Ayrıca su ile beraber kullanımı söz konusu olduğunda karbonizasyon oluşturmada,

minimal ısı artışı ile sert doku preparasyonları, çürük temizlenmesi ve periodontolojide kök yüzeyi düzeltilmesi tedavilerinin mümkün olduğu belirtilmiştir (66).

Su molekülleri tarafından maksimum absorbe edilebilmeleri, hidroksiapatit kristalleri üzerine etkili olmaları ve dokulara penetrasyonunun zayıf ve etkinliğinin yüzeysel olması, sert dokularda tercih edilme nedenleridir. Çeşitli araştırmalar (17,67,68,43) lazerlerin sert dokudan uzaklaştırılmasıyla ilgili '*microexplosions*' teorisini açıklamışlardır. Er:YAG lazer uygulaması sırasında lazer ışığı, seçici olarak hidroksi apatit yapıda bulunan su molekülleri ve biyolojik sert dokuların hidroz komponentleri tarafından absorbe edilir ve hacimce artan suyun buharlaşması gerçekleşir. Buharlaşmanın etkisi ile doku içindeki basınç artar, mikropatlama ve birbirini izleyen doku yıkımları olur. Bu olay "**ablasyon**" olarak tanımlanır. Er:YAG lazerin biyolojik dokulara olan ablasyon mekanizması dalga boyunun optik özelliklerine ve etkilenen yüzeyin morfolojik yapısına dayanır. Sert dokularda ablasyonun gerçekleştiği yüzeyde çok ince değişmiş bir tabaka meydana gelir. Direkt etkilenen yüzeysel ve daha derindeki az etkilenmiş ara tabaka olmak üzere iki ayrı tabakadan oluşur. Yüzeysel tabakada gözlenen düzensizlikler, mikroçatlak ve apatitlerin rekristalizasyonu ile mikropatlamaların kanıtıdır. Daha az etkilenen ara tabakada ise enerji birikiminin sonucu olan ısı ve mikropatlama etkileri izlenir (43).

Er:YAG lazerin ışığı melanin ve hemoglobin tarafından absorbe olmaz. Kullanım alanları oldukça geniş olan Er:YAG lazerler dişhekimiğinde frenektomi, çürük kavite preparasyonu, gingivektomi, kök kanal preparasyonu ve dezenfeksiyonu gibi amaçlarla kullanılmışlardır. Ayrıca, smear tabakası ve debrisin uzaklaştırılmasında etkili bir lazer tipidir (69).

2.6. Smear Tabakası ve Kaldırılması

Smear tabakası ilk kez 1975' te McComb ve Smith' in çalışmaları sonucu tespit edilmiştir (1).

Endodontik tedavide kemomekanik hazırlıklar sırasında kök kanalı duvarlarında, dentin kanallarının içerisine sıkışmış durumdaki debrise ek olarak oluşan çamurumsu tabaka, smear tabakası olarak adlandırılmaktadır (7).

Smear tabakası SEM de şekilsiz, düzensiz, çorak toprak görüntüsü verir (1). McComb ve Smith, kök kanal tedavisi sırasında oluşan smear tabakasının dentin, odontoblast uzantıları, pulpa dokusu ve bakteriler içerdiğini, bu nedenle organik ve inorganik dokuları barındırdığını ileri sürmüşlerdir (1). Cameron ve arkadaşları, smear tabakasının iki kısımdan oluştuğunu bildirmişlerdir. Birincisi yüzeyel tabaka, ikincisi ise dentin kanalları içersine sıkışan yaklaşık 40 μm ' a kadar uzanan derin tabakadır (70).

Sıkıştırılmış derin tabakanın penetrasyonunun ve derinliğinin şekillendirme işlemiyle ilgili olduğu ileri sürülmüştür. Buna rağmen Cengiz ve ark. smear tabakasının penetrasyonunun dentin kanalları ve smear tabakası arasında oluşan adeziv kuvvetlerin kapiller hareketi sonucunda değiştiğini belirtmişlerdir (71).

Bu bulguları destekler şekilde yüzey aktif ajanları yıkama solüsyonu olarak kullanıldığında smear tabakasının penetrasyonunun dentin kanalları içerisine 110 μm ' e kadar uzandığı bildirilmiştir (11).

2.7. Smear Tabakasının Fayda ve Sakıncaları

Smear tabakasının varlığının fayda ve sakıncaları ile uzaklaştırıp uzaklaştırılmaması tartışmalıdır. Pek çok araştırmacı smear tabakasının bakteri ve bakteri yan ürünleri için fiziksel bariyer oluşturduğunu ileri sürmüştür (72,73). Dentin tıkaçlarının bakterilerin dentin kanalları içine invazyonunu engellediği bildirilmiştir (74). Buna karşılık bakterilerin smear tabakasının ve dentin kanallarının içerisinde kök kanalının şekillendirilmesine rağmen kalabildikleri, dentin kanalları içerisine doğru çoğalabildikleri gözlenmiştir (75,76,77,78,79,80).

Kök kanalı enfekte olduğu zaman bakteriler dentin kanallarının derinliklerinde bulunabilir (3). Kemomekanik şekillendirmeden sonra bile, bazı bakteriler kök ve dentin kanalları içerisinde kalabilmektedir (81,82). Smear tabakasının varlığının *Proteus Vulgaris*'in penetrasyonunu geciktirdiği fakat tam bir bariyer oluşturamadığı gösterilmiştir (78). Smear tabakasının albumin gibi büyük moleküllerin geçişine izin verdiği bildirilmiştir (83). Bu sebeple kemomekanik temizleme bol miktarda antibakteriyel yıkama solüsyonu kullanımı ile desteklenmektedir.

Smear tabakasının kök kanalı dezenfektanlarının antimikrobiyal etkisini engelleyebileceği bildirilmiştir (84,85,12,86). Bunun yanı sıra Orstavik ve Haapsalo smear tabakasının yokluğunda kafurlu monoklorofenolün dentin kanallarını hızlı bir şekilde ve tümüyle dezenfekte ettiğini, fakat kalsiyum hidroksitin 7 gün sonra bile *Enterococcus faecalis* elimine edemediğini bildirmişlerdir (4). Diğer bir araştırmada smear tabakasının dezenfektanların etkisini geciktirdiği, ancak tümüyle engellemediği gösterilmiştir (87).

Smear tabakasının kaldırılmasıyla dentin kanallarındaki bakterilerin yok edilebileceği ve bu sayede canlı dokulara toksik etkili antibakteriyel ajanların daha düşük konsantrasyonlarda kullanılabilceği bildirilmiştir (3).

Smear tabakasının kaldırılmasının en büyük faydası, kök kanalı dolgu maddelerinin dentin kanallarının içine girebilmesidir. Smear tabakası varlığında kök kanal dolgu maddeleri dentin kanallarının içine giremez. Bu nedenle, dolgu maddesi ile dentin duvarı arasında iyi bir bağ oluşamaz; buda apikal sızıntıya neden olur. Yapılan birçok araştırmada, smear tabakası çıkarılmadan yapılan dolgularda, dentine tutunmanın zayıf olduğu ve apikal sızıntının daha çok görüldüğü bildirilmiştir (88).

2.8. Smear Tabakasının Uzaklaştırılması

2.8.1 Smear Tabakasının Yıkama Solüsyonları ile Uzaklaştırılması

Bu amaçlarla kullanılan solüsyonlar:

1. Sodyum hipoklorit
2. Şelasyon ajanları
3. Organik asitler
4. Sodyum hipoklorit ve EDTA
5. Ultrasonikler

2.8.1.1. Sodyum Hipoklorit

Endodontide kök kanal irrigasyonu için en sık kullanılan ve en iyi antimikrobiyal etkiye sahip olan yıkama solüsyonudur. Endodonti pratiğinde ilk kez Coolidge tarafından kullanılmıştır (89). Ph'ı yaklaşık 11-12 seviyesindedir. Yüksek antibakteriyel aktivitesi, nekrotik doku çözücü özelliği ve kayganlaştırıcı etkisi günümüzde NaOCl 'i en çok tercih edilen kanal irrigasyon solüsyonu haline getirmiştir. İdeal yöntem ve yeterli sürede çalışıldığı zaman, mükemmel antimikrobiyal özellikleri ile birlikte güçlü bir organik doku çözücüdür. Serbest klor salınımı ile proteinleri amino asitlere parçalayarak nekrotik ve organik doku artıklarını çözer. Dezenfektan etkinliği içeriğindeki bakteri enzimlerini inhibe etme özelliği bulunan hipokloröz asit (bakteri enzimlerinin sülfürhidril grupları üzerine oksidatif etki yaratarak germisidal etki gösterir, bakteri enzimlerini inhibe eder) miktarına bağlıdır. %1 ile %5.25 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılan NaOCl' nin canlı dokulara toksik etkisi vardır. Tüm bu olumlu özelliklerinin yanında, kimyasal stabilitesinin düşük olması, doku irrite edici etkisi, alerjik potansiyeli, tadı ve kokusunun hastalar tarafından tolere edilememesi gibi olumsuz özelliklere de sahiptir (2,90).

Smear tabakasını çıkarmak için ilk yapılan araştırmalarda, sodyum hipoklorit kullanılmış ve yapılan araştırmalarda smear tabakasını uzaklaştırmada yetersiz kaldığı bildirilmiştir (90,91,92,93,94,95). Sodyum hipokloridin şekillendirme sırasında ve sonrasında smear tabakasına etki etmediği sadece yüzeysel olarak temiz bir kök kanalı oluşturduğu gözlenmiştir (91,92,96,97).

McComb ve Smith ile Bitter, NaOCl ve Hidrojen peroksitin dönüşümlü kullanımının smear tabakasının uzaklaştırılmasında tek başına NaOCl' den daha etkili olmadığını bildirmişlerdir (1,98). Bu kök kanal yıkama solüsyonlarının smear tabakasını çıkarmadığı bilinmektedir.

2.8.1.2. Şelasyon Ajanları

Şelatlar (Chelating Agents), birtakım bağlar sayesinde metal iyonları ile organik maddeler arasında oluşan kısmen kararlı komplekslerdir. Şelatların metal iyonlarını bağlama ve inaktive edebilme yetenekleri vardır. 1951 yılında etilendiamintetraasetik asidin (EDTA) sert dokular üzerindeki demineralize edici etkisini bildiren bir araştırma yayınlamıştır (99). Şelatlar endodontide ilk kez Nygaard-Ostby tarafından 1957 yılında kullanılmıştır (100).

Sık kullanılan şelasyon ajanları etilendiamintetraasetik asit esaslı olup, dentindeki kalsiyum iyonları ile reaksiyona girerek çözünebilir kalsiyum şelatları oluşturarak etkili olurlar (101). Şelasyon ajanları, endodontide dar kanalları genişletmek için kullanılırlar (102,103,104). Birçok araştırmada, %17 EDTA solüsyonu ile yapılan irrigasyonun kök kanal duvarlarını iyi bir şekilde temizlediği bildirilmiştir (1,103,104).

Fehr ve Nygaard-Ostby (105), EDTA'nın dentini 5 dakikada 20-30 µm derinliğe kadar dekalsifiye ettiğini bildirmişlerdir. Pawlicka ve arkadaşları (106) EDTA preparatlarının uygulanmasından sonra bütün kanal boyunca duvarların smear ve debristen temiz olduğunu izlemişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ise EDTA'nın kanalın kural üste ikisinde etkinliğinin daha fazla olduğu, apikal üste birde etkisinin neredeyse yok sayılabilir derecede az olduğu görülmüştür (107).

EDTA'nın değişik preparatları kök kanal yıkama solüsyonu olarak kullanılmıştır. Debrisin kök kanalından dışarı atılması için EDTA'nın içerisine üre peroksit ilave edilmiştir (Rc-Prep, Medical products Laboratories, Philedelphia, PA, USA) (102). Şekillendirme ve irrigasyon işlemleri sonucunda bu karışımın kalıntılarının kanal duvarında kaldığı gösterilmiş ve bu kalıntının kök kanalının hermetik olarak doldurulmasında dezavantaj olduğu bildirilmiştir (108,109,110,111).

EDTA solüsyonuna dört bileşikli bir amonyum bromid olan “setrimid” yüzey gerilimini azaltmak ve solüsyonun giriciliğini arttırmak amacıyla eklenmiştir (REDTA, Roth International Ltd. , Chicago, IL, USA). Bu kombinasyonun şekillendirme sırasında kullanıldığında, kök kanalının apikal kısmı dışında smear tabakası kalmadığı bildirilmiştir (112), REDTA’ nın smear tabakasını uzaklaştırmada en etkili irrigasyon solüsyonu olduğu belirtilmiştir (1).

Goldberg ve Abramovich (84), şelasyon ajanı olarak EDTAC (Farma-dental Laboratories, Buenos Aires, Argentina) kullanıldığında pulpa çevresindeki dentin yüzeyinin pürüzsüz kaldığını ve bu bölgedeki dentin kanallarının ağzlarının düzgün dairesel şekilde görüldüğünü açıklamışlardır. EDTAC’ ın kanal içersinde etki süresinin 15 dakika olduğu ve bu süreden sonra daha fazla şelasyon etkisi olmadığı bildirilmiştir (113).

2.8.1.3. Organik Asitler

Loel (114) sitrik asidin etkili bir kök kanal yıkama solüsyonu olabileceğini ileri sürmüştür. Daha sonra sitrik asidin smear tabakasını uzaklaştırılmasında tek başına sodyum hipokloritten daha etkili olabileceği bildirilmiştir (115).

Meryon ve ark. (116) sitrik asidin, poliakrilik asit, laktik asit, fosforik asit gibi asitlere göre smear tabakasını daha etkili uzaklaştırdığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada EDTA en etkili yıkama solüsyonu olarak bulunmuştur.

Wayman ve arkadaşları %10, %25, %50’ lik sitrik asit solüsyonu kullanılan kanallarda smear tabakasının uzaklaştırıldığı; en iyi sonucun ise %10’ luk sitrik asit ile %2,5 NaOCl’ nin dönüşümlü kullanımı ile elde edildiğini bildirmişlerdir (85).

Yamada ve arkadaşları (12), %25' lik Sitrik asit-NaOCl' nin %17 EDTA-NaOCl kombinasyonu kadar etkili olmadığını açıklamışlardır. Wayman ve arkadaşları (85), %50 laktik asit kullanımı ile kanal duvarlarının temiz fakat dentin kanallarının tamamen açık olmadığını bildirmişlerdir.

Bitter, 1989' da %25' lik tannik asidin kök kanal yıkama solüsyonu olarak kullanımıyla hidrojen peroksit-NaOCl kombinasyonuna göre daha temiz kanal duvarları elde edildiğini ileri sürmüştür (98).

McComb ve arkadaşları (112), %20 poliakrilik asidin REDTA ile kıyaslandığı bir başka çalışmada, bu asidin smear tabakasını uzaklaştırmada REDTA' dan daha etkin olmadığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada, %5 ve %10 poliakrilik asidin sadece kanal içinde ulaşılabilen bölgelerde smear tabakasını uzaklaştırıldığı da bildirilmiştir (112).

2.8.1.4. Sodyum Hipoklorit ve EDTA

EDTA, smear tabakasının inorganik kısımlarını eriterek etki gösterdiği için organik artıkların uzaklaştırılmasında etkili olan %1-%5.25'lik NaOCl ile dönüşümlü kullanımı birçok araştırmacı tarafından önerilmiştir (12,117,71). Gerçekten, yapılan birçok çalışmada, bu iki solüsyonun smear tabakasını tamamen yok ettiği görülmüştür (118).

Goldman ve arkadaşları, EDTA ve NaOCl' nin, irrigasyon solüsyonu olarak farklı kombinasyonlarının şekillendirme sırasında ve sonrasındaki etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre en etkili yıkamanın son yıkamada 10ml %17 EDTA ve onu izleyen 10 ml %5.25'lik NaOCl kullanıldığında görüldüğünü bildirilmiştir (95). Bu sonuçlar başka çalışmalar tarafından da desteklenmiştir (12).

Tüm bu araştırmalar sonucunda EDTA solüsyonlarının, sodyum hipokloritle birlikte kullanıldıklarında smear tabakasını tümüyle çıkardıkları kabul edilmiştir.

2.8.1.5. Ultrasonikler

Ultrasonikler endodontide ilk olarak kök kanallarından artıkların uzaklaştırılması amacıyla Richman tarafından kullanılmıştır (119). 1976 yılında Howard Martin, kök kanallarını şekillendirmek ve temizlemek için bir cihaz geliştirmiş ve bu tekniği “endosonik” olarak tanımlamıştır. Daha sonra ultrasonikler üzerine araştırmalar yapılmıştır (120,121).

Ultrasound, enerjinin mekanik bir şeklidir. Genellikle , bir kristalin titreşimi ile elde edilen insan kulağının işitemeyeceği kadar yüksek frekanslı ses dalgalarıdır. Ultrasound enerji özel hazırlanmış piyasemenle onun ucuna takılan kanal aletine iletilir ve böylece kök kanalı içerisinde ultrasonik akım elde edilir (122).

Ultrasonik ile aktive edilen sürekli sodyum hipoklorit akışı kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında irrigasyon amacı ile kullanılmış, bu metodun smear tabakasından temiz kök kanal yüzeyleri oluşturduğu gözlenmiştir (123,70,124,125).

Cameron (123) , %2 ve % 4’ lük konsantrasyonlardaki sodyum hipoklorit solüsyonlarının ultrasonik enerji ile kombine kullanımı sonucunda smear tabakasını uzaklaştırabilirken düşük konsantrasyonlarda istenilen etkileri elde edememiştir. Buna karşılık olarak modifiye ultrasonik enerji tekniği ile % 1’lik NaOCl ile smear tabakası ve debrisin Cunnigham tarafından önerilen teknikten (70) daha etkili olarak uzaklaştırıldığını belirtmiştir (126,127).

Farklı ultrasonik irrigasyon periodlarının kullanımı ile smear tabakasının uzaklaştırılmasının karşılaştırıldığı bir çalışmada 3 ve 5 dakikalık sürelerde smear tabakasından temiz yüzeyler elde edilirken 1 dakikalık sürede ultrasoniklerin etkisiz olduğu belirtilmiştir (70).

Ultrasoniklerin smear tabakasının kaldırılmasında yetersiz olduğu görüşünde olan araştırmacılar da vardır (128,129,130,131).

Ultrasonikler, başarılı temizlik etkilerinin görüldüğü çalışmalarda, şekillendirilmenin tamamlanmasından sonra final irrigasyonda kullanılmış, ultrasonik ucun kanal duvarlarına dokunmaksızın titreşim oluşturması amaçlanmıştır. Bu yöntemle smear tabakasının uzaklaştırıldığı gözlenmiştir (123,125,126,127).

Ultrasoniklerin temizleme etkileri hala tartışma konusu olup az sayıda çalışma ultrasoniklerin konvansiyonel tekniklere göre smear tabakası ve debrisi daha iyi uzaklaştırdığını ortaya koymuştur (121). Bunların dışında yapılan pek çok çalışmalarda konvansiyonel tekniklerle benzer sonuçlar elde edilmiştir (126,127, 130,132).

2.8.2. Smear Tabakasının Lazer Işınları ile Uzaklaştırılması

Organik ve inorganik dokuların uzaklaştırılması ve daha temiz kök kanal duvarlarının oluşturulması için, günümüze kadar pek çok çalışma yapılmıştır.

Endodontik uygulamalarda geleneksel tekniklerin gelişen yeni teknoloji ile kombine kullanımı, smear tabakası ve debristen temizlenmiş kök kanal sistemlerinin oluşturulması için umut vericidir. Endodontide lazerlerin kullanımıyla ilgili çok sayıda araştırma yapılmaktadır (46,61).

İlk olarak Dederich ve ark. (1984) Nd:YAG lazerin dentine uygulandığında güç, uygulama süresi ve dentinin rengine bağlı olarak camsı, poröz olmayan, organik dokudan yoksun bir yüzey oluşturduğunu bildirmiştir. Araştırmacılar dentin yüzeylerine 10-90 W arasında değişen değerlerde Nd:YAG lazer uyguladıkları çalışmalarda kullanılan düşük parametrelerde dentinde herhangi bir etki

gözlenmezken, güç artırıldığında kök dentininin eriyip rekristalize olarak camı görünümde bir doku haline dönüştüğünü gözlemişlerdir. Tani ve Kawada (133), Nd:YAG lazer dentine uygulandığında smear tabakasının erimesi ya da buharlaştırılması ve dentin kanallarının örtülmesi ile dentin geçirgenliğinin azaldığını bildirmiştir. Nd:YAG lazerin el aletleri ile kombine kullanımı sonrasında temiz kök kanal duvarları elde edilmiş ve genel olarak smear tabakasının olmadığı görülmüştür (134). Goodis ve arkadaşları da yaptıkları benzer bir çalışmada Nd:YAG lazerin el aletleri ile birlikte kullanımı sonrasında temiz kök kanal duvarları elde edildiğini ve dentinin modifiye olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada 5 W ile yapılan Nd:YAG lazer uygulaması sonucunda kök kanal dentininde camı maddeler depolandığı ve dentin geçirgenliğinin azaldığı bildirilmiştir (135).

Saunders ve ark. (136) smear tabakasının Nd:YAG lazer ile uzaklaştırılmasının konvansiyonel yöntemlerle kıyaslandığında etkili olmadığını bildirmişlerdir. Buna karşılık başka bir araştırmada Nd:YAG lazerin dentin yüzeyini eritme ve rekristalize etme kapasitesi olduğu bildirilmiş, 2 W, 20 pps (Hz) ile yapılan lazer uygulaması sonucunda geleneksel tekniklere göre smear ve debristen arınmış kanal duvarları elde edildiği açıklanmıştır (137). Koba (138) uygun parametreler kullanıldığında Nd:YAG lazerin smear tabakası ve debrisi uzaklaştırdığını bildirmiştir. Yapılan benzer bir çalışmada Nd:YAG lazerin smear tabakasını eriterek ya da buharlaştırarak ortadan kaldırdığı ve apikal sızıntının azaldığı belirtilmiştir (139). Camargo (140) fiber optiklerin kök kanalına paralel uygulanmasının smear tabakasının uzaklaştırılmasını güçleştirdiğini bildirmiştir. Santos ile Sosa-Neto ve ark. (141) farklı lazer parametrelerini kullandıkları 4 grubun içerisinde %17 EDTAC ve Nd:YAG lazeri karşılaştırdıkları araştırmalarında smear tabakasının % 17 EDTAC uygulanan numunelerde daha etkin uzaklaştırıldığını ve daha çok sayıda dentin kanalının açığa çıktığını bildirmişlerdir. Gürbüz, Nd:YAG lazeri beş farklı irrigasyon solüsyonu ile karşılaştırıldığı in-vitro çalışmada (142) EDTA ve Nd:YAG lazerin smear tabakasını kaldırmakta daha etkin olduklarını, ancak lazer kullanımı ile tüm kök kanal duvarlarından smear ve debrisin uzaklaştırılmasının güç olduğunu açıklamıştır. Er:YAG lazerin, EDTA, fosforik asit ve sitrik asit ile smear tabakasının

uzaklaştırılması bakımından kıyaslandığı bir çalışmada en etkili sonuç Er:YAG lazer ile elde edilmiştir (143). Er:YAG lazerin, Nd:YAG lazer ya da Argon lazere kıyasla smear tabakası ve debrisini uzaklaştırmakta daha etkili olduğu belirtilmiştir (14). Takahashi (18) yaptığı in vitro bir araştırmasında Er:YAG lazerin smear tabakasını kaldırmakta etkili olduğunu rapor etmiştir. Pecora ve ark. Er:YAG lazerin su ile yıkamayı takiben dentin geçirgenliğini arttırdığını, Takeda ve ark.'nın çalışmalarına benzer şekilde kök kanallarında daha iyi bir temizlik sağladığını bildirmişlerdir (144). Er:YAG ve Nd:YAG lazerler ile yapılan ve 120 mJ enerji ve 15 Hz frekanslarının kullanıldığı bir başka çalışmada kullanılan parametreler ile her iki lazerin de smear tabakasını kaldırmakta etkili olmadıkları görülmüştür (145). Ishizaki ve ark. (146) Er;Cr:YSGG (2.7880 nm dalga boyuna, fiber iletim sistemi safir uç ve hava-su soğutma mekanizmasına sahip olan, hidrokinetik sistemi ile sert ve yumuşak dokularda kullanılan bir lazerdir) lazer kullanmışlardır. Araştırmacılar, Er:Cr;YSGG lazerin smear tabakasını dentinde herhangi bir erime ve karbonizasyona neden olmadan uzaklaştırdığını bildirmişlerdir. Argon lazerin şekillendirilmiş kök kanal yüzeylerinde etkili bir temizlik yaptığını bildiren çalışmalar vardır (147,148). Zhang ve ark. (149) lazerle beraber %38 diamin gümüş florür ($\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{F}$) ve siyah mürekkep kullanıldığında bu temizlik etkisinin arttığını belirtmiştir.

Çeşitli araştırmalarda diyet lazer (150) ve 532 nm dalga boyundaki KTP (Potasyum titanil fosfat lazer) lazerin (Esası Nd:YAG lazer olup kristalin önüne gelen bir filtre ile dalga boyu değiştirilmiştir. Etki mekanizması Nd :YAG lazer ile hemen hemen aynıdır ve görünür ışık aralığında yer almaktadır.) de smear tabakasını uzaklaştırabileceği bildirilmiştir (151,152).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu araştırma insan dişlerinde, in vitro yapılmıştır. Çalışmada 70 adet, tek kökü ve kanalı bulunan, üst orta ve yan keser diş ile alt ve üst kanin dişleri kullanılmıştır. Kök kanalı eğriliği bulunmayan kanal içi kalsifikasyonların olmadığı dişler çalışmaya dahil edilmiştir. Yaş, cinsiyet ve çekim sebepleri göz ardı edilmiştir. Kök yüzeylerindeki doku artıkları ve debris; küret, bistüri ve kavitron ile uzaklaştırılmıştır. Bu işlemlerin sonrasında dişlerin kuron kısımları yavaş turlu elmas disk ile su soğutması altında (Isomet, Buehler, Lake Bluff, IL, ABD) mine sement bileşiminden kesilmiştir. #15 bir K file'in ile foramen apikaleye ulaştığı kontrol edildikten sonra çalışma uzunlukları kök ucundan 1 mm kısa olacak şekilde belirlenmiştir. Kök kanalları “**crown-down**” tekniği ile “**HERO 642**” Rotary kanal aletleri (MicroMega, Besançon, France) ile çalışma uzunluğunda en son konisitesi .02 olan #45 numara döner alete kadar şekillendirilmiştir. Kanalın orta ve kural 1/3' ünde “**endoflare**” (MicroMega, Besançon, France) ile genişletme yapılmıştır.

Şekillendirme işlemleri sırasında her bir kanal aleti kök kanalı içerisinde sadece bir sefer kullanılmıştır. Her bir aletten sonra deney gruplarındaki dişlerin kanalları 2 ml %5 NaOCl solüsyonu ile yıkanmıştır. Kontrol grubunda serum fizyolojik kullanılmıştır. Şekillendirme tamamlandıktan sonra 15 ve 30 numaralı K tipi file'ler ile foramen apikalenin tıkanıp tıkanmadığı kontrol edilmiştir. Temizleme ve şekillendirme işlemi tamamlandıktan sonra dişler, rastlantısal olarak, 3'ü 20 dişten oluşan, biri ise 10 dişten oluşan kontrol grubu olmak üzere 4 gruba ayrılmıştır. Gruplar şu şekilde oluşturulmuştur:

1.Serum fizyolojik solüsyonu uygulanan grup (Kontrol grubu)

2.%17 EDTA ve %5 NaOCl (Geleneksel Yöntem) uygulanan grup (Wizard, Rehber Kimya San., Dispotem, Istanbul, Turkey)

3.Nd:YAG lazer uygulanan grup (Smarty A10, DEKA, Italy)

4.Er:YAG lazer uygulanan grup (Versawave by HOYA ConBio, Fremont, California, USA)

3.1. Smear Tabakasının Uzaklaştırılması Amacı ile Kullanılan Materyal ve Cihazlar

3.1.1. Serum Fizyolojik Uygulanan Grup

Kontrol grubu olarak kullanılan 10 diş, kemomekanik şekillendirme sırasında 2 ml ve sonrasında 10 ml serum fizyolojik ile 30 gauge perfore iğne (Endo/peri irrigation needle, KerrHawe, Poland) kullanılarak yıkanmıştır. Daha sonra dişler distile su içerisinde bekletilmiştir.

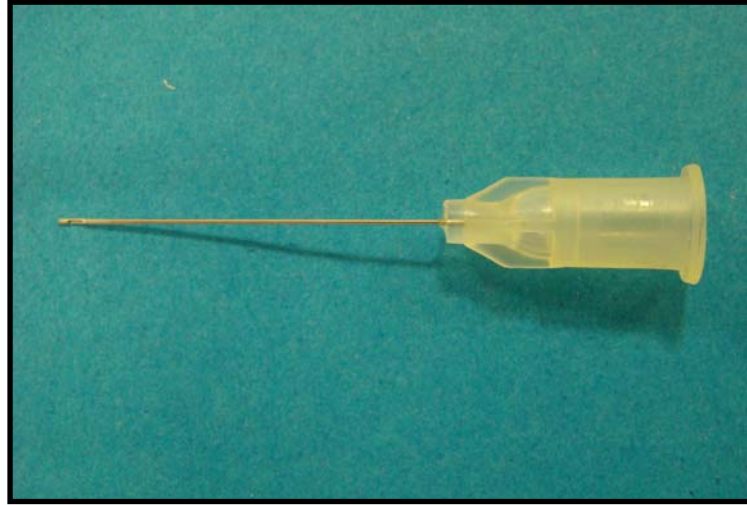
3.1.2. %17 EDTA ve %5 NaOCl (Geleneksel Yöntem) Uygulanan Grup

Bu gruptaki 20 diş kemomekanik şekillendirme işlemleri sırasında 2 ml %5' lik NaOCl (Resim 1) uygulanmış sonrasında 5 dakika süreyle 10 ml EDTA solüsyonu (Resim 2) kullanılmıştır. En son olarak kök kanalları 10 ml NaOCl solüsyonu ve daha sonra 10 ml distile su ile yıkanmıştır. Kök kanallarının mumla kapatılması irrigasyon solüsyonunun kök içinde toplanıp kanal duvarlarına temas süresini etkileyeceği için, tüm irrigasyon işlemleri sırasında örnekler başaşağı tutulmuştur. Irrigasyon işlemi 30 gauge perfore iğneler (Resim 3) kullanılarak yapılmıştır.



Resim 1. %5 NaOCl solüsyonu

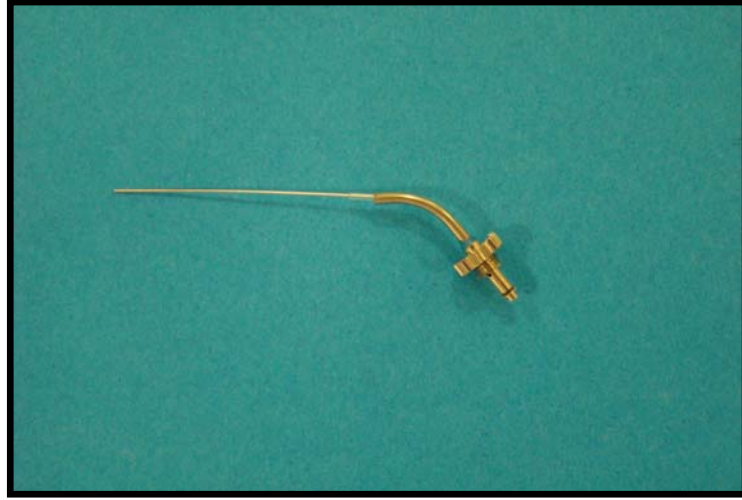
Resim 2. %17 EDTA solüsyonu



Resim 3. Kök kanallarının irrigasyonunda kullanılan perfore iğne



Resim 4. Nd:YAG lazer iletiminde kullanılan fiber-optik uç



Resim 5. Er:YAG lazer iletiminde kullanılan fiber optik uç

3.1.3. Nd:YAG Lazer Uygulanan Grup

Bu gruptaki 20 dişe, Nd:YAG lazer uygulanmıştır (Resim 6). Kemomekanik şekillendirmeleri tamamlanmış dişler paper pointler ile kurulandıktan sonra kök kanallarına elektromanyetik kızıl ötesi ışınımına sahip 1064 nm dalga boyundaki Nd:YAG lazer uygulanmıştır. Bu ışınlar uç çapı 200 mikron olan fleksibil bir fiber optik uç (Resim 4) ile kök kanalına 1.8 W gücünde, 15 Hz frekans ve 120 mJ enerjide su soğutması altında iletilmiştir. Lazer, çalışma uzunluğunda, spiral ve

süpürme hareketleri yaptırılarak, 10 sn. boyunca uygulanmış, bu işlem 4 defa tekrarlanmıştır. Böylece tüm kanal yüzeylerine teması amaçlanmıştır. Her uygulamadan sonra uygulama süresi kadar ara verilmiştir.



Resim 6. Nd:YAG lazer cihazı

3.1.4. Er:YAG Lazer Uygulanan Grup

Kemomekanik şekillendirmeleri tamamlanmış 20 dişin kök kanallarına 2.94 nm dalga boyundaki Er:YAG lazer uygulanmıştır (Resim 7-8). Lazer 1.8 W gücünde 15 Hz frekans ve 120 mJ enerjide kullanılmıştır. Uygulama öncesinde kök kanalları distile su ile yıkanmıştır. Belirlenen parametrelerde kök kanalının içerisinde lazer

ucu (Resim 5), kök kanalının her milimetresinde bir saniye kadar tutulmaya çalışılarak, çalışma uzunluğuna uygun olarak apikalden başlanarak dairesel hareketlerle kuronale kadar getirilmiştir ve bu işlem 5 kez tekrarlanmıştır. Her bir işlem süresi 8 sn. olmak üzere toplam 40 sn. lazer uygulanmıştır. Bu uygulama apikalden kuronale doğru çalışma uzunluğunda olacak şekilde yapılmıştır. Fiber optik uç kök kanalı içerisinde tüm kök kanal yüzeylerine temas edecek şekilde spiral hareketler yaptırılmıştır.



Resim 7-8. Er:YAG lazer cihazı

3.2 SEM Çalışmaları

Araştırmamızda kök kanallarından smear tabakasının uzaklaştırılmasının incelenmesi ile ilgili SEM (JEOL 6335F) çalışmaları TUBİTAK MAM Malzeme Enstitüsünde yürütülmüştür. Önceden enine kesitleri alınan örnekler %70-100 alkol serisinden geçirilmiştir (Resim 9). Altın, paladyum ve karbon kaplama cihazları

iletken olmayan numunelerin elektron mikroskopunda incelenebilmesi ve daha iyi görüntü alınabilmesi için numune yüzeyine iletkenlik kazandırmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu amaçla dikey olarak ikiye ayrılan kök kanalları Altın/Paladyum kaplama cihazı (Quorum Technologies SC7640 Sputter Coater Au/Pd) ile kaplandıktan sonra (Resim 10). X500, X1000 ve X2000 büyütmelerde görüntüler alınmıştır. Kesitler kök kanalının üç bölgesinde alınmıştır: Kronal üçte bir, orta üçte bir ve apikal üçte bir. Alınan kesitler taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir (Resim 11).



Resim 9. SEM öncesinde enine kesiti alınan ve alkol serisinden (%70-100) geçirilen dişler



Resim 10. SEM incelemesinden önce altın paladyum kaplanan dişler



Resim 11. Çalışmada kullanılan taramalı elektron mikroskobu

3.3. SEM Görüntülerinin Skorlanması

Çalışmamızda SEM görüntülerinin skorlanması için kriterleri Gutmann tarafından düzenlenmiş dört skorlu bir sistem kullanılmıştır (153). Buna göre, elde edilen SEM görüntüleri kodlandıktan sonra birbirinden ve çalışmadan habersiz dört endodontist tarafından skorlanmıştır.

3.4. İstatistiksel Değerlendirme

Elde edilen bulguların istatistiksel değerlendirilmesi için Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi ayrıca çoklu karşılaştırmalar için Z testi kullanılmıştır. Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi için anlamlılık $p < 0.001$, çoklu karşılaştırmalar için ise $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

X1000 büyütmede gruplara ve bölgelere ait ortalama smear tabakası gözlem değerleri hesaplanmış ve Tablo 1’de gösterilmiştir. Buna göre, ortalama smear tabakası gözlem değeri %17 EDTA + %5 NaOCl grubunda kuronal bölgede $1,50 \pm 0,75$, orta bölgede $2,02 \pm 1,00$ ve apikal bölgede ise $2,78 \pm 1,08$ olarak bulunmuştur. Er:YAG lazer grubunda smear tabakası gözlem değeri, kuronal bölgede $2,40 \pm 0,90$, orta bölgede $3,08 \pm 0,74$, apikal bölgede ise $3,59 \pm 0,70$ olarak hesaplanmıştır. Nd:YAG lazer grubunda smear tabakası gözlem değeri, kuronal bölgede $3,14 \pm 0,84$, orta bölgede $3,08 \pm 0,96$, apikal bölgede ise $3,55 \pm 0,71$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1 : X1000 büyütmede çalışma kapsamında yapılan gözlemlerin gruplara göre ortalama smear tabakası gözlem değerleri.

Grup	Diş kökünün	Min.	Maks.	X	Sd
%17 EDTA % 5 NaOCl	Kuronal	1	4	1,50*	0,75
	Orta	1	4	2,02	1,00
	Apikal	1	4	2,78	1,08
Er:YAG lazer	Kuronal	1	4	2,40	0,90
	Orta	1	4	3,08	0,74
	Apikal	1	4	3,59	0,70
Nd:YAG lazer	Kuronal	1	1	3,14	0,84
	Orta	1	4	3,08	0,96
	Apikal	1	4	3,55	0,71
Kontrol	Kuronal	4	4	4,00	0,00
	Orta	3	4	3,78	0,44
	Apikal	4	4	4,00	0,00

* $p < 0.05$ diğer gruplardan anlamlı ölçüde düşük (Çoklu karşılaştırmalar Z testi)

X2000 büyütmede gruplara ve bölgelere ait ortalama smear tabakası gözlem değerleri hesaplanmış ve Tablo 2’de gösterilmiştir. Buna göre, ortalama smear tabakası gözlem değeri %17 EDTA + %5 NaOCl grubunda kural bölgede $1,57 \pm 0,77$, orta bölgede $2,00 \pm 0,90$ ve apikal bölgede ise $2,62 \pm 1,06$ olarak bulunmuştur. Er:YAG lazer grubunda smear tabakası gözlem değeri, kural bölgede $2,22 \pm 0,88$ orta bölgede $2,87 \pm 0,83$, apikal bölgede ise $3,58 \pm 0,62$ olarak hesaplanmıştır. Nd:YAG lazer grubunda gözlem değeri, kural bölgede $2,93 \pm 0,84$, orta bölgede $2,88 \pm 1,01$, apikal bölgede ise $3,54 \pm 0,76$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2 : X2000 büyütmede çalışma kapsamında yapılan gözlemlerin gruplara göre ortalama smear tabakası gözlem değerleri

Grup	Diş kökünün	Min.	Maks.	X	Sd
%17 EDTA % 5 NaOCl	Kural	1	4	1,57*	0,77
	Orta	1	4	2,00	0,90
	Apikal	1	4	2,62	1,06
Er:YAG lazer	Kural	1	4	2,22	0,88
	Orta	1	4	2,87	0,83
	Apikal	2	4	3,58	0,62
Nd:YAG lazer	Kural	1	4	2,93	0,84
	Orta	1	4	2,88	1,01
	Apikal	1	4	3,54	0,76
Kontrol	Kural	3	4	3,78	0,44
	Orta	3	4	3,89	0,33
	Apikal	4	4	4,00	0,00

* $p < 0.05$ diğer gruplardan anlamlı ölçüde düşük (Çoklu karşılaştırmalar Z testi)

Diş kökünün kural üçte bir bölgesinde X1000 büyütme ile elde edilen smear gözlem değeri farklılıkları, Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiş ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar elde edilmiştir ($p<0,001$) (Tablo 3). Gruplar arası yapılan çoklu karşılaştırmalarda, en düşük smear tabakası gözlem değeri $1,50 \pm 0,75$ ile %17 EDTA + %5 NaOCl grubunda hesaplanmıştır. En yüksek smear gözlem değeri ise $3,14 \pm 0,84$ ile Nd:YAG lazer grubunda görülürken, Er:YAG lazer grubunda bu değer $2,40 \pm 0,90$ olarak bulunmuştur. Buna göre, %17 EDTA + %5 NaOCl grubunda ortalama smear gözlem değeri diğer gruplardan anlamlı ölçüde düşük bulunmuştur ($p<0,05$).

Tablo 3 : Diş kökünün kural üçte bir bölgesinde X1000 büyütme ile elde edilen bulguların istatistiksel değerlendirilmesi

	Sayı	Min.	Maks.	X	Sd	KW	
%17EDTA %5 NaOCl	60	1	4	1,50*	0,75	71,58	$p<0,001$
Er:YAG lazer	60	1	4	2,40	0,90		
Nd:YAG lazer	60	1	4	3,14	0,84		
Kontrol	10	4	4	4,00	0,00		

* $p<0,05$ diğer gruplardan anlamlı ölçüde düşük (Çoklu karşılaştırmalar Z testi)
 $p<0,001$ (Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi)

Diş kökünün kuralal üçte bir bölgesinde X2000 büyütme ile elde edilen smear tabakası gözlem değeri farklılıkları, Kruskall Wallis tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiş ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar elde edilmiştir ($p<0,001$) (Tablo 4). Gruplar arası yapılan çoklu karşılaştırmalarda, en düşük smear tabakası gözlem değeri $1,57 \pm 0,77$ ile %17 EDTA + %5 NaOCl grubunda, en yüksek smear tabakası gözlem değeri $2,93 \pm 0,84$ ile Nd:YAG lazer grubunda hesaplanmıştır. Er:YAG lazer grubuna ait smear gözlem değeri ise $2,22 \pm 0,88$ olarak bulunmuştur. Buna göre, %17 EDTA + %5 NaOCl grubunda ortalama smear gözlem değeri diğer gruplardan anlamlı ölçüde düşük bulunmuştur ($p<0,05$).

Tablo 4: Diş kökünün kuralal üçte bir bölgesinde X2000 büyütme ile elde edilen bulguların standart sapma ve anlamlılık dereceleri

	Sayı	Min.	Maks.	X	Sd	KW	
% 17EDTA %5 NaOCl	60	1	4	1,57*	0,77	57,55	$p<0,001$
Er:YAG lazer	60	1	4	2,22	0,88		
Nd:YAG lazer	60	1	4	2,93	0,84		
Kontrol	10	3	4	3,78	0,44		

* $p<0,05$ diğer gruplardan anlamlı ölçüde düşük (Çoklu karşılaştırmalar Z testi)
 $p<0,001$ (Kruskall Wallis tek yönlü varyans analizi)

Diş kökünün orta üçte bir bölgesinde X1000 büyütme ile elde edilen smear tabakası gözlem değeri farklılıkları, Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiş ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar elde edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 5). Gruplar arası yapılan çoklu karşılaştırmalarda en düşük smear tabakası gözlem değeri $2,02 \pm 1,00$ ile %17 EDTA + %5 NaOCl grubunda hesaplanmıştır. Bu değerler, Er:YAG lazer grubunda $3,08 \pm 0,74$, Nd:YAG lazer grubunda ise $3,08 \pm 0,96$ olarak bulunmuştur. Er:YAG ve Nd:YAG lazer gruplarında smear tabakası gözlem değerleri birbirinden farklı bulunmamıştır ($p>0.05$).

Tablo 5: Diş kökünün orta üçte bir bölgesinde X1000 büyütme ile elde edilen bulguların standart sapma ve anlamlılık dereceleri

	Sayı	Min.	Maks.	X	Sd	KW	
%17EDTA %5 NaOCl	60	1	4	2,02	1,00	40,00	$p<0,001$
Er:YAG lazer	60	1	4	3,08	0,74		
Nd:YAG lazer	60	1	4	3,08	0,96		
Kontrol	10	3	4	3,89	0,33		

$p<0.001$ (Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi)

Diş kökünün orta üçte bir bölgesinde X2000 büyütme ile elde edilen smear tabakası gözlem değeri farklılıkları, Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiş ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar elde edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 6). Gruplar arası yapılan çoklu karşılaştırmalarda en düşük smear tabakası gözlem değeri $2,00 \pm 0,90$ ile %17 EDTA + %5 NaOCl grubunda hesaplanırken, bu değerler Er:YAG lazer grubunda $2,87 \pm 0,83$, Nd:YAG lazer grubunda ise $2,88 \pm 1,01$ olarak bulunmuştur ($p<0.001$). Er:YAG ve Nd:YAG lazer gruplarında smear tabakası gözlem değerleri birbirinden farklı bulunmamıştır ($p>0.05$).

Tablo 6: Diş kökünün orta üçte bir bölgesinde X2000 büyütme ile elde edilen bulguların standart sapma ve anlamlılık dereceleri

	Sayı	Min.	Maks.	X	Sd	KW	
%17EDTA %5 NaOCl	60	1	4	2,00	0,90	30,49	$p<0,001$
Er:YAG lazer	60	1	4	2,87	0,83		
Nd:YAG lazer	60	1	4	2,88	1,01		
Kontrol	10	3	4	3,89	0,33		

$p<0.001$ (Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi)

Diş kökünün apikal üçte bir bölgesinde X1000 büyütme ile elde edilen smear tabakası gözlem değerleri farklılıkları, Kruskall Wallis tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiş ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar elde edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 7). Gruplar arası yapılan çoklu karşılaştırmalarda, en düşük gözlem değeri $2,78 \pm 1,08$ ile %17 EDTA + %5 NaOCl grubunda hesaplanırken, Er:YAG lazer grubunda $3,59 \pm 0,70$, Nd:YAG lazer grubunda $3,55 \pm 0,71$ olarak bulunmuştur. Er:YAG lazer ve Nd:YAG lazer gruplarında smear tabakası gözlem değerleri birbirinden farklı bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 7 : Diş kökünün apikal üçte bir bölgsinde X1000 büyütme ile elde edilen bulguların standart sapma ve anlamlılık dereceleri

	Sayı	Min.	Maks.	X	Sd	KW	
%17EDTA %5 NaOCl	60	1	4	2,78	1,08	24,96	$p<0,001$
Er:YAG lazer	60	1	4	3,59	0,70		
Nd:YAG lazer	60	1	4	3,55	0,71		
Kontrol	10	4	4	4,00	0,00		

$p<0.001$ (Kruskall Wallis tek yönlü varyans analizi)

Diş kökünün apikal üçte bir bölgesinde X2000 büyütme ile elde edilen smear tabakası gözlem değerleri farklılıkları, Kruskall Wallis tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiş ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar elde edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 8). Gruplar arası yapılan çoklu karşılaştırmalarda en düşük smear tabakası gözlem değeri $2,62 \pm 1,06$ ile %17 EDTA + %5 NaOCl grubunda hesaplanmıştır. Er:YAG lazer grubunda $3,58 \pm 0,62$, Nd:YAG lazer grubunda ise $3,54 \pm 0,76$ olarak bulunmuştur. Er:YAG lazer ve Nd:YAG lazer gruplarında smear tabakası gözlem değerleri birbirinden farklı bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 8 : Diş kökünün apikal üçte bir bölgesinde X2000 büyütme ile elde edilen bulguların standart sapma ve anlamlılık dereceleri

	Sayı	Min.	Maks.	X	Sd	KW	
%17EDTA %5 NaOCl	60	1	4	2,62	1,06	35,23	$p<0,001$
Er:YAG lazer	60	2	4	3,58	0,62		
Nd:YAG lazer	60	1	4	3,54	0,76		
Kontrol	10	4	4	4,00	0,00		

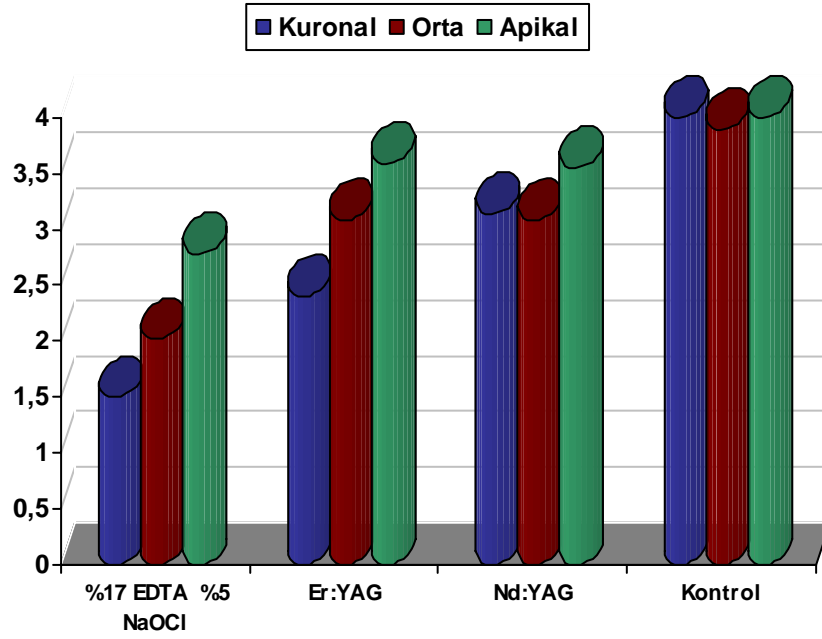
$p<0.001$ (Kruskall Wallis tek yönlü varyans analizi)

X1000 büyütme ile elde edilen smear tabakası gözlem değerleri farklılıkları, Kruskall Wallis tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiş ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar elde edilmiştir ($p < 0.001$)(Tablo 9)(Şekil 1). Elde edilen bulguların bölgeye göre değerlendirmesinde, gruplar arası yapılan çoklu karşılaştırmalarda %17 EDTA + %5 NaOCl, Er:YAG ve Nd:YAG lazerde elde edilen değerler arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p = 0.002$, $p < 0.001$, $p = 0.004$) (Tablo 9). Gruplar kendi içerisinde karşılaştırıldığında %17 EDTA + %5 NaOCl ve Er:YAG lazer gruplarında kural bölgede en düşük değer, Er:YAG lazerde kural bölgede en düşük değer, Nd:YAG lazerde ise orta bölgede en düşük değer elde edilmiştir. %17 EDTA + %5 NaOCl ve Er:YAG lazer grubunda tüm gruplar birbirinden farklı bulunurken, Nd:YAG lazer grubunda kural ve orta bölge değerleri birbirinden farklı bulunmamıştır. Nd:YAG lazer grubunda apikal bölgede elde edilen değerler orta ve kural bölgeden anlamlı ölçüde yüksek bulunmuştur. Kontrol grubunda ise değerler anlamlı bulunmamıştır.

Tablo 9 : X1000 büyütme ile kökün üç bölgesinde elde edilen smear tabakası gözlem değerleri ve grupların kendi içerisindeki istatistiksel değerlendirilmesi

%17 EDTA % 5 NaOCl	Sayı	Min.	Maks.	X	Sd	KW	
Kuronal	60	1	4	1,50	0,75	42,17	p=0.002
Orta	60	1	4	2,02	1,00		
Apikal	60	1	4	2,78	1,08		
Er:YAG lazer	Sayı	Min.	Maks.	X	Sd		
Kuronal	60	1	4	2,40	0,90	51,53	p<0,001
Orta	60	1	4	3,08	0,74		
Apikal	60	1	4	3,59	0,70		
Nd:YAG lazer	Sayı	Min.	Maks.	X	Sd		
Kuronal	60	1	4	3,14	0,84	11,19	p=0,004
Orta	60	1	4	3,08	0,96		
Apikal	60	1	4	3,55	0,71		
Kontrol	Sayı	Min.	Maks.	X	Sd		
Kuronal	10	4	4	4,00	0,00	1,77	0,41
Orta	10	3	4	3,89	0,33		
Apikal	10	4	4	4,00	0,00		

P=0.02, p<0.001, p=0.04 (Çoklu karşılaştırmalar Z testi).



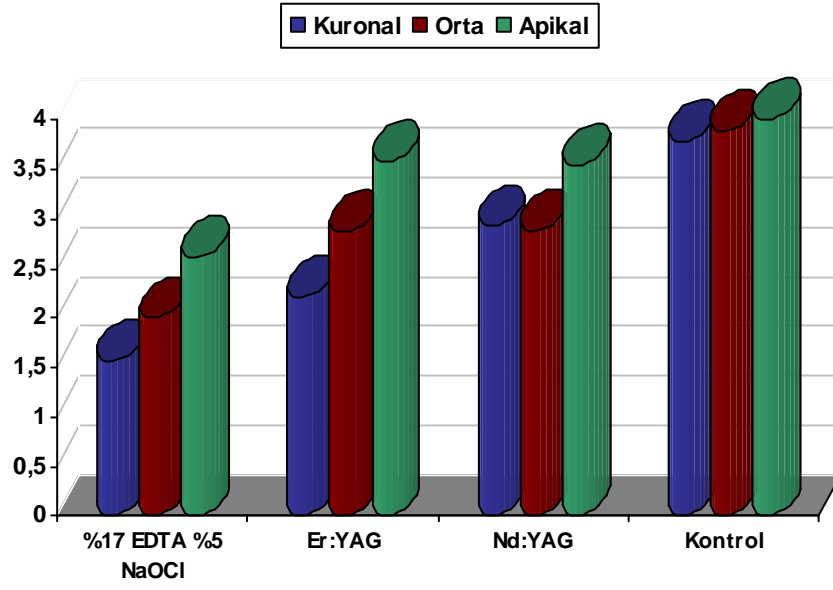
Şekil 1. X1000 büyütmede kökün üç bölgesinde smear tabakası gözlem değerlerinin dağılımı

X2000 büyütme ile elde edilen smear tabakası gözlem değerleri farklılıkları, Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiş ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar elde edilmiştir ($p < 0.001$) (Tablo 10) (Şekil 2). Elde edilen bulguların bölgeye göre değerlendirmesinde, gruplar arası yapılan çoklu karşılaştırmalarda %17 EDTA + %5 NaOCl, Er:YAG ve Nd:YAG lazerde elde edilen değerler arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0.001$) (Tablo 10). %17 EDTA + %5 NaOCl ve Er:YAG lazer gruplarında kural bölgede en düşük değer, Nd:YAG lazer grubunda ise orta bölgede en düşük değer elde edilmiştir. %17 EDTA + %5 NaOCl ve Er:YAG lazer grubunda tüm gruplar birbirinden farklı bulunurken, Nd:YAG lazer grubunda kural ve orta bölge değerleri birbirinden farklı bulunmamıştır. Nd:YAG lazer grubunda apikal bölge değerleri kural ve orta bölgeden anlamlı ölçüde yüksek bulunmuştur. Kontrol grubunda ise değerler anlamlı bulunmamıştır.

Tablo 10 : X2000 büyütme ile kökün üç bölgesinde elde edilen smear tabakası gözlem değerleri ve grupların kendi içerisindeki istatistiksel değerlendirilmesi

Grup	Sayı	Min.	Maks.	X	Sd	KW	
%17EDTA %5 NaOCl						32,52	p<0,001
küronal	60	1	4	1,57	0,77		
orta	60	1	4	2,00	0,90		
apikal	60	1	4	2,62	1,06		
Er:YAG lazer						61,68	p<0,001
küronal	60	1	4	2,22	0,88		
orta	60	1	4	2,87	0,83		
apikal	60	2	4	3,58	0,62		
Nd:YAG Lazer						22,98	p<0,001
küronal	60	1	4	2,93	0,84		
orta	60	1	4	2,88	1,01		
apikal	60	1	4	3,54	0,76		
Kontrol						2,16	p=0,33
küronal	10	3	4	3,78	0,44		
orta	10	3	4	3,89	0,33		
apikal	10	4	4	4,00	0,00		

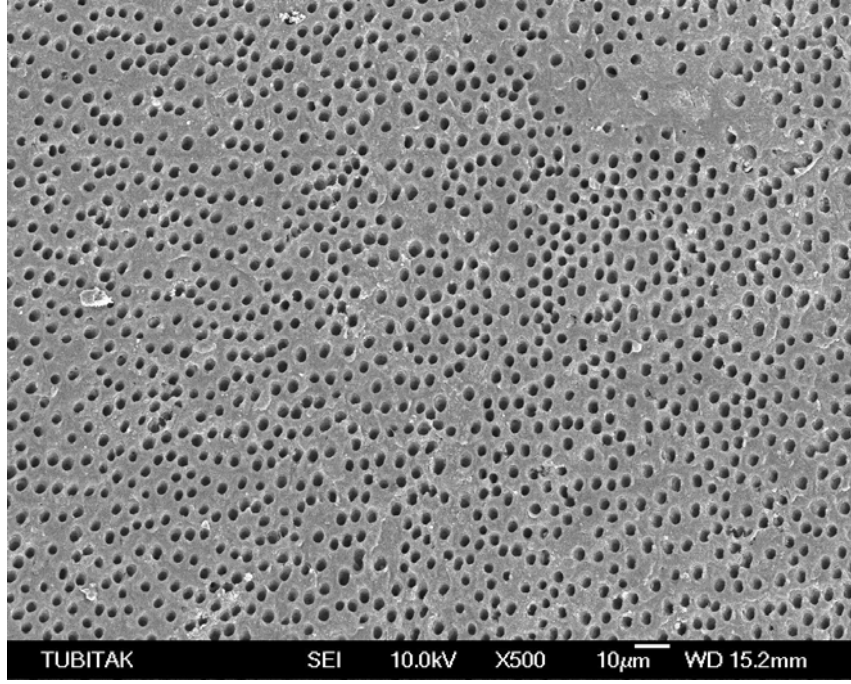
p<0.001, p=0.33 (Çoklu karşılaştırmalar Z testi)



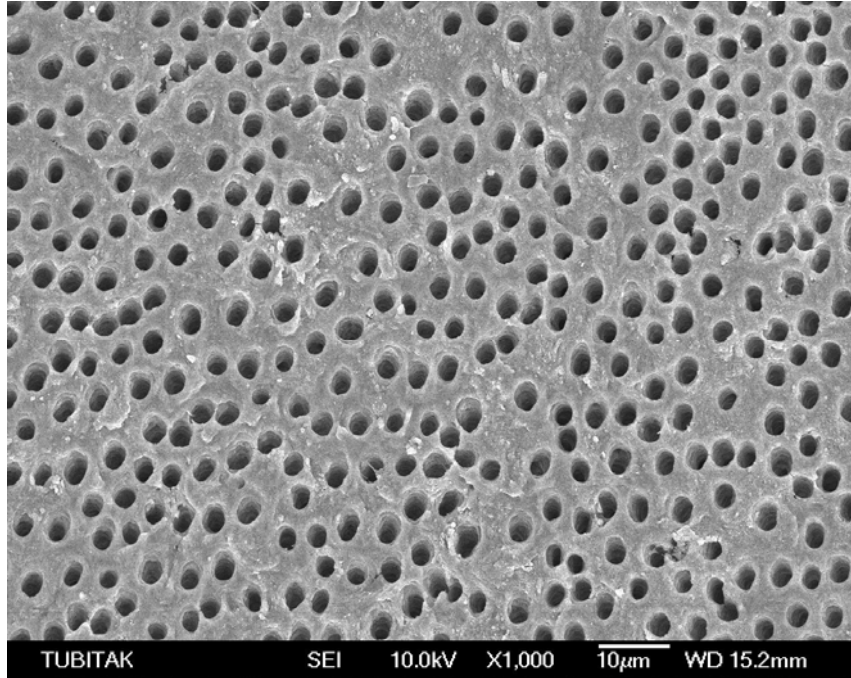
Şekil 2. X2000 büyütmede kökün üç bölgesinde smear tabakası gözlem değerlerinin dağılımı

Çalışmamızın kontrol grubunda SEM de incelediğimiz dişlerde kök kanallarında oluşan smear tabakası üzerinde lazer uygulamalarının ve %17 EDTA+ %5 NaOCl' in etkisi X500, X1000 ve X2000 büyütmelemlerde görüntüler alınarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre şekillendirme işlemlerinden sonra kontrol grubuna ait dişlerin kök kanal duvarlarının tamamında smear tabakasının varlığı gözlenmiştir.

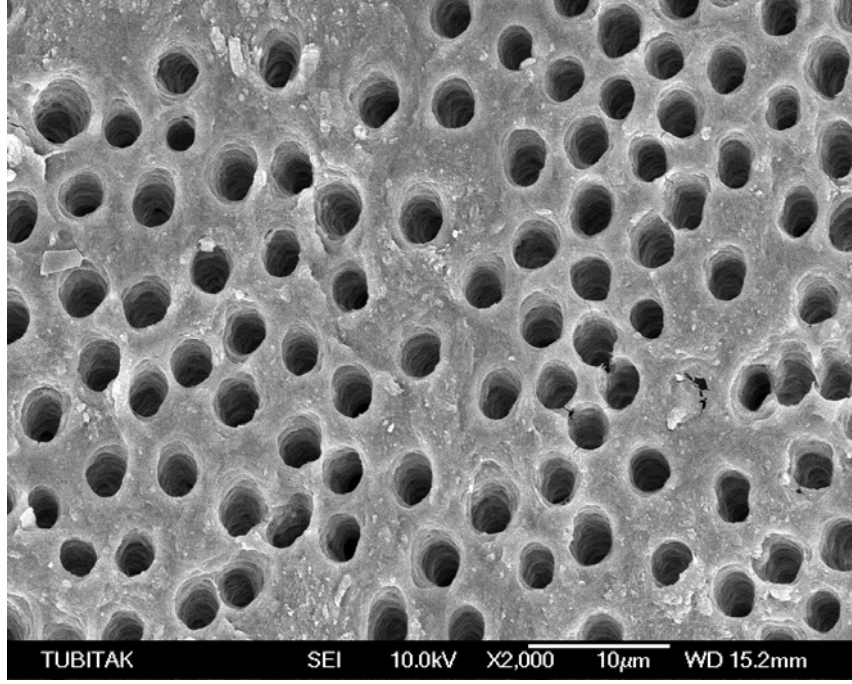
%17 EDTA + %5 NaOCl grubuna ait dişlerde tüm örneklerde kökün kuronal üçte bir bölgesinde smear tabakasının uzaklaştırıldığı, üç dişte kökün orta üçte bir bölgesinde smear tabakasının kısmen uzaklaştırıldığı görülmüştür. Aynı gruba ait 9 dişte kökün apikal üçte bir bölgesinde smear tabakasının uzaklaştırılmadığı, üç dişte ise kısmen uzaklaştırıldığı görülmüştür. Elde ettiğimiz bulgularda smear tabakasının uzaklaştırılmasında en az etkinin kökün apikal üçte bir bölgesinde olduğu, etkinliğin apikalden kuronale doğru arttığı görülmüştür. Çalışmamızda 5 dakika %17 EDTA uygulaması sonucunda elde edilen SEM bulgularında kök kanal dentininde erozyona rastlanmamıştır. Ayrıca dentin kanal ağızlarının açıldığı ve yapılarının düzenli olduğu görülmüştür.



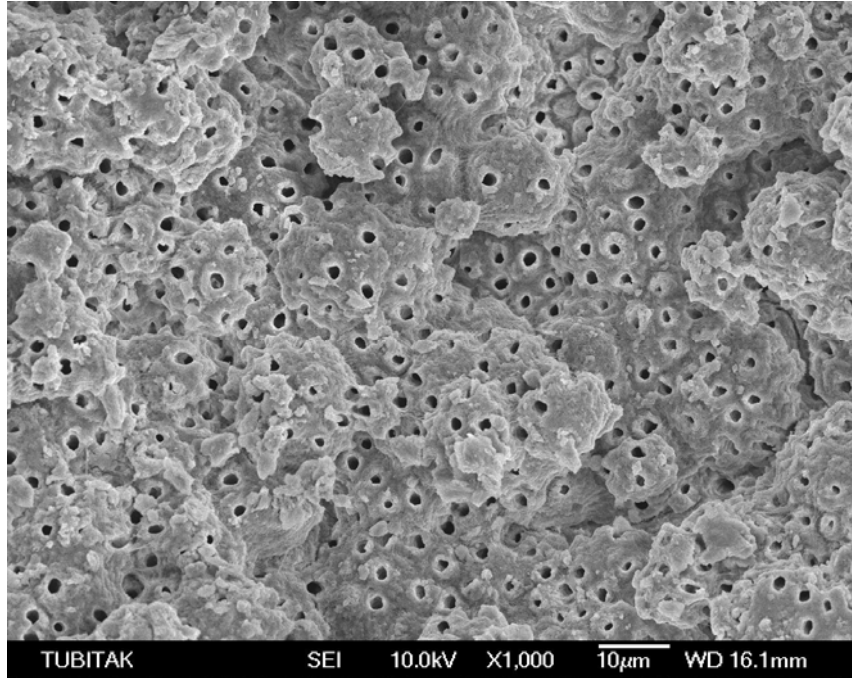
Resim 12. %17 EDTA ve NaOCl uygulanan grupta kökün kuronal üçte bir bölgesinde dentin kanallarının açıldığı ve smear tabakasının tamamen ortadan kalktığı izlenmektedir (X500)



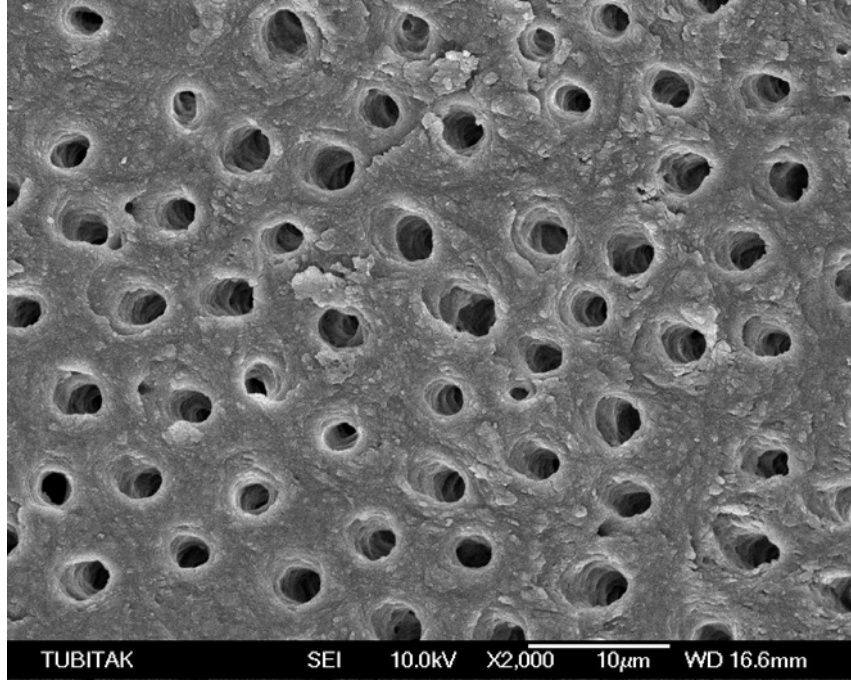
Resim 13. %17 EDTA ve NaOCl uygulanan grupta kökün kuronal üçte bir bölgesinde dentin kanallarının açıldığı ve smear tabakasının uzaklaştırıldığı izlenmektedir (X1000)



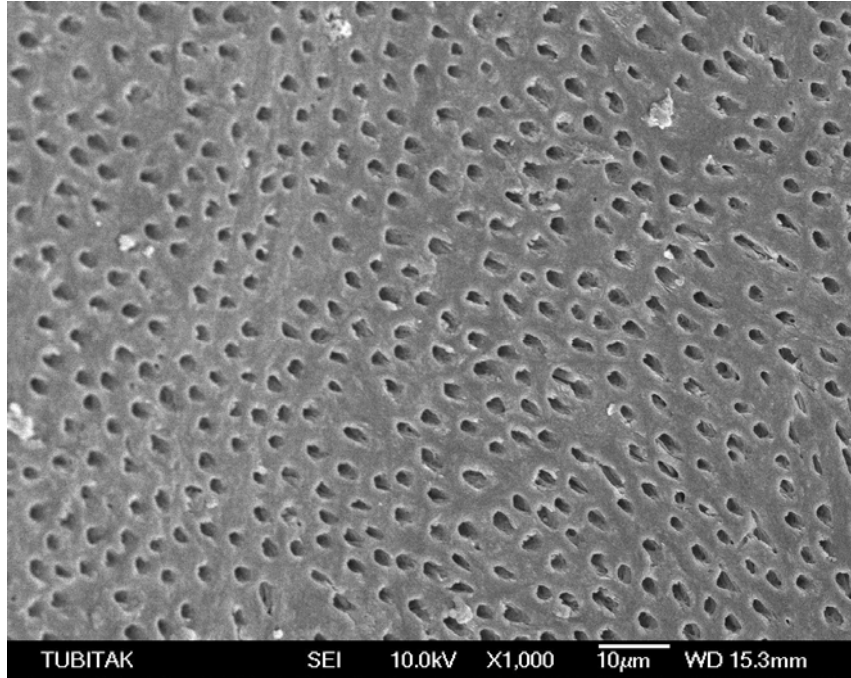
Resim 14. %17 EDTA ve NaOCl uygulanan grupta kökün kuronal üçte bir bölgesinde dentin kanallarının açıldığı ve smear tabakasının uzaklaştırıldığı izlenmektedir (X2000)



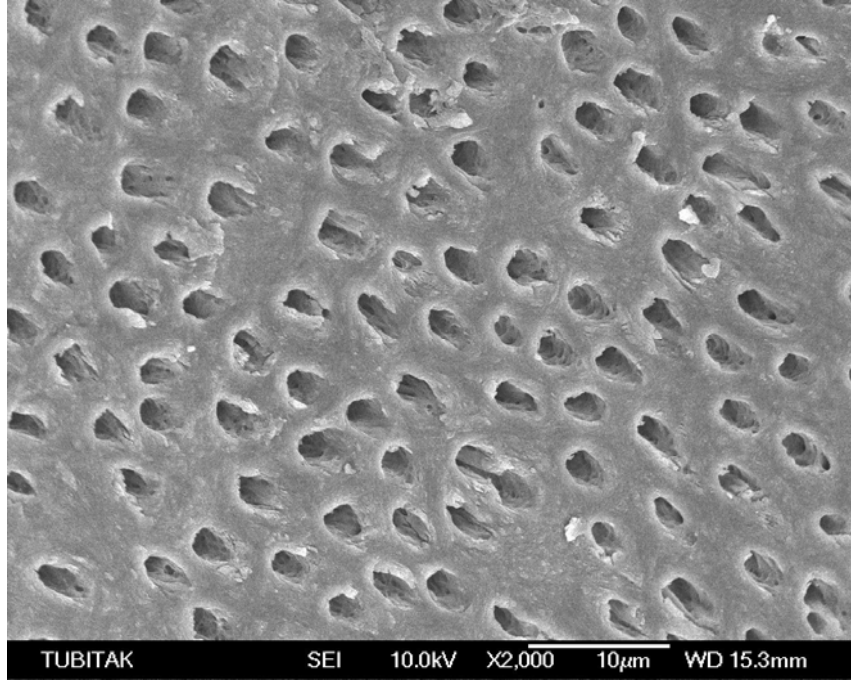
Resim 15. %17 EDTA ve NaOCl uygulanan grupta kökün orta üçte bir bölgesinde dentin kanallarının açıldığı ve smear tabakasının uzaklaştırıldığı izlenmektedir (X1000)



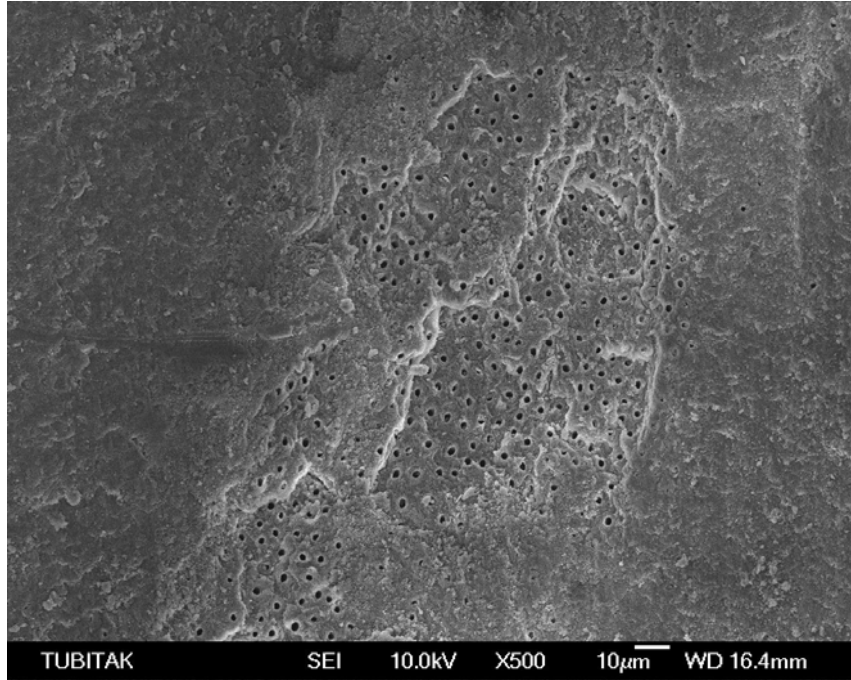
Resim 16. %17 EDTA ve NaOCl uygulanan grupta kökün orta üçte bir bölgesinde dentin kanallarının açıldığı ve smear tabakasının uzaklaştırıldığı izlenmektedir (X2000)



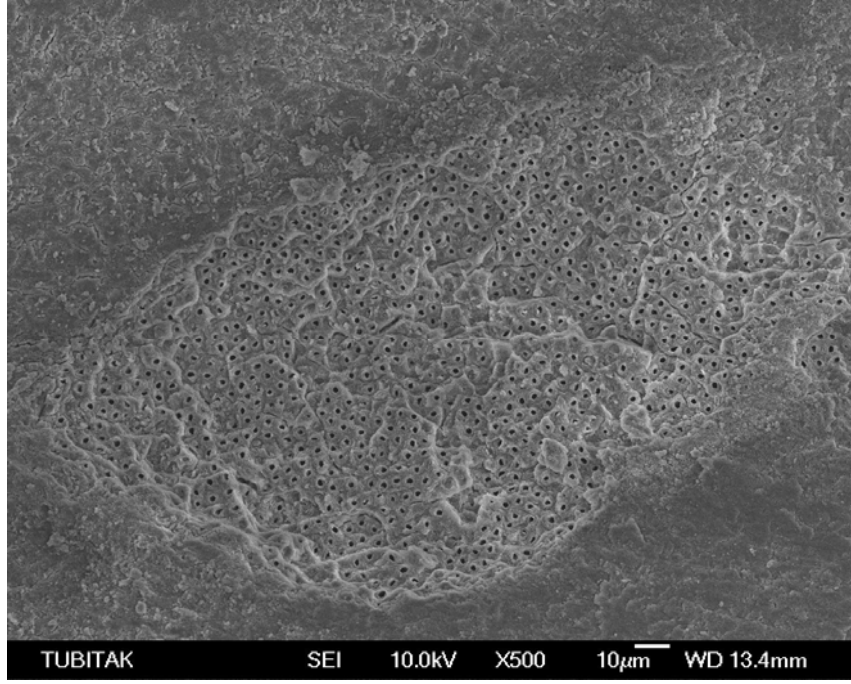
Resim 17. %17 EDTA ve NaOCl uygulanan grupta kökün apikal üçte bir bölgesinde kural ve orta bölgeye göre daha az dentin kanalının açıldığı ve smear tabakasının uzaklaştırıldığı izlenmektedir (X1000)



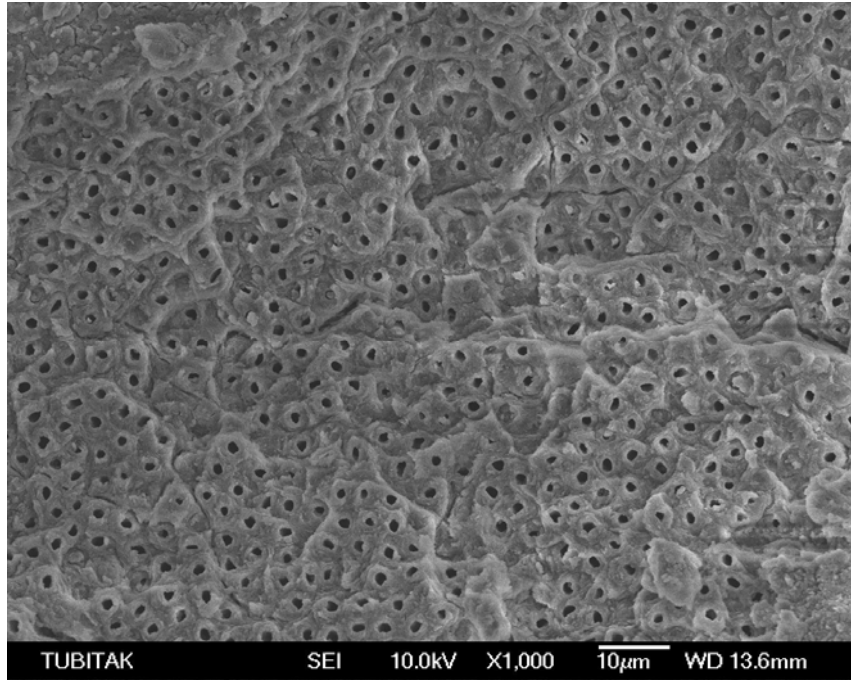
Resim 18. %17 EDTA ve NaOCl uygulanan grupta kökün apikal üçte bir bölgesinde kural ve orta bölgeye göre daha az dentin kanalının açıldığı ve smear tabakasının uzaklaştırıldığı izlenmektedir (X2000)



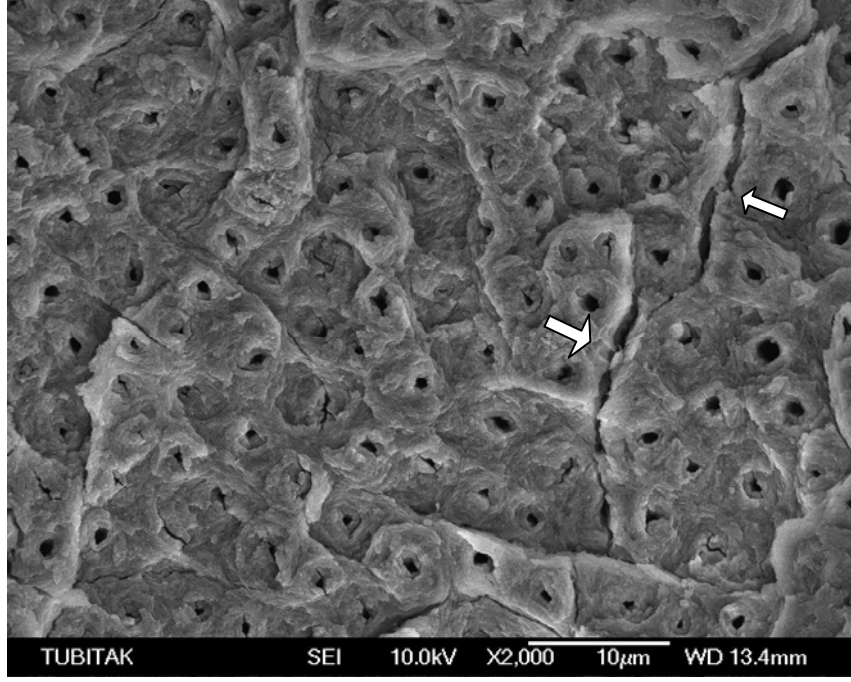
Resim 19. Er:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün kural üçte bir bölgesinde smear tabakasının kısmen uzaklaştırıldığı ve dentin kanallarının açıldığı izlenmektedir (X500)



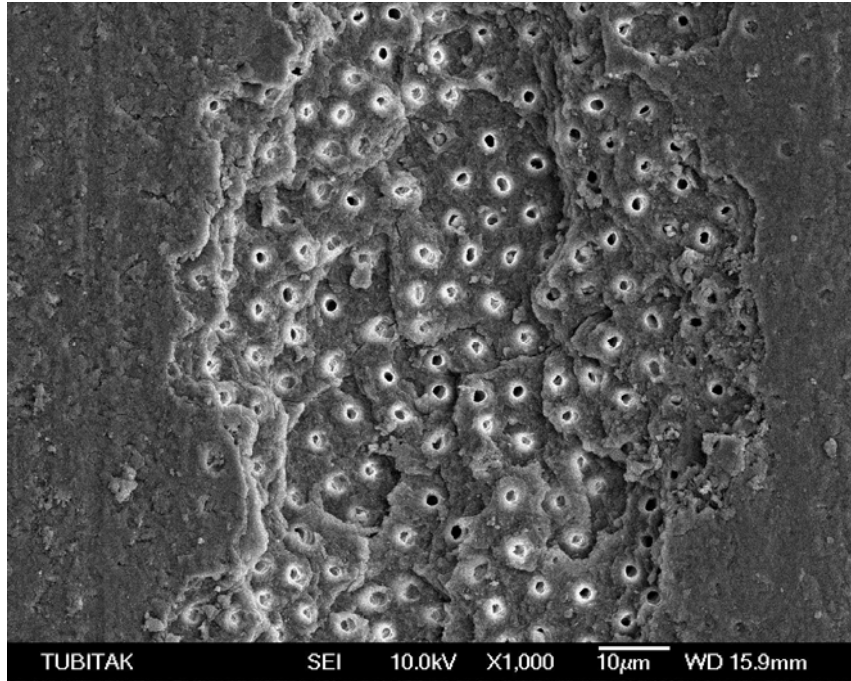
Resim 20. Er:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün orta üçte bir bölgesinde smear tabakasının kısmen uzaklaştırıldığı ve dentin kanallarının açıldığı izlenmektedir (X500)



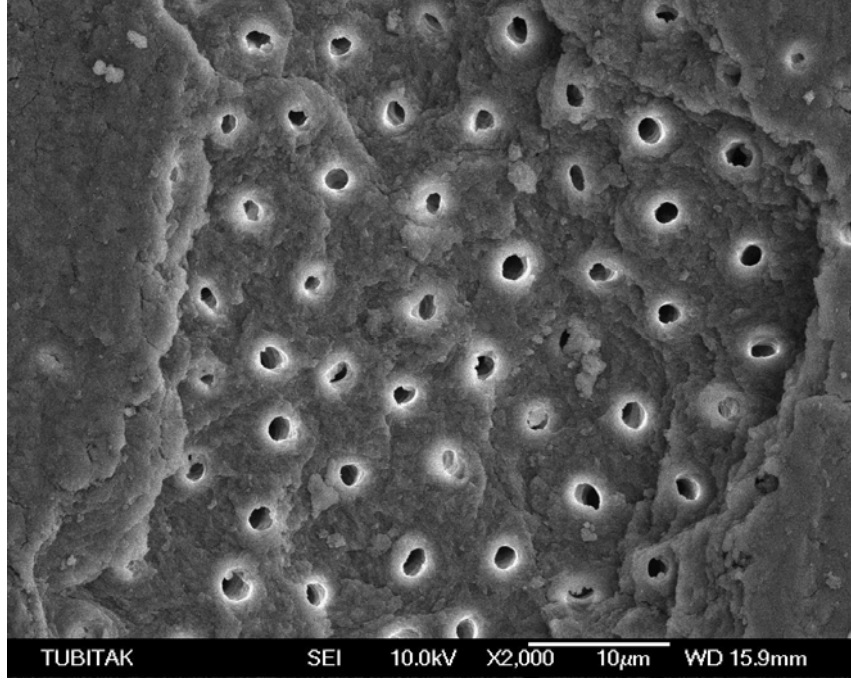
Resim 21. Er:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün kural üçte bir bölgesinde dentin kanallarının açıldığı ve smear tabakasının uzaklaştırıldığı izlenmektedir (X1000).



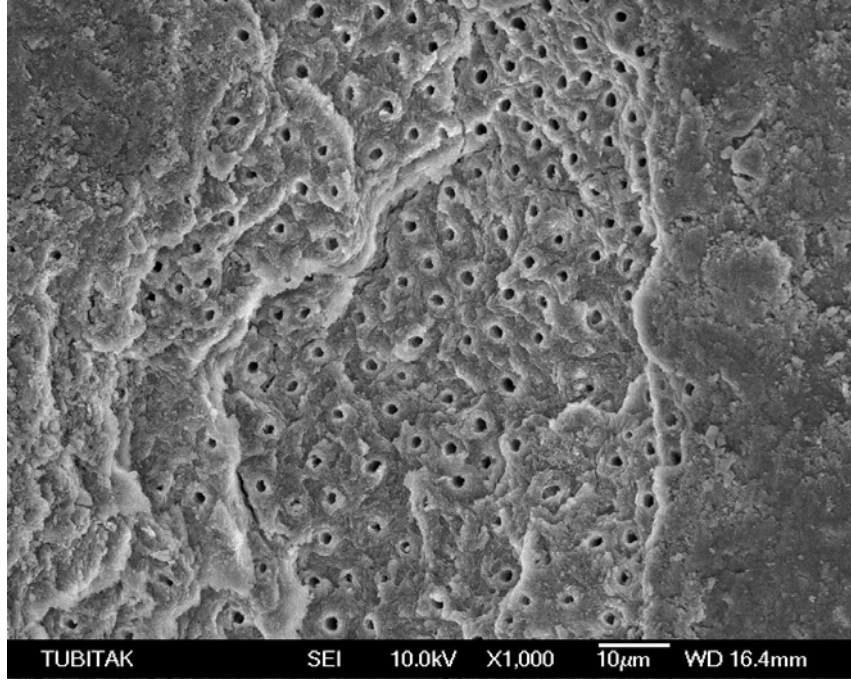
Resim 22. Er:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün kuralal üçte bir bölgesinde dentin kanallarının açıldığı ve smear tabakasının uzaklaştırıldığı görülmektedir. Ayrıca mikroçatlak oluşumu da izlenmektedir (X2000)



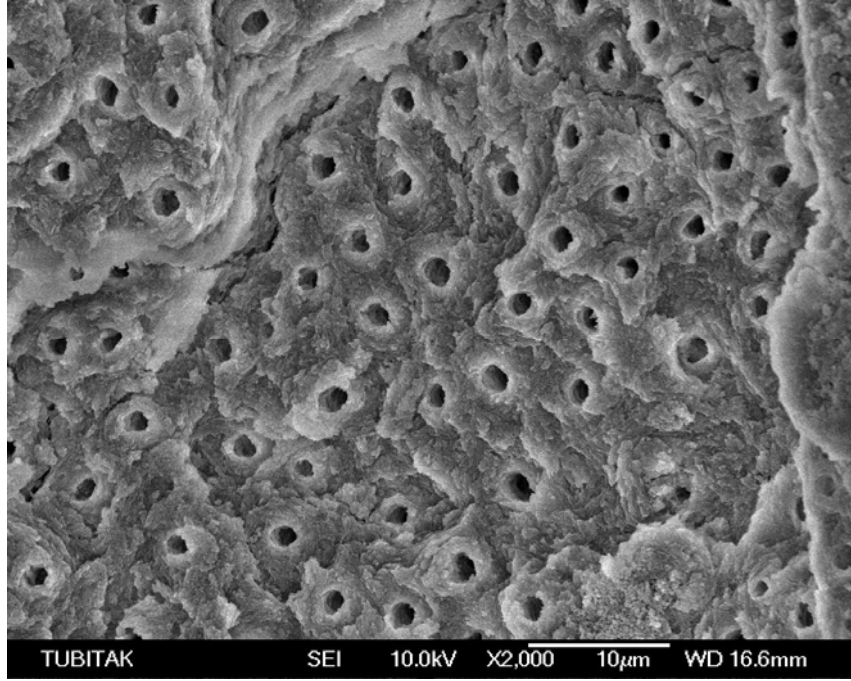
Resim 23. Er:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün kuralal üçte bir bölgesinde mikropatlamalar sonucunda krater oluşumu içerisinde dentin kanallarının açıldığı ve smear tabakasının uzaklaştırıldığı görülmektedir. Kraterin etrafında smear tabakasının varlığı izlenmektedir (X1000)



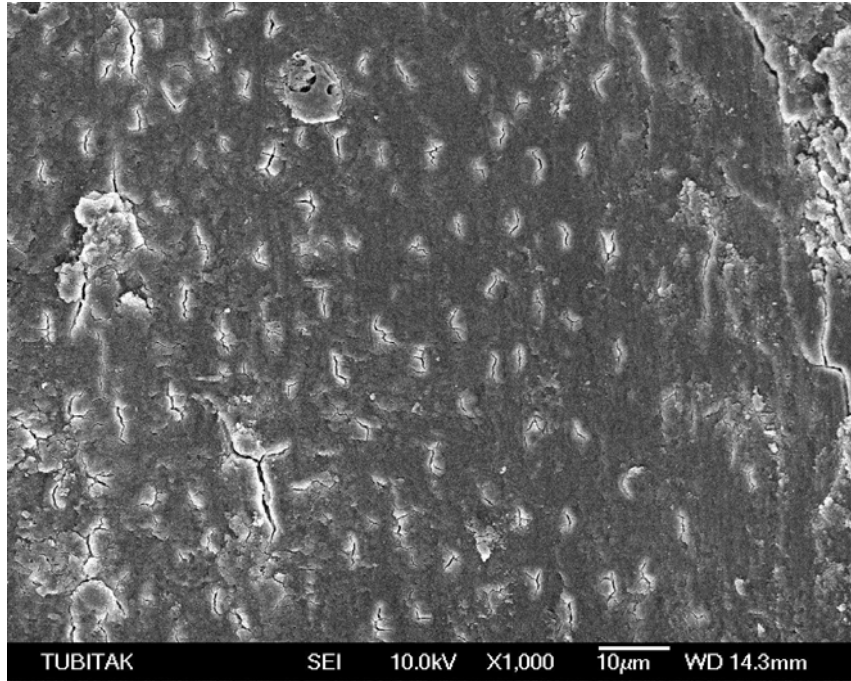
Resim 24. Er:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün kuralonel üçte bir bölgesinde smear tabakasının kısmen uzaklaştırıldığı ve dentin kanallarının açıldığı izlenmektedir (X2000)



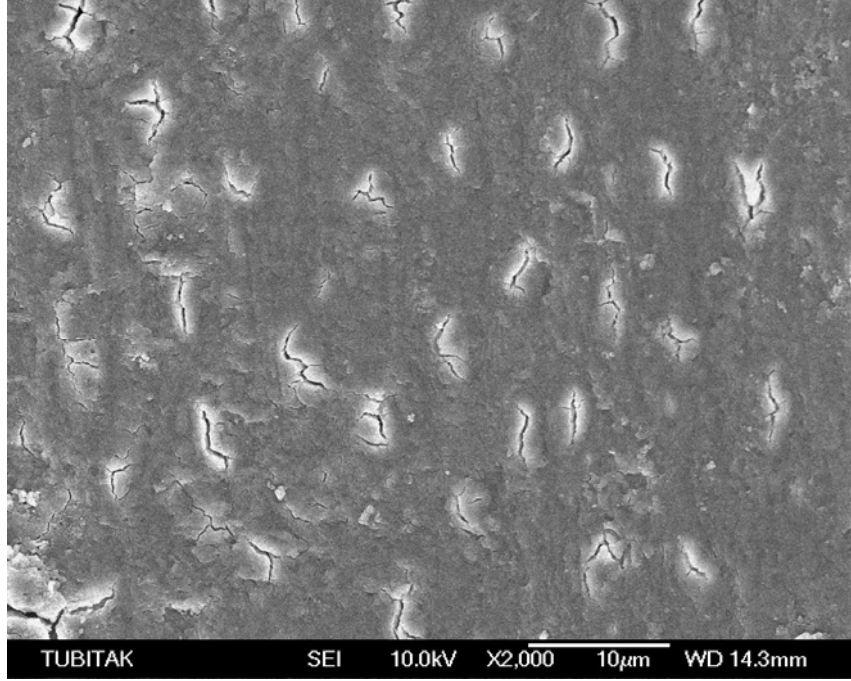
Resim 25. Er:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün orta üçte bir bölgesinde mikropatlamalar sonucunda oluşan krater içerisinde dentin kanallarının açıldığı ve smear tabakasının uzaklaştırıldığı görülmektedir. Krater etrafında smear tabakasının varlığı izlenmektedir (X1000)



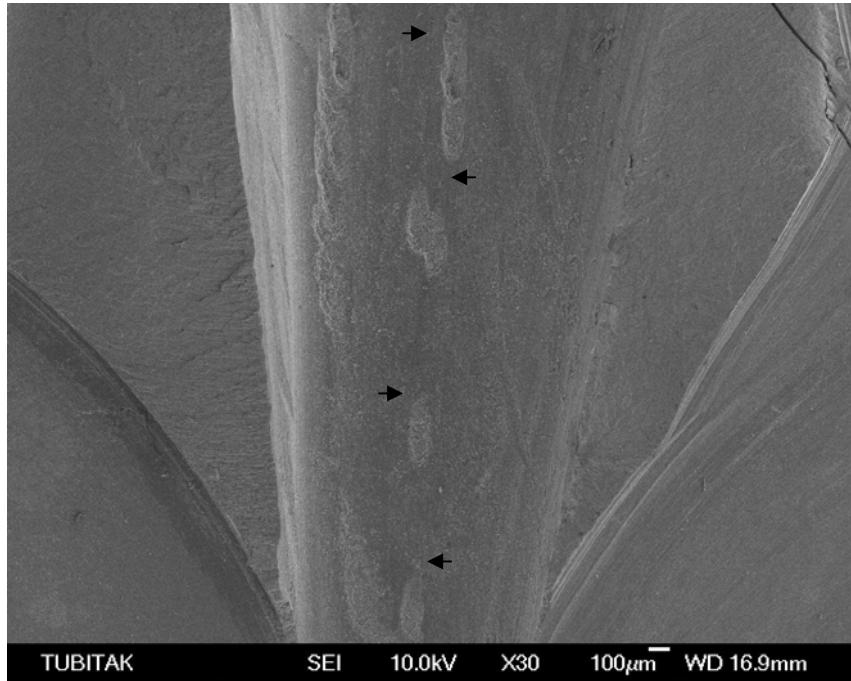
Resim 26. Er:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün orta üçte bir bölgesinde dentin kanallarının açıldığı ve smear tabakasının uzaklaştırıldığı izlenmektedir (X2000)



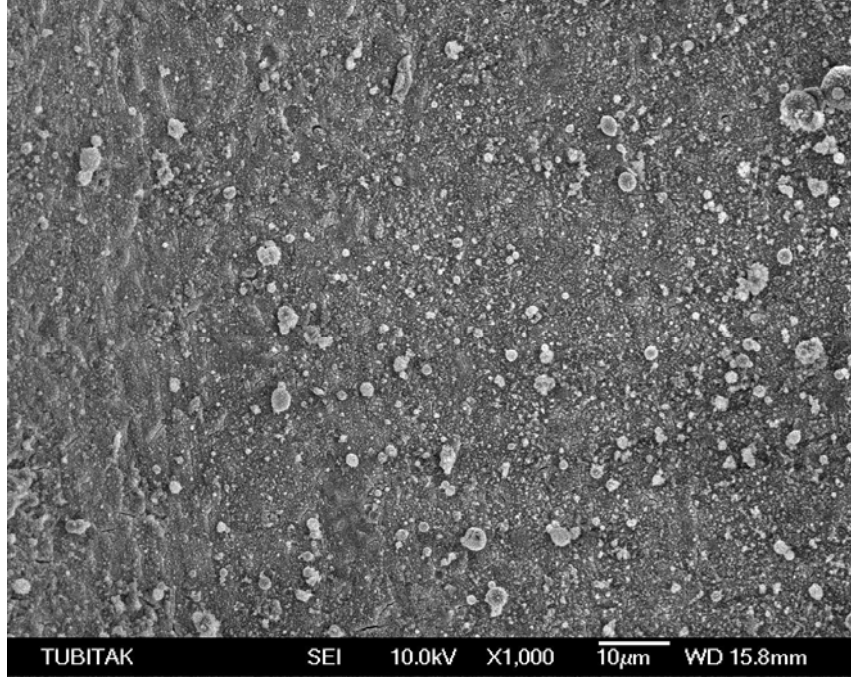
Resim 27. Er:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün apikal üçte bir bölgesinde smear tabakasının varlığı izlenmektedir (X1000)



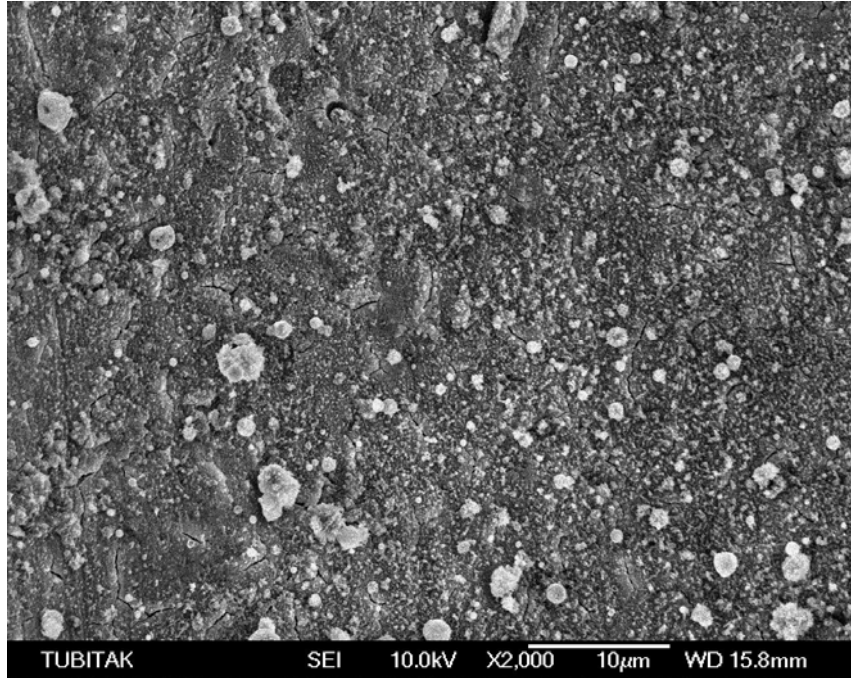
Resim 28. Er:YAG lazer uygulanan grupta kökün apikal üçte bir bölgesinde smear tabakasının varlığı izlenmektedir (X2000)



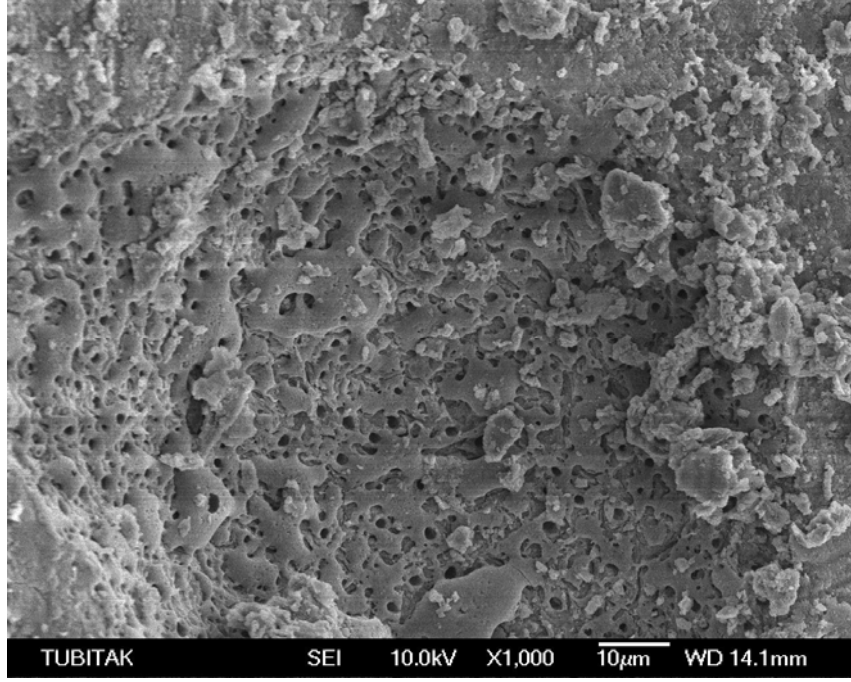
Resim 29. Er:YAG lazer uygulanan grupta fiber optik ucun kök kanalında dairesel hareketlerle apikalden krunale hareketi ile oluşan krater şeklindeki mikropatlamların görüntüsü (X30)



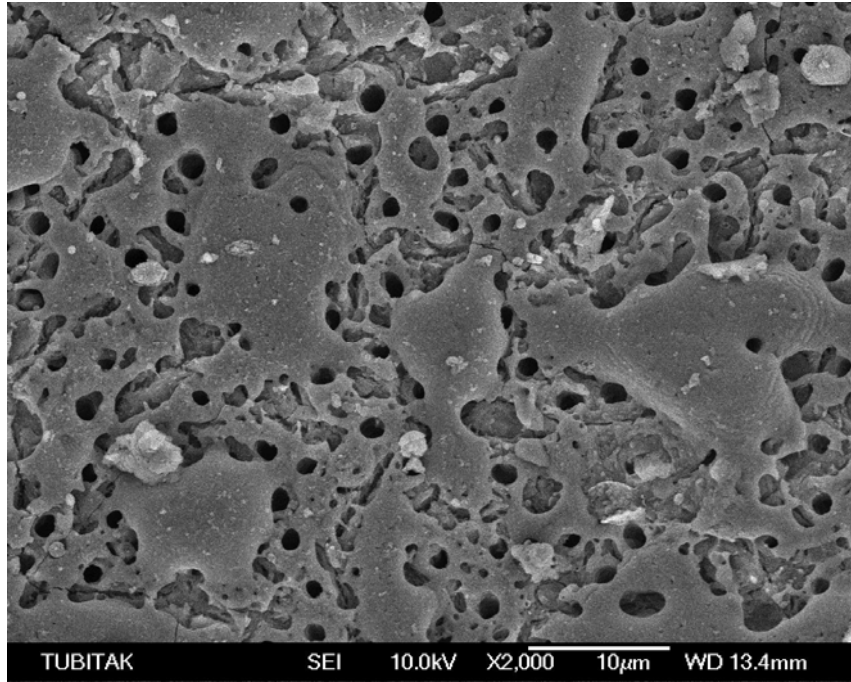
Resim 30. Nd:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün kuronal üçte bir bölgesinde smear tabakasının uzaklaştırıldığı rekristalize alanlar ve küçük kürecik (globul) oluşumları izlenmektedir (X1000)



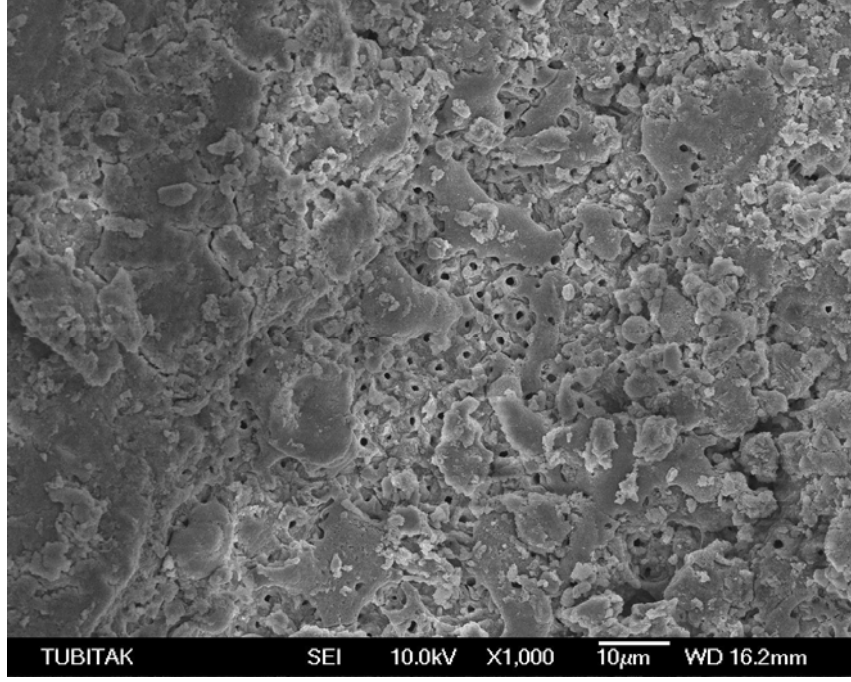
Resim 31. Nd:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün kuronal üçte bir bölgesinde rekristalize alanlar ve küçük kürecik (globul) oluşumları izlenmektedir. Smear tabakası ortadan kalkmıştır (X2000)



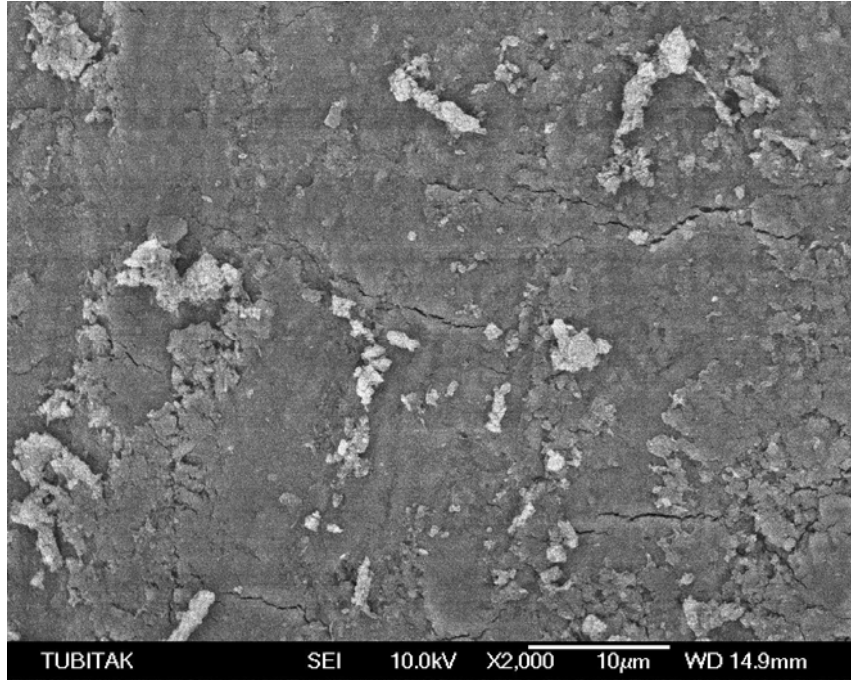
Resim 32. Nd:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün orta üçte bir bölgesinde krater oluşumu görülmektedir. Krater içerisinde erimiş dentin yüzeyleri ve amorf rekristalize alanlar vardır. Krater içerisinde smear tabakası uzaklaştırılmıştır. Krater dışında kalan bölgede smear tabakasının varlığı izlenmektedir (X1000)



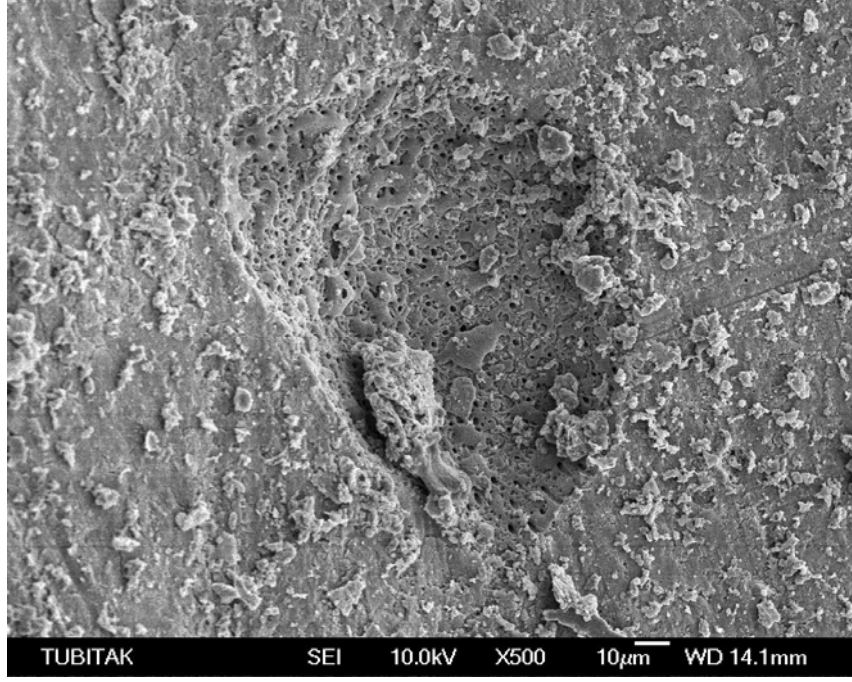
Resim 33. Nd:YAG lazer uygulanan grupta kökün orta üçte bir bölgesinde bozulmuş ve erimiş dentin yüzeylerinin görüntüsü. Smear tabakası ortadan kalkmıştır (X2000)



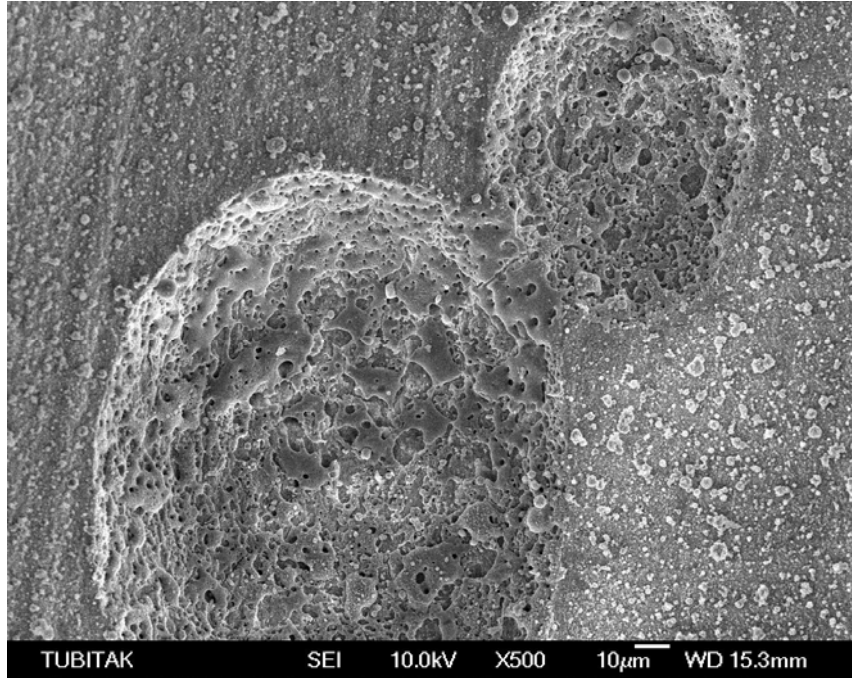
Resim 34. Nd:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün apikal üçte bir bölgesinde yer yer açık dentin kanallarının ve bozulmuş dentin yüzeylerinin görüntüsü izlenmektedir. Smear tabakasının kısmen uzaklaştırıldığı görülmektedir (X1000)



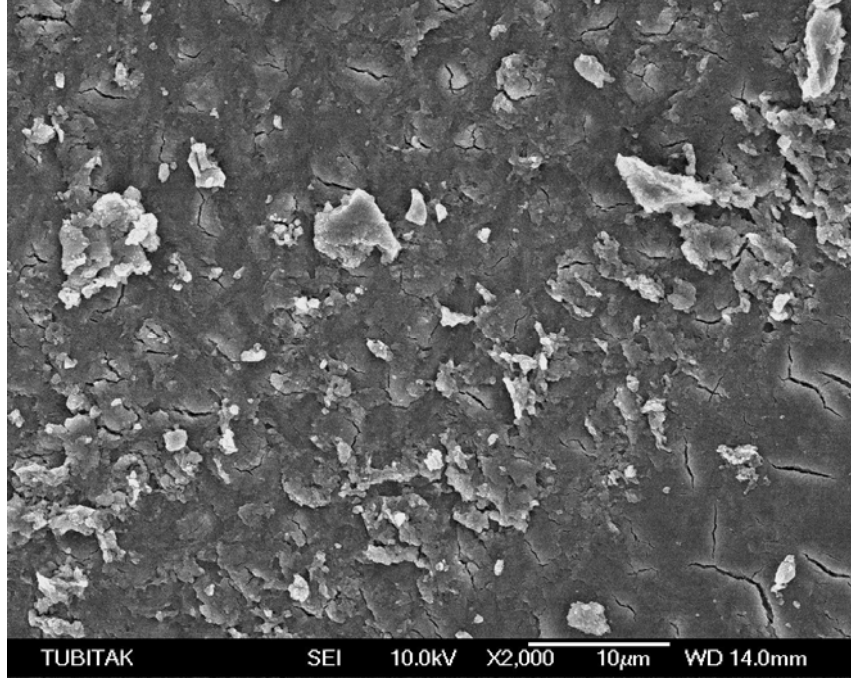
Resim 35. Nd:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün apikal üçte bir bölgesinde smear tabakasının varlığı izlenmektedir (X2000)



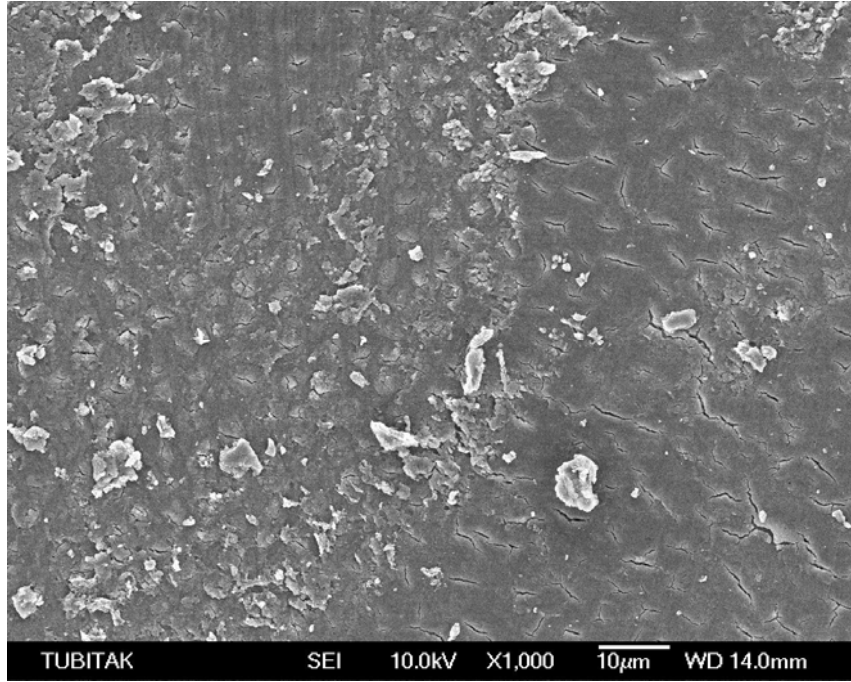
Resim 36. Nd:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün apikal üçte bir bölgesinde oluşan kraterin görüntüsü (X500)



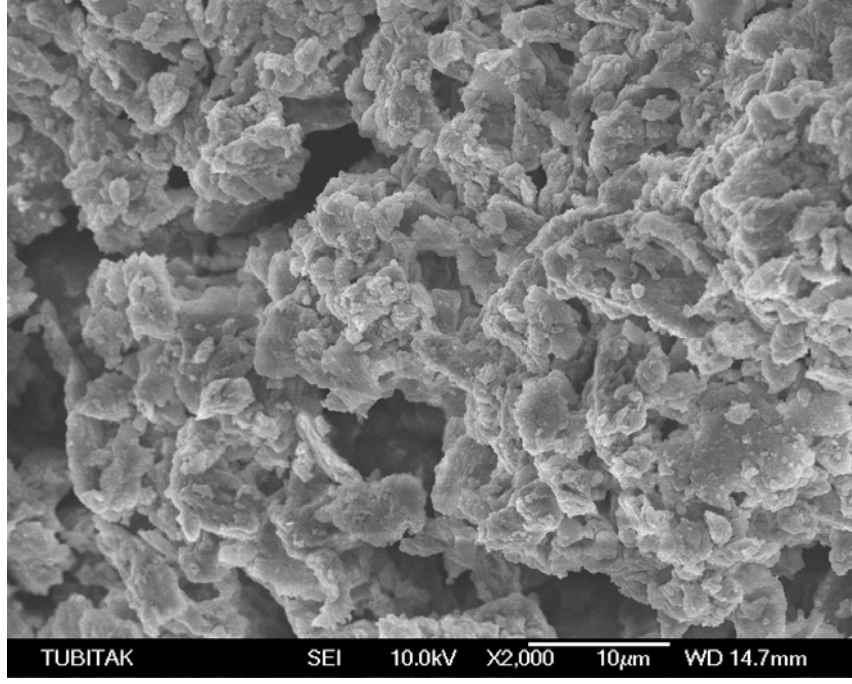
Resim 37. Nd:YAG lazer ışını uygulanan grupta kökün orta üçte bir bölgesinde oluşan kraterlerin görüntüsü (X500)



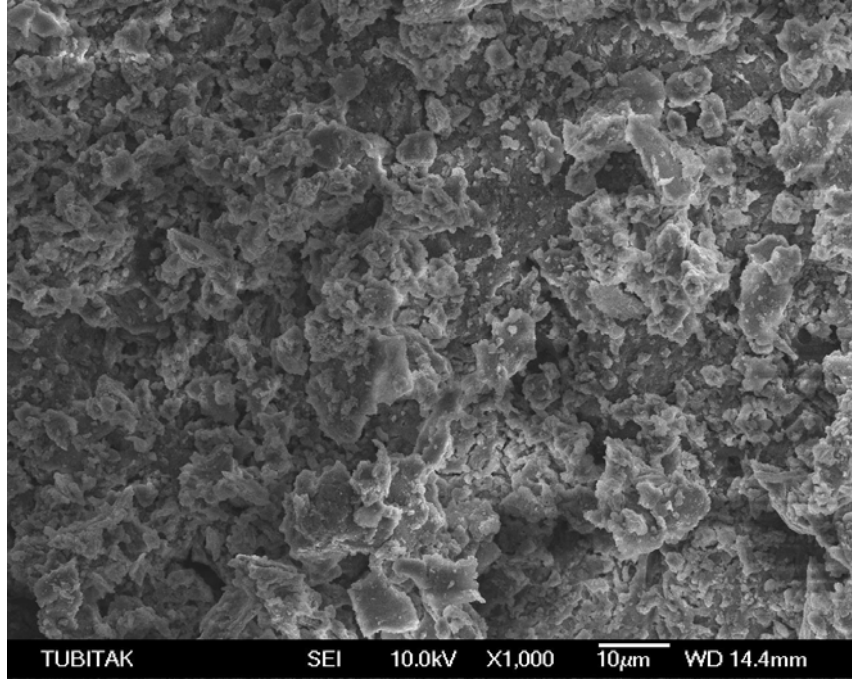
Resim 38. Kontrol grubuna ait kökün kuralal üçte bir bölgesinde smear tabakasının görüntüsü (X2000)



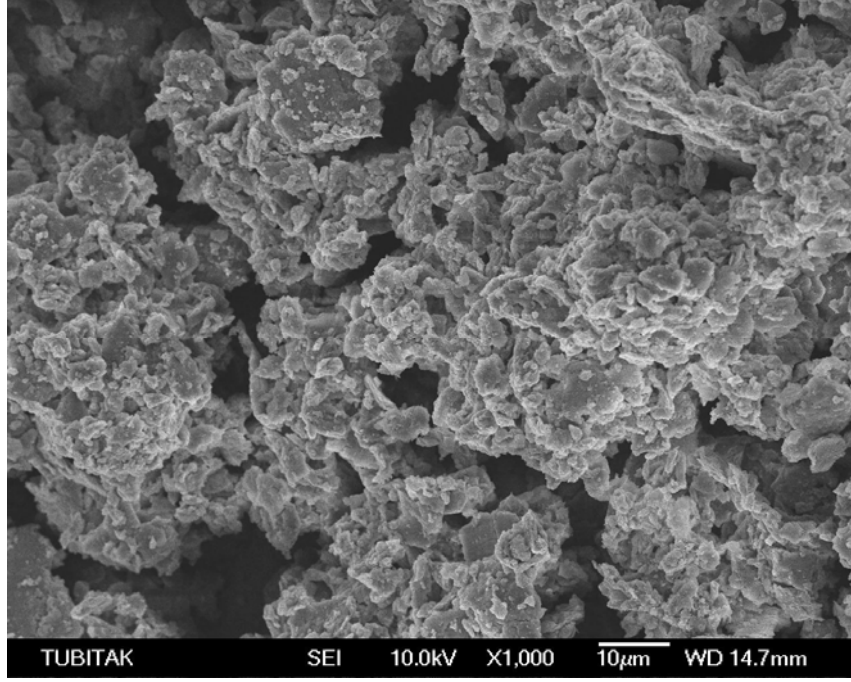
Resim 39. Kontrol grubuna ait kökün kuralal üçte bir bölgesinde smear tabakasının görüntüsü (X1000)



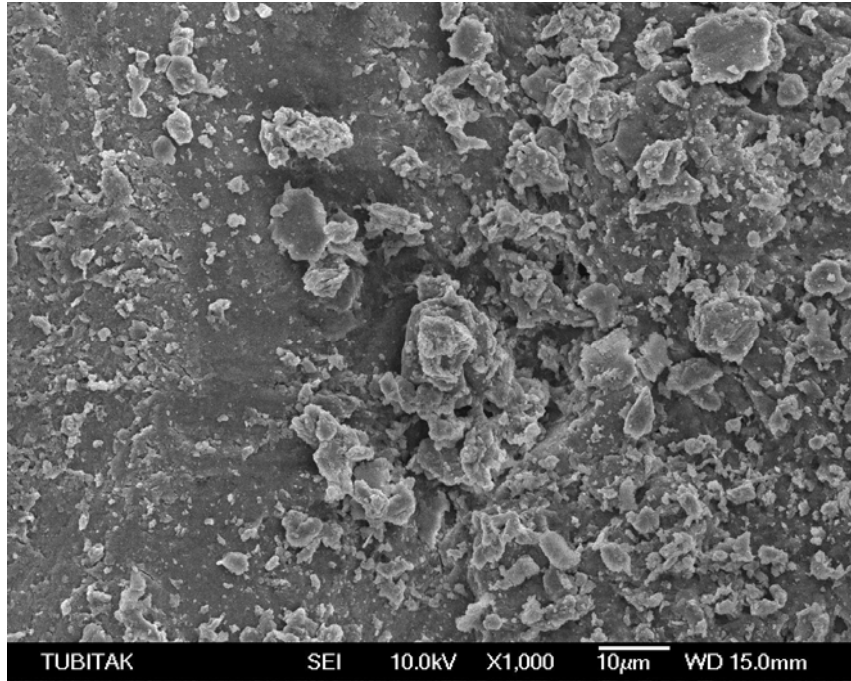
Resim 40. Kontrol grubuna ait kökün orta üçte bir bölgesinde smear tabakasının görüntüsü.
(X2000)



Resim 41. Kontrol grubuna ait kökün orta üçte bir bölgesinde smear tabakasının görüntüsü
(X1000)



Resim 42. Kontrol grubuna ait kökün apikal üçte bir bölgesinde smear tabakasının görüntüsü.
(X1000)



Resim 43. Kontrol grubuna ait kökün kural üçte bir bölgesinde smear tabakasının görüntüsü (X1000)

5.TARTIŞMA

Kök kanalları şekillendirilirken, kanal aletlerinin temas ettiği dentin yüzeylerinde, pulpa dokusu kalıntıları, odontoblast uzantıları, kan hücreleri ve bakterilerden bir tabaka oluşmaktadır. Bu tabakaya smear tabakası denir. Smear tabakasının varlığının, fayda ve sakıncaları hala tartışılıyor olsa da genel görüş bu tabakanın kaldırılması şeklindedir (3,8,9). Son yıllarda yapılan çalışmaların çoğunda smear tabakasının uzaklaştırılmasının önemi belirtilmektedir. Smear tabakasını tek başına uzaklaştırabilen bir irrigasyon solüsyonu olmadığından organik ve inorganik çözücülerin birlikte kullanımı önerilmektedir (12). Bu amaçla lazerlerin dişhekimliğinde yer alması düşünülmüş ve konuyla ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Endodontik amaçlarla kullanılan farklı lazerlerin kök kanal dentininde meydana getirdiği yapısal değişikliklerin ve kök kanalını şekillendirme etkinliklerinin incelendiği çeşitli çalışmalar bulunmakla birlikte (33, 147), smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerini geleneksel yöntemle karşılaştıran çok az sayıda çalışma bulunmaktadır (143). Lazerlerin smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini değerlendiren çalışmaların sonuçları umut vericidir (14, 18, 137, 143). İrrigasyon solüsyonu olarak organik ve inorganik çözücülerin birlikte kullanımı önerilmektedir. Bunun yanında lazerlerin tek başına daha kısa sürelerde smear tabakasını uzaklaştırdığını bildiren çalışmalar vardır (15, 137, 143). Bu nedenle yapılan çalışmada Er:YAG ve Nd:YAG lazerlerin %17 EDTA ve %5 NaOCl solüsyonuna ve birbirlerine göre smear tabakasının uzaklaştırılmasındaki etkinliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Er:YAG lazer, diş sert dokuları tarafından büyük oranda absorbe edilmektedir ve smear tabakasının kök kanallarından uzaklaştırılmasında en etkili lazer olduğu bildirilmiştir (14). Dalga boyu düşük ve diş sert dokuları tarafından absorpsiyonu daha az olmasına rağmen, Nd:YAG lazer de smear tabakasının uzaklaştırılması amacı ile kullanılmıştır (53, 139). Bunun yanında kök kanallarının karmaşık anatomik yapısı göz önüne alındığında, Nd:YAG lazerlerin esnek ve çok ince olan fiber optik ucunun apikal bölgeye kolaylıkla ilerleyebilmesi bir avantaj olarak düşünülebilir. Bu nedenle çalışmada 200 mikron çapında fiber uç Nd:YAG lazer iletiminde kullanılmıştır.

Er:YAG lazerin iletiminde eklemli bir artiküler kol kullanıldığı gibi içi boş metal boru (hollow wave guide) ile de iletim yapılabilir. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte günümüzde Er:YAG ve CO₂ lazer iletiminde de fiber optik sistemler kullanılmaya başlanmıştır. Bu fiber optik sistemler zirkonyum alüminyum florid yapıdadır. Er:YAG lazer ışınları dalga boyunun yüksek olması nedeni ile kuartz yapısındaki fiber moleküller içine sığmamaktadır. Uygulama kolaylığı nedeni ile, bu çalışmada fiber optik iletim sistemine sahip olan Er:YAG lazer cihazını kullanılması tercih edilmiştir.

EDTA, endodontide esas olarak smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla kullanılan bir şelasyon ajanıdır. Birçok araştırmacı smear tabakası ve debrisin uzaklaştırılması için EDTA ve NaOCl' nin birlikte kullanılması konusunda fikir birliğine sahiptir (12,71,86).

Yapılan çalışmalarda en etkili yıkamanın 10 ml % 17 EDTA'ı takiben 10 ml %5.25 NaOCl ve 10 ml distile su ile olduğu bildirilmiştir (12). Çalışmamızda şekillendirme işlemleri tamamlandıktan sonra smear tabakasının uzaklaştırılması için kök kanalları % 17 EDTA ile çalışma uzunluğundan 1 mm kısa olacak şekilde 5 dakika süre ile yıkanmış ve son yıkama %5 NaOCl ve distile su ile yapılmıştır.

Bu çalışmada EDTA grubuna ait dişlerin tamamında kökün kural üçte bir bölgesinde smear tabakasının uzaklaştırıldığı, 3 dişte ise kökün orta üçte bir bölgesinde yer yer debrise rastlandığı, smear tabakasının kısmen uzaklaştırıldığı görülmüştür. Aynı gruba ait 20 dişin 9 tanesinde apikal bölgede smear tabakasının uzaklaştırılmadığı, 3 tanesinde ise kısmen uzaklaştırıldığı görülmüştür. Elde edilen bulgular smear tabakasının apikal bölgeden uzaklaştırılmasının güç olduğu ve temizlik etkinliğinin kuralden apikale doğru azaldığını bildiren çalışmaları destekler niteliktedir (1,11,91,104).

5 dakika EDTA uygulaması sonrasında apikal bölgede, kuronal ve orta bölgelere kıyasla dentin kanallarının sayısı ve genişliğinde normal dentin yapısına uygun olarak azalma olduğu gözlenmiştir. Apikal bölgeye yeterli miktarda şelasyon ajanının ulaştırılması ve etkin bir temizliğin sağlanması amacı ile bu bölgenin şekillendirilmesi .02 konisitede, #45 kanal aleti ile tamamlanmış ve böylece 30 gauge perfore iğnelerin daha iyi penetrasyonu amaçlanmıştır. Apikal bölgedeki dentin normalde, daha skleroze ve mineralize olup, kök kanal dentinin sertliği kurondan apikale doğru artarken, dentin kanallarının sayısı apikal bölgeye doğru azalmaktadır. Elde edilen bulgularda apikal bölgede etkinin daha az olması kök kanal dentinin kuronal, orta ve apikal bölgesi arasındaki yapısal farklılıktan kaynaklanmış olabilir.

Çalt ve Serper (154) kök kanallarında EDTA' nın 1 ve 10 dakika arasındaki temas süresini değerlendirmişler ve 10 dakikada aşırı intertubuler ve peritubuler dentin erozyonu olduğunu izlemişlerdir. Araştırmacılar 1 dakikanın smear tabakasının uzaklaştırılmasında yeterli olduğunu ve daha uzun sürelerin dentin erozyonuna yol açtığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada 5 dakika EDTA uygulaması sonucunda elde edilen SEM bulgularında kök kanalı dentininde erozyon izlenmemiştir. Yer yer dentin kanal ağzlarının açıldığı ve kanal lumenlerinin düzenli bir yapıda olduğu görülmüştür. Bu sonuç, Çalt ve Serper'in çalışmasıyla uyumlu bulunmamıştır. Niu ve ark. (155) dentinde erozyonun tek başına EDTA ile yıkamanın sonucunda olmadığını, NaOCl ile kombine kullanımının bir sonucu olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar 1 ve 3 dakika 3 ml EDTA ve 2 dakika 3 ml NaOCl ile yıkanan kök kanallarında erozyon izlenirken, aynı sürelerde sadece EDTA ile yıkanan kök kanallarında erozyon görülmediğini bildirmişlerdir. Çalışmanın bulgularında erozyonun izlenmemesi EDTA kullanımını takiben kök kanallarının 1 dakikadan daha kısa sürede 10 ml %5 NaOCl ve distile su ile yıkanması ile açıklanabilir.

Smear tabakasının EDTA ile uzaklaştırılmasında kesin bir süre bildirilmemiştir. Saito ve ark. (156) 15 ve 30 sn. gibi kısa sürelerde, smear tabakasının etkili bir şekilde uzaklaştırılmadığını bildirmişlerdir. Bu çalışmayla benzer bulguların elde edildiği bir çalışmada Teixeira ve ark. (157), 1, 3 ve 5'er dakikalık süreler ile kök kanallarına uygulanan EDTA ve NaOCl ile yapılan son yıkamanın etkinliğini karşılaştırmışlar ve 1 dakika süreye kıyasla 3 ve 5' er dakikalık uygulamaların daha etkin bir temizlik

sağladığını ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Bu nedenle yapılan çalışmada 5 dakikalık yıkama sonrasında etkili bir sonucun elde edilebileceği düşünülmüş ve lazerin etkinliğini daha iyi kıyaslamak amacıyla 5 dakikalık EDTA uygulaması tercih edilmiştir.

Kök kanallarından smear tabakasının lazerler ile uzaklaştırılması için belirlenen standart parametreler mevcut değildir. Kullanılan lazer tiplerine göre de parametreler çok değişik ve geniş aralıklardadır. Literatürde Er:YAG ve Nd:YAG lazerler değişik W, Hz (pps) ve sürelerde kullanılmıştır. Nd:YAG lazerler sıklıkla 1.5 - 2 W , 15 - 20 Hz parametrelerinde kullanılırken (134,139,158), Er:YAG lazerler çok değişik parametre ve sürelerde kullanılmıştır (14,144,145).

Tekeda ve ark. CO₂ ve Er:YAG lazerin smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini karşılaştırdıkları bir çalışmada 23 saniye boyunca CO₂ lazer uygulanan kök kanallarının orta bölgesinde smear tabakası bulunmadığını ve dentin kanallarının açık olduğunu bildirmişlerdir (143). Er:YAG lazerin 100 mJ, 10 Hz, 1 W ile 15 saniye uygulandığı aynı çalışmada smear tabakasının hem orta hem de apikal bölgede CO₂ lazerden daha etkin bir şekilde uzaklaştırıldığını izlemişlerdir. Biedma ve ark. (159) el ya da döner alet sistemleri ile birlikte Er:YAG lazer uygulanmış ve uygulanmamış kök kanal duvarlarının yapısını karşılaştırmışlardır. Bu araştırmacılar 100 mJ, 10 Hz ve 1 W parametrelerinin kullanıldığı çalışmada, Er:YAG lazer uygulanan gruplarda smear tabakası ve debrisin döner alet kullanımı ile birlikte daha etkili uzaklaştırıldığını bildirmişlerdir. Çalışmada kök kanalları şekillendirilirken son yıkamanın tüm gruplarda %17 EDTA ile yapılmış olması dikkat çekicidir ve kanımızca Er:YAG lazerin gerçekten tek başına etkinliğini yansıtmamaktadır. Takeda ve ark. Er:YAG lazerin kök kanal duvarlarındaki etkisini incelemişlerdir. 3 ve 5 saniye sürelerinde uyguladıkları lazerin kök kanallarından smear tabakası ve debrisi uzaklaştırdığını ayrıca dentin kanallarının ağızlarının açıldığını ve 3 saniye uygulamanın yeterli olduğunu bildirmişlerdir (14). Bu çalışmada lazer ışını dişler enine kesit alındıktan sonra kök kanal duvarlarına dikey olarak uygulanmıştır. Bu uygulamanın klinik şartları ve lazerin etkinliğini birebir yansıtmadığını düşünmekteyiz. Takeda ve ark. bir başka çalışmada (160) 1 W ve 2 W gücünde Er:YAG lazer uyguladıkları kök kanallarında smear tabakasının buharlaştığını bunun yanında apikal bölgede fiber ucun temas etmediği bazı sahalarda smear tabakasının uzaklaştırılmadığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmada Takeda ve ark.'nın bulgularını destekler şekilde Er:YAG lazer grubunda örneklerin çoğunda kuronal ve orta bölgede dentin kanallarının açık olduğu ve smear tabakasının uzaklaştırıldığı izlenirken, bazı alanlarda smear tabakasının varlığı gözlenmiştir. Elde edilen bulgular apikal bölgede smear tabakasının kaldırılamadığı şeklindedir ve bu yönüyle Takeda ve ark. tarafından yapılan çalışmaların sonuçlarıyla farklılık göstermektedir. Bunun nedeni bizim çalışmamızın klinik şartları daha iyi yansıtması olabilir. Bu araştırmada, Er:YAG lazer ile smear tabakasını kaldırdığı bildirilen 100 mJ, 10 Hz, 1 W parametreleri ile bir ön çalışma yapılmıştır. Ön çalışma sonucunda elde edilen SEM bulgularında kök kanal duvarlarının tamamında smear tabakasının varlığı ve dentin kanal ağzlarının tamamen kapalı olduğu görülmüştür. Bu nedenle smear tabakasının kaldırılması için daha yüksek parametrelerin gerekli olacağı düşünülerek 120 mJ, 15 Hz ve 1.8 W güçte Er:YAG lazer uygulanmıştır. Buna karşılık Kıvanç ve ark. (145) 120 mJ, 15 Hz, 1.8 W parametrelerinde kullandıkları Er:YAG ve Nd:YAG lazerlerin kök kanal duvarından smear tabakası ve debris uzaklaştırmadığını bildirmişlerdir. Kıvanç ve ark.'nın çalışmasına benzer şekilde bu çalışmada da Er:YAG lazer grubu ile Nd:YAG lazer grubu arasında smear tabakasının uzaklaştırılması açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Bununla birlikte Er:YAG lazer grubunda smear tabakasının ortalama gözlem değeri daha düşük olmuştur. Elde ettiğimiz SEM görüntülerinde Er:YAG lazerin smear tabakasını uzaklaştırmakta etkili olduğu ancak bu etkilerin kök kanal duvarının tamamında meydana gelmediği ve istatistiksel olarak EDTA grubu kadar başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Endodontide Nd:YAG lazerler dezenfeksiyon, kök kanalının şekillendirilmesi, sert doku yüzeylerinin eritilmesi, dentin geçirgenliğinin azaltılması ve smear tabakası ile debrisin uzaklaştırılması amacıyla kullanılmıştır (134,141, 139, 161, 140).

Tani ve Kawada, Nd:YAG lazerin kök kanallarından smear tabakasını eriterek buharlaştırdığını ve dentin kanallarının erimiş inorganik maddeler ile tıkanıldığını bildirmişlerdir (133). Daha sonra yapılan çeşitli çalışmalarda da Nd:YAG lazerin smear tabakasının kök kanallarından uzaklaştırılmasında başarılı olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmanın bulguları, Nd:YAG lazerin smear tabakasının uzaklaştırılmasında geleneksel yöntemlere göre başarılı olmadığını bildiren çalışmaları destekler niteliktedir (136).

Nd:YAG lazerin kök kanal duvarındaki etkilerinin, dentinde meydana gelen morfolojik değişiklikler, smear tabakasının uzaklaştırılması, erime ve rekristalizasyon olduğu ayrıca krater, karbonizasyon sahaları, camsı ve parlak yüzey oluşumlarına rastlandığı bildirilmiştir (16, 136, 141, 151). Elde edilen SEM bulgularında kök kanal duvarının çeşitli bölgelerinde krater oluşumları izlenmiştir. Krater içerisinde smear tabakasının buharlaştığı; dentinde erime, rekristalizasyon sahalarının oluştuğu izlenmiştir. Ayrıca hiçbir örnekte karbonizasyon sahalarına rastlanmamıştır.

Bu çalışmada Er:YAG ve Nd:YAG lazer grupları arasında standardizasyonun sağlanması amacı ile 120 mj, 15 Hz, 1.8 W ile 4 kez 10 saniye süre ile toplam 40 saniye, aynı parametre ve sürelerde uygulama yapılmıştır. Dederich ve ark. dentin yüzeylerine 10-90 W arasında değişen değerlerde 0.1-0.9 saniye süreler ile Nd:YAG lazer uyguladıkları çalışmalarında düşük parametrelerde herhangi bir etki oluşmadığını, güç arttırıldığında ise kök dentininin eriyip camsı görünümde bir dokuya dönüştüğünü bildirmişlerdir (16). Goya ve ark. (139) 100 mj, 20 Hz, 2 W parametrelerinde kullandıkları Nd:YAG lazerin dentin yüzeyinde smear tabakasını tamamen ortadan kaldırdığını, erimiş ve rekristalize dentinin kaldığını izlemişlerdir. Sözü geçen çalışmada kök kanalları lazer uygulamasından önce %14 EDTA solüsyonu ile yıkanmıştır. Bu uygulama kök kanalından smear tabakası ve dentinin uzaklaştırılmasında Nd:YAG lazerin tek başına etkinliğini etkilemiş olabilir. Harashima ve ark. (137) 100 mj, 10 Hz, 1 W parametrelerini kullandıklarında Nd:YAG lazerin smear tabakasını uzaklaştıramadığını ancak 100 mj, 20 Hz ve 2 W parametrelerinde smear tabakasının buharlaştığını, eridiğini ya da rekristalize olarak uzaklaştığını bulmuşlardır. Bu çalışmada daha düşük güç ile uygulama sonrasında kanal duvarlarında çeşitli bölgelerde smear tabakasının eridiği, dentin kanal ağzlarının tıkanıp ve yapılarının değiştiği izlenmiştir. Elde edilen bulgular bu yönüyle yukarıda belirtilen araştırmalarla benzerlik gösterse de etkilerinin tüm kök kanalında izlenmemesi yönüyle ayrılmaktadır.

Literatürde Nd:YAG lazerin pigmente dokular tarafından daha iyi absorbe olduğu bildirilmiştir (139,149). Ayrıca yapılan araştırmalarda Nd:YAG lazer tarafından en iyi absorbe edilen maddenin siyah çini mürekkebi olduğu açıklanmıştır (162). Zhang ve ark. 100 mj, 20 Hz, 2 W parametrelerinde kullandıkları Nd:YAG lazerin tek başına uygulandığında, kök kanal duvarında belirgin etkilerinin izlenemediğini ancak önceden

siyah mürekkep ile boyanan grupta smear tabakasının uzaklaştırıldığını, %38 Ag(NH₃)₂F grubunda ise artık smear tabakası kaldığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada kök kanalları lazerin absorpsiyonun artırılması amacı ile boyanmamıştır. Zhang ve ark. lazer enerjisinin dağılımının ya da boyamanın düzensiz oluşunun kök kanalı içersinde değişikliklerin de düzensiz olmasına neden olabileceğini bildirmişlerdir. Elde edilen SEM bulgularında lazerin etki etmediği alanlarda smear tabakası artıklarının izlenmesi bu görüşü destekler niteliktedir.

Anic ve ark. (163,164) Nd:YAG lazer uygulamasından sonra dentin yüzeyinde erime alanlarının fiber optik ucun kanal duvarı ile temas ettiği yerlerde izlenebildiğini bildirmişlerdir. Lazer ışını paralel ve dik olarak uygulandığında dentin yüzeyindeki etkilerini incelemişlerdir. Paralel uygulama sonrasında erozyondan erimeye kadar çeşitli etkiler meydana geldiğini, dikey uygulandığı zaman ise daha düzgün şekilli kraterler oluştuğunu bildirmişlerdir. Benzer bir çalışmada Santos ve ark. (141) farklı parametreler ve açılarda uyguladıkları Nd:YAG lazerin kök kanal dentini üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlardır. Dört farklı gruptan oluşan çalışmada her gruptan önceden enine kesit alınan 2 diş dikey olarak lazer uygulaması yapılmış ve bu dişlerden bir tanesi uygulama öncesinde % 17 EDTAC ile 5 dakika yıkanmış ve smear tabakası uzaklaştırılmıştır. Geriye kalan dişlerde ise paralel olarak dairesel hareketlerle lazer uygulaması yapılmıştır. Elde edilen SEM bulgularında lazer ışınının paralel uygulandığı numunelerde smear tabakası ve debrisin uzaklaştırılmadığı görülmüştür. Dikey uygulanan örnekler de ise önceden EDTAC uygulanan numunelerde smear tabakası ve debrisin uzaklaştırıldığı, diğer dikey örneklerde ise sadece dentinde meydana gelen morfolojik değişikliklerin izlendiği bildirilmiştir (141). Bu çalışmada Nd:YAG lazer uygulaması paralel ve dairesel hareketlerle yapılmıştır. Uygulama sırasında apikalden kuronale doğru fiber ucun geri çekilmesi sırasında, kök kanal duvarıyla dike yakın bir açıyla temas ettiği izlenmiştir. Bu nedenle orta ve kuronal bölgelerde smear tabakasının uzaklaştırıldığı, içerisinde erime ve rekristalizasyon sahalarının bulunduğu düzgün şekilli kraterlerin oluştuğu düşünülmektedir. Fiber ucun kanal duvarına paralel olarak hareket edebildiği, apikal bölgede ise smear tabakası ve debrisin uzaklaştırılmadığı görülmüştür. Apikal bölgede elde edilen bu sonuçlar Santos ve ark.'nın lazerin uygulama açısı ile ilgili görüşlerini destekler niteliktedir (141).

Benzer bir çalışmada Camargo ve ark. (140) Nd:YAG lazeri kök kanalına farklı parametre ve yöntemleri uygulamışlardır. Çalışmamızın bulgularını destekler şekilde paralel uygulamanın kök yüzeyinde yarattığı morfolojik etkilerin sınırlı olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmanın bulguları Nd:YAG lazerin, özellikle apikal bölgeye kolaylıkla ulaşabilen esnek fiber optik ucun avantajlarını belirten çalışmaları destekler niteliktedir. Bize göre Nd:YAG lazer ucunun kök kanalı içerisindeki hareketi ve etkinliği sınırlıdır. Er:YAG lazer grubunda da benzer şekilde kural ve orta bölgeler, apikal bölge ile karşılaştırıldığında smear tabakasının gözlem değerinin daha düşük olmasının, dairesel hareketlerle kullanılan fiber ucun apikalden kurala doğru çekilirken dike yakın bir açıyla kanal duvarlarına temas etmesinden kaynaklanmış olduğunu düşünmekteyiz. Ayrıca döner alet sistemleri ile yapılan kural şekillendirmede, her iki lazer sisteminin fiber uçlarının orta ve kural bölgelerdeki hareket ve etkinliğinde rol oynamış olabilir. Elde edilen bulgular Brugnera ve ark.'nın (165) kök kanalına Er:YAG lazer ile uygulanan fiber optik uca beş farklı geri çekilme yöntemi ile smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini karşılaştırdıkları çalışmanın bulgularıyla benzerlik göstermektedir. 1. grupta kök kanallarına sırasıyla apikal, orta ve kural bölgelerde 1' er saniye lazer uygulaması yapılmış ve her bölgeye yapılan uygulamadan sonra lazer iletimi durdurulmuştur. 2. grupta apikal bölgede 2 saniye lazer uygulamasından sonra fiber optik uca sürekli atım yaptırılarak servikale doğru geri çekilmiştir. 3. grupta fiber optik uç apikal bölgede aktive edildikten sonra düz bir şekilde geri çekilmiştir. 4. grupta apikal bölgede aktive edilen fiber optik uç saat yönünde dairesel hareketler yaptırılırken, 5. grupta ise dairesel hareketlerle saat yönünde geri çekildikten sonra tekrardan kök kanalına yerleştirilip saatin tersi yönünde hareket ettirilerek geri çekilmiştir. Her grupta toplam 12 saniye lazer uygulaması yapılmıştır. Farklı geri çekme yöntemleri ile smear tabakasının uzaklaştırılmasında tüm gruplarda benzer bulguların elde edildiği bildirilmiştir. 4. ve 5. gruplarda kullanılan geri çekme tekniği ile bu çalışmada kullanılan fiber optik uç uygulama yöntemi benzerlik göstermektedir.

Dentinde homojen bir etki sağlamak için lazer enerjisinin kök kanalında homojen bir şekilde dağılması gerekmektedir. Günümüzde kullanılan iletim sistemlerinde, lazer ışını uç kısımdan çıktığından, enerji lateral olarak dentin duvarlarına iletilememektedir. Sadece uç kısımdan dikey doğrultuda salınan enerji belirli bir bölgede yoğunlaşmakta ve kök kanalının tamamında istenilen etkiyi gösterememektedir. Ayrıca enerji iletiminin apikale

doğru olmasının periapikal dokularda istenmeyen termal hasarlara neden olabileceği de unutulmamalıdır. Araştırmacılar, lazer enerjisinin lateral yönde salınımına izin veren uçlar üzerinde çalışmaktadır. Stabholz tarafından yapılan bir n çalışmada Opus marka Er:YAG lazerler için üretilmiş olan RCLase Side Firing Spiral uçlar (Lumenis, Yokneam, Israel) kullanılmıştır (166). Bu uçlar Protaper (ProTaper, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) döner alet sistemleri ile şekillendirilen kök kanallarında kullanılmak üzere tasarlanmış olup enerji iletimini lateral yönde yapmaktadırlar. Kök kanallarının %17 EDTA solüsyonu ile doldurulduğu ve 600 mj ve 12 Hz parametrelerinde 30 saniye süre ile lazer uygulaması yapılan çalışmada RCLase Side firing uçlar ile smear tabakasının kök kanallarından tamamen uzaklaştırıldığı bildirilmiştir (166). Elde edilen sonuçlar, lazer uçlarının başarılı olduğunu gösterse de, uygulama sırasında kök kanallarının %17 EDTA solüsyonu ile doldurulması bize göre lazerin tek başına etkinliğini gösterememektedir. Bununla beraber bu uçlar rijid yapıda oldukları için klinik şartlarda kullanımlarının da kolay olmadığını düşünmekteyiz.

Fiber optik ucun lazer ışını ile yaptığı aının dik olması yaklaşık 4 derecelik bir enerji dağılımı sağlamaktadır. Bu nedenle kök kanalının yan duvarlarına lazer enerjisi iletilememektedir (167). Shoji ve ark. kök kanallarının şekillendirilmesi ve temizlenmesi amacı ile lazer ışınının dairesel olarak iletildiği, kuartz yapıda ve koni şeklinde özel fiber optik bir uç (R200T) geliştirmişlerdir (168). Fiber optik ucun tepe açısının 84° olması nedeni ile lazer ışınının %80' inin lateral, %20' sinin ise dikey doğrultuda iletildiği ve böylece enerjinin belirli bir bölgede yoğunlaşmadığı bildirilmiştir. Araştırmacılar çalışmalarında sığır dişlerinden elde edilen dentin blokları içine çapı 0.5 mm, derinliği ise 5 mm olan yapay kök kanalları hazırlamışlar ve Er:YAG lazerin farklı parametrelerde şekillendirme etkinliğini karşılaştırmışlardır (168). Shoji ve ark.' nın araştırmasında, bu çalışmadan farklı olarak Er:YAG lazerin smear tabakasının tümüyle uzaklaştırılmasında etkili olduğu bildirilmiştir. Benzer bir çalışmada Inamoto ve ark. (167) R200T ucunu kullanarak Er:YAG lazerin kök dentin yüzeyindeki kesme etkinliğini ve oluşturduğu morfolojik değişiklikleri μm - CT ve SEM ile incelemişlerdir. Er:YAG lazer başlığının takıldığı özel bir itme düzeneği, akrilik bloklar içerisine gömülen köklere 10 mm mesafe boyunca lazer ışını iletilecek şekilde sabitlenmiş ve bu amaçla oluşturulan 4 farklı gruba değişik parametrelerde lazer ışını uygulanmıştır. 1. gruptaki köklere 30 mj, 10 Hz parametrelerinde, itme düzeneği hızı 1 mm/sn, toplam 20 defa olacak şekilde 400 sn., 2. gruptaki köklere 30 mj, 10 Hz, 1 mm/sn., toplam 10

defa, 200sn., 3. gruptaki köklere 30 mj, 10 Hz, 2 mm/sn. 20 defa, 200sn ve 4.gruptaki köklere ise 30 mj, 25 Hz, 1 mm/sn, 10 defa, 200 sn lazer ışını uygulanmıştır. Daha sonra lazer ışını uygulanan 10 mm² lik bölge X1000 büyütmede SEM görüntüleri alınarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular sonucunda tüm gruplarda kök yüzeylerinin tamamında smear tabakası ve debris bulunmadığı ayrıca açık dentin kanal ağzlarının görüldüğü bildirilmiştir. Inamoto ve ark.'nın elde ettiği SEM bulguları bu yönüyle mevcut çalışmadan farklılık gösterirken, Shoji ve ark.'nın bulgularını destekler niteliktedir (168). Kullanılan yöntemlerin birbirlerinden farklı olması, kök kanallarında Er:YAG lazer uygulamasından önce smear tabakasının oluşturulmaması ve daha temiz dentin duvarlarına lazer ışınının temas etmiş olması bu araştırmalarla çalışmamızın uyumsuzluğunu açıklıyor olabilir. Lazerler ile klinikte kök kanallarında etkin bir temizlik sağlanması için geliştirilen yeni uçlarla daha çok sayıda araştırma yapılması gerektiğini düşünmekteyiz.

Endodontide lazer uygulamalarında önemli bir tartışma konusu da in vivo uygulamalar sırasında pulpa ve periodontal dokularda meydana gelebilecek hasarlardır. Kanal içi lazer uygulamaları sırasında oluşan ısının kökün dış yüzeyine ve çevre dokulara herhangi bir termal hasar vermeden iletilmesi gerekir. Aksi halde periodontal doku nekrozuna, kök rezorpsiyonuna ya da etkilenen dişin ankilozuna neden olabilir. Kullanılan parametreler ve soğutma bu bakımdan önem taşımaktadır. Eriksson ve Albrektsson, kemikte meydana gelecek maksimum ısı artışının 1 dakika süre içerisinde 47°C olabileceğini bildirmişlerdir (169). Buda 1 dakika süre ile 10° C' lık bir ısı artışını temsil etmektedir. Aynı araştırmacılar kemikte geri dönüşümsüz etkinin 53°C' de meydana geldiğini bildirmişlerdir. Er:YAG lazerlerin Nd:YAG ve CO₂ lazerlerle karşılaştırıldığında daha az termal hasara neden olacağı öne sürülmüştür (31). Kimura ve ark. Er:YAG lazerin kanal içerisinde 136- 230 mj, 2 Hz gibi yüksek enerjilerde, su soğutması altında 1 dakika süre ile kullanıldığı ve kök kanallarının şekillendirildiği in vitro çalışmalarında, ısı artışının apikal bölgede 6⁰C' den, orta bölgede ise 3⁰C' den az olduğunu bildirmişlerdir (170). Mazeaki ve ark. (171) kök kanal ağzlarını Er:YAG lazer ile su soğutması altında şekillendirdikleri çalışmalarında ısı artışının 2⁰C' den az olduğunu belirtmişlerdir.

Bahcall ve ark. köpek dişlerinde Nd:YAG lazer uygulaması sonrasında meydana gelen periodontal hasarları araştırmışlar ve lazer uygulanan dişlerde ankiloz, sement ve kemik yıkımı olduğunu bildirmişlerdir (15). Ancak bu çalışmada kullanılan 3 W, 25 Hz parametreleri oldukça yüksektir. Bu nedenle yüksek parametrelerde uygulama ile elde edilen sonuçların normal olduğu söylenebilir. Lan ve ark , kök kanalında 20, 25 ve 30 Hz frekanslarında, üç ayrı grupta sırasıyla 60,80,100,150 ve 200 mj enerjiler ile yaptıkları Nd:YAG lazer uygulaması sonrasında meydana gelen sıcaklık değişikliklerini değerlendirmişlerdir. 20 Hz grubunda 200 ve 150 mj, 25 Hz grubunda 200, 150 ve bazı 100 mj, 30 Hz grubunda ise 60 ve 80 mj haricinde tüm enerjilerde sıcaklık artışı 10⁰C' den fazla bulunmuştur (172).

Bu çalışmada lazer uygulaması sırasında meydana gelen ısı artışı monitorize edilmemiştir. Ancak mevcut çalışmalar incelendiğinde, kullanılan parametre ve süreler güvenli sınırlar içersindedir. Bunun yanında elde edilen SEM görüntülerinde, başta Nd:YAG grubu olmak üzere dentinde karbonizasyon ve ebulasyon oluşumu gibi termal yan etkiler sonucunda oluşan morfolojik değişikliklere rastlanmamış olması da yapılan çalışmada termal zararın minimum olduğunu göstermektedir.

Kök kanallarının temizliğinin değerlendirilmesinde kullanılan standart teknik, enine ya da boyuna kesitleri alınan kök yüzeylerinin SEM ile incelenmesidir. Bu amaçla, çalışmalardan bazıları elde edilen görüntüleri sadece temiz ya da değil şeklinde tanımlarken, diğerleri önceden belirlenmiş skorlama sistemlerini kullanmaktadır. Hülsmann ve ark. (173) skorlama sistemlerinin kullanıldığı çalışmaların çoğunluğunda, numunelerin önceden kodlanıp kodlanmadığının, ayrıca görüntüleri skorlayan araştırmacıların kök kanalında kullanılan teknik ve aletlerle ilgili önceden bilgi sahibi olup olmadıklarının açık olmadığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada SEM bulgularının skorlanması amacı ile kriterleri önceden Guttmann tarafından belirlenmiş dört skorlu bir sistem kullanılmıştır. Elde edilen SEM görüntüleri kodlandıktan sonra birbirinden ve çalışmada kullanılan tekniklerden habersiz dört endodontist tarafından skorlanmıştır.

SEM çalışmalarında kullanılan büyütme de araştırmanın gerçekçiliğinin yansıtılması açısından önem taşımaktadır. Hülsmann ve ark. SEM ile kök kanalının küçük bir alanının incelenmesi için kullanılan yüksek büyütme, araştırmacılarda çalışmanın sonuçlarını etkileyecek bir önyargı oluşturabileceğini ileri sürmüşlerdir (173). Araştırmamızda X1000 ve X2000 gibi yüksek büyütme çalışılmıştır. Aynı zamanda her gruptan belirli sayıda numuneden X500 büyütme SEM görüntüleri alınmıştır. Elde edilen SEM görüntüleri incelendiğinde, X1000 büyütme özellikle Er:YAG lazer grubunda smear tabakasının tamamen uzaklaştırıldığı ve dentin kanallarının açığa çıktığı izlenirken, aynı bölgeden X500 büyütme alınan görüntülerde lazerin bu etkilerinin sınırlı bir alanda meydana geldiği görülmüştür. Nd:YAG lazer grubunda ise genellikle X2000 büyütme de kök kanallarından smear tabakasının buharlaşarak uzaklaştırıldığı ve dentin kanallarının eridiği ve yapısının değiştiği görülürken, X500 ve X1000 büyütme gibi daha düşük büyütme bu etkilerin Er:YAG lazer grubunda olduğu gibi belirli bir alanla sınırlı kaldığı görülmüştür. Elde ettiğimiz bu bulgular Hülsmann ve ark.'nın görüşlerini destekler niteliktedir.

SEM araştırmalarının gerçekçiliğini etkileyebilecek bir başka önemli faktör de, SEM çalışmalarında elde edilen görüntülerin araştırmacı ya da teknisyen tarafından seçilmiş rastgele bölgelerden elde edilmiş olabileceğidir. Araştırmacıların çoğunluğunda, smear tabakası ve debrisin bulunduğu alanlardan çok, daha temiz olan ve açık dentin kanallarının izlenebildiği alanlardan görüntü alma eğilimi vardır. Bu çalışmada EDTA, Er:YAG ve Nd:YAG lazer gruplarında SEM görüntüleri, rastgele seçilen bölgelerden alınmıştır. Ayrıca Er:YAG ve Nd:YAG lazer gruplarında, lazerin kök kanal dentininde yarattığı morfolojik görüntülerin yansıtılabilmesi amacı ile belirli bölgelerden seçilmiş ilave görüntüler alınmıştır. SEM araştırmalarının büyük çoğunluğunda çalışmamızın bulgularıyla benzer şekilde kök kanalında elde edilen temizliğin kural bölgede apikal bölge ile kıyaslandığında daha üstün olduğu bildirilmiştir. Bu fikir ortak bir görüş haline almış olsa da, kök kanallarının farklı bölgelerinin incelenerek değerlendirildiği bir araştırma prosedürü tercih edilmelidir. Yapılan çalışmada bu amaçla tüm gruplardan kural, orta ve apikal bölgelerde iki farklı büyütme de görüntüler alınmıştır. Böylece, % 17 EDTA + %5 NaOCl ve lazer gruplarının tek başlarına ve kendi aralarındaki etkinlikleri her bölge için ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

6. SONUÇLAR

1. Bu çalışmada SEM incelemeleri sonucunda %17 EDTA + %5 NaOCl grubunda, kökün kural üste bir bölgesinde örneklerin tamamında smear tabakasının tamamen uzaklaştırıldığı ancak orta ve özellikle apikal bölgede tamamında uzaklaştırılmadığı görülmüştür.
2. Er:YAG lazer grubunda örneklerin çoğunda kural ve orta bölgede dentin kanallarının açık olduğu ve smear tabakasının uzaklaştırıldığı görülmüştür. Apikal bölgede ise örneklerin büyük çoğunluğunda smear tabakası uzaklaştırılmamıştır.
3. Nd:YAG lazer uygulaması sonrasında kök kanal duvarının değişik bölgelerinde kraterlerin olduğu izlenmiştir. Kraterler içerisinde smear tabakasının uzaklaştırıldığı, dentin yapısında bozulma, globül oluşumu, erime ve rekristalizasyon sahalarının varlığı görülmüştür.
4. Lazer gruplarının smear tabakasının uzaklaştırılmasında istatistiksel olarak geleneksel yöntem kadar başarılı olmadıkları ve etkilerinin kök kanal duvarının belirli bölgeleriyle sınırlı olduğu izlenmiştir. Ayrıca Er:YAG lazer grubu ile Nd:YAG lazer grubu arasında smear tabakasının uzaklaştırılması bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$).
5. SEM görüntülerinde kullanılan büyütme çalışmanın güvenilirliği açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada yer alan alınan X500, X1000 ve X2000 büyütme görüntülerinin yorumlanmasında ve skorlanmasında birtakım farklılıkların olduğu ortaya konulmuştur.

6. Kök kanallarındaki smear tabakasının uzaklaştırılmasında lazerlerin etkilerinin bölgesel ve sınırlı olmakla birlikte umut verici olduğu görülmüştür. Lazer enerjisinin dentinde homojen bir şekilde dağılmasını ve lateral olarak da iletilebilmesini sağlayacak yeni uç ve iletim sistemleri geliştirilmesi ve bu konu üzerinde daha çok sayıda araştırma yapılması gerektiğini düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

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

2-Pashley DH. Smear layer: physiological considerations. Oper. Dent. Suppl., 3:13-29, 1984.

3-Brännström M. Smear layer: pathological and treatment considerations. Oper. Dent. Suppl., 3:35-42, 1984.

4-Haapasalo M, Orstavik D. In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. J. Dent. Res., 66:1375-1379, 1987.

5-Pashley DH, Depew DD. Effects of the smear layer, Copalite, and oxalate on microleakage. Oper. Dent., 11:95-102, 1986.

6-Nissan R, Segal H, Pashley D, Stevens R, Trowbridge H. Ability of bacterial endotoxin to diffuse through human dentin. J. Endod., 21:62-64, 1995.

7-The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. Sen BH, Wesselink PR, Türkün M. Int. Endod. J., 28:141-8, 1995.

8-Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smear layer on root canal walls. J. Endod., 10:477-483, 1984.

9-Bystrom A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. Int. Endod. J., 18:35-4, 1985.

- 10-Gettleman BH, Messer HH, ElDeeb ME. Adhesion of sealer cements to dentin with and without smear layer. *Endodoncia*, 9:83-91, 1991.
- 11-Aktener BO, Bilkay U. Smear layer removal with different concentrations of EDTA-ethylenediamine mixtures. *J. Endod.*, 19:228-231, 1993.
- 12-Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *J. Endod.*, 9:137-142, 1983.
- 13-Blum JY, Abadie MJ. Study of the Nd:YAP laser. Effect on canal cleanliness. *J. Endod.*, 23:669-675, 1997.
- 14-Takeda FH, Harashima T, Eto JN, Kimura Y, Matsumoto K. Effect of Er:YAG laser treatment on the root canal walls of human teeth: an SEM study. *Endod. Dent., Traumatol*, 14:270-273, 1998.
- 15-Bahcall JK, Miserendino L, Walia H, Belardi DW. Gen Dent. Scanning electron microscopic comparison of canal preparation with Nd:YAG laser and hand instrumentation: a preliminary study. *Gen. Dent.*, 41:45-47, 1993.
- 16-Dederich DN, Zakariasen KL, Tulip J. Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentin following neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. *J. Endod.*, 10:428-431, 1984.
- 17- Hibst R., Keller U Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances: II. Light microscopic and SEM investigations. *Lasers Surg Med* 9:345-351, 1989.

- 18-Takahashi K, Kimura Y, Matsumoto K. Morphological study of root canal walls with ER:YAG laser. J. Jpn. Endod. Assoc., 17: 197-203, 1996.
- 19-Einstein A. Zur Quantentheorie der Strahlung (On the Quantum Theory of Radiation). Physika Zeitschrift, 18: 121-128, 1917.
- 20-Gordon, JP. Zeiger HJ. Townes CH. Molecular Microwave Oscillator and New Hyperfine Structure in the Microwave Spectrum of NH₃. Phys. Rev., 95: 282, 1954.
- 21-Schawlow AL, Townes CH. Infrared and optical masers. Phys. Rev. (Physics Review letters) 112: 1940-1949, 1958.
- 22-Maiman TH: Stimulated optical radiation by ruby. Nature, 187: 493-494 1960.
- 23-Goldman L, Hornby P, Meyer R, Goldman B. Impact of the laser on dental caries. Nature 25:203: 417, 1964.
- 24-Stern RH, Sognaes RF. Laser effect on dental hard tissues. A preliminary report J. Dent Res, 33: 17-19, 1965.
- 25-Weichman JA, Johnson FM. Laser use in endodontics . Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 31: 416-420, 1971.
- 26-Weichman JA, Johnson FM, Nitta LK. Laser use in endodontics II. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod , 34:828-830, 1972.
- 27-Midda M, Renton-Harper P. Lasers in dentistry. Dental Tech. , 11; 343-346, 1991.

28-Pick RM, Powell GL. Laser in dentistry. Soft-tissue procedures: a review. Dent. Clin. North. Am., 37:281-296, 1993.

29-Wigdor HA, Walsh JT Jr, Featherstone JD, Visuri SR, Fried D, Waldvogel JL. Lasers in dentistry: a review. Lasers Surg. Med, 16:103-133, 1995.

30-Wigdor H, Abt E, Ashrafi S, Walsh JT Jr. The effect of lasers on dental hard tissues. J. Am. Dent. Assoc., 124:65-70, 1993.

31-Mercer C. Lasers in dentistry: a Review. Part 1 Dental Update, 23:74-80, 1996.

32-Okur, I., Optoelektronik, Değişim Yayınları, Çeviri, Adapazarı, 2000, Orijinal: J.F.B. Hawkes and J.Wilson, 'Optoelectronics', Prentice Hall, Second Edition, NY, 1985.

33-Okur, I., Atom ve Kuantum Fiziği, Değişim Yayınları, Çeviri, Adapazarı, 2001, Orijinal: Haken and Wolf, 'The Physics of Atoms and Quanta, Springer, Sixth Edition, Stuttgart, 2000.

34- Coluzzi DJ. Fundamentals of dental laser science and instruments. Dent. Clin. North Am., 4: 751-770, 2004.

35- Özbayrak S. Laser Prensipleri Biyolojik Etkileri ve Dişhekimliğinde Kullanımı. E.S.C. ve Sharplan Lazerleri Türkiye Temsilciliği Ortadoğu A.Ş. Bilimsel Yayın Serisi, İstanbul, 1999.

36- Coluzzi DJ. An overview of laser wavelengths used in dentistry. Dent. Clin. North Am., 4: 753-765, 2000.

37-Dederich DN. Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue?. J. Am. Dent. Assoc., 124:57-61, 1993.

38-Dr.Emre Altundaşar, Kök Kanalında Er, Cr; YSGG Laser Kullanımının, Dentinin Mineral İçeriğine Etkisi Ve Smear Tabakasını Uzaklaştırma Etkinliğinin Araştırılması, Hacettepe Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi , Ankara , 2006.

39-Miserendino LJ, Pick RM, Lasers in Dentistry. Chicago 1st edition, Quintessence Publishing Co.Ltd,1995.

40-Research, Science and Theraphy Committee of the American Academy of Periodontology, Lasers in periodontics. J. Periodontol. 2002.

41-Carruth JA. Photodynamic therapy: the state of the art. Lasers Surg. Med., 6:404-407,1986.

42-Neimz MH. Laser-tissue Interaction. Fundamentals and Applications. Berlin: Springer- Verlag, 64-65, 1996.

43-Sasaki KM, Aoki A, Ichinose S, Ishikawa I. Ultrastructural analysis of bone tissue radiated by Er:YAG laser. Lasers Surg. Med., 31: 322-332, 2002.

44-Verdaasdonk RM, van Swol CF. Laser light delivery medical applications. Phys. Med. Biol., 42: 869-894, 1997.

45-Van As G. Erbium lasers in dentistry. Dent. Clin. North Am., 48: 1017-1059, 2004.

46-A.Moritz, Oral Laser Applications. pp. 255, Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin, 2006.

47-Sulewski JG. Historical survey of laser dentistry. *Dent. Clin. North Am.*, 44: 717-52, 2000.

48-Fuller TA., Physical considerations of surgical lasers, "Lasers in Maxillofacial Surgery and Dentistry". Thieme Medical Publishers Inc, New-York, pp. 1-17, 1997.

49-Kana JS, Hutschenreiter G, Haina D, Waidelich W. Effect of low-power density laser radiation on healing of open skin wounds in rats. *Arch. Surg.*, 116: 293-296, 1981.

50-Goff A. L., Morazin A.D., Guiand M., Vucajn J. M., Mallet M.B. : An evaluation of the CO₂ laser for endodontic disinfection *J. Endod.*, 25: 105-108, 1999.

51-Read RP, Baumgartner JC, Clark SM. Effects of a carbon dioxide laser on human root dentin. *J. Endod.*, 21: 4-8, 1995.

52-Geusic JE, Marcos HM, Van Uitert LG. Laser oscillations in Nd-doped yttrium aluminum, yttrium gallium and gadolinium garnets. *Appl. Phys. Lett.*, 4: 182-184, 1964.

53-Barbakow F, Peters O, Havranek L. Effects of Nd:YAG lasers on root canal walls: a light and scanning electron microscopic study. *Quintessence Int.*, 30: 837-834, 1999.

54-Myers TD, Myers MD, Stone RM, First soft tissue study utilizing a pulsed Nd:YAG dental laser, *Northwest Dent.*, 68: 14-17, 1989.

55-White JM, Goodis HE, Rose CM. Nd:YAG pulsed infrared laser for treatment of root surface. *J. Calif. Dent. Assoc.*, 19 :55-58, 1991.

56-Yılmaz H. Y. Kök kanallarına Nd:YAG ve Er,Cr:YSGG lazer uygulamasının bazı kanal patlarının dentin duvarlarına adaptasyonu ve apikal sızdırmazlığı üzerine etkisinin incelenmesi, M. Ü Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, İstanbul, 2005.

57-Israel M. Use of the CO2 laser in soft tissue and periodontal surgery. *Pract. Periodontics Aesthet. Dent.*, 6: 57-64, 1994.

58-Midda M., Harper P. R. Lasers in dentistry. *Br.Dent J.*, 11:343-346, 1991.

59- Rossmann JA, Cobb CM. Lasers in periodontal therapy. *Periodontol* 2000, 9: 150-164, 1995.

60-Pick R M :Using laser in clinical dental practice. *J .Am .Dent .Assoc.*, 124; 37-47, 1993.

61-Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto, K. Lasers in endodontics: a review. *Int. Endod. J.*, 33:173-85, 2000.

62-Stabholz A, Khayat A, Ravanshad S H, McCarthy D W, Neev J, Torabinejad M. Effects of Nd:YAG laser on apical seal of teeth after apicoectomy and retrofill. *J. Endod.*, 18:371-375, 1992.

63-Stabholz A, Khayat A, Weeks D A, Neev J, Torabinejad M. Scanning electron microscopic study of the apical dentine surfaces lased with Nd:YAG following apicoectomy and retrofill. *Int. Endod. J.*, 2: 288-291, 1992.

64-Miserendino L J, Levy G, RizoIU I M. Effects of Nd:YAG laser on the permeability of root canal wall dentin. *J. Endod.*, 21: 83-87, 1995.

- 65-Zhakirov EV, Zhekov VI, Kulevski LA. Stimulated emission from Er³⁺ ions in yttrium aluminum garnet crystals at 2, 94 μ m. *Sov J Quantum Electron* 4,: 1039-1040, 1975.
- 66-Aoki A, Ando Y, Watanabe H, Ishikawa I. In vitro studies on laser scaling of subgingival calculus with an erbium: YAG laser. *J. Periodontol.*, 65: 1097-1106, 1994.
- 67-Aoki A, Ishikawa I, Yamada T, Otsuki M, Watanabe H, Tagami J, Ando Y, Yamamoto H. Comparison between Er:YAG laser and conventional technique for root caries treatment in vitro. *J. Dent. Res.*, 77:1404-1414, 1998.
- 68-Aoki A, Miura M, Akiyama F, Nakagawa N, Tanaka J, Oda S, Watanabe H, Ishikawa I. In vitro evaluation of ER:YAG laser scaling of subgingival calculus in comparison with ultrasonic scaling. *J. Periodontal Res.*, 35: 266-277, 2000.
- 69-Coluzzi DJ, Connivasar RA, *Atlas of Laser Applications in Dentistry*. Quintessence Publishing Co, Inc, Canada, 2007.
- 70-Cameron JA. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *J. Endod.*, 9:289-292, 1983.
- 71-Cengiz T, Aktener BO, Piskin B. 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, 1990.
- 72-Michelich VJ, Schuster GS, Pashley DH. Bacterial penetration of human dentin in vitro. *J. Dent. Res.* , 59:1398-1403,1980.

73- Diamond A, Carrel R. The smear layer: a review of restorative progress. *Journal of Pedodontics*, 8. 219-226.

74-O, Nyborg H, Brännström M. Acid treatment of cavities under resin fillings; bacterial growth in dentinal tubules and pulpal reactions. *J. Dent. Res.*, 52: 1189-1193, 1973.

75-Brännström M, Nyborg H. Cavity treatment with a microbicidal fluoride solution: growth of bacteria and effect on the pulp. *J. Prosthet. Dent.*, 30 : 303-10, 1973.

76-Olgart L, Brännström M, Johnson G. Invasion of bacteria into dentinal tubules. Experiments in vivo and in vitro. *Acta. Odontol. Scand.*, 32: 61-70, 1974.

77-Akpata ES, Blechman H. Bacterial invasion of pulpal dentin wall in vitro. *J. Dent. Res.*, 61:435-438, 1982.

78-Williams S, Goldman M. Penetrability of the smeared layer by a strain of *Proteus vulgaris*. *J. Endod.*, 11:385-8, 1985.

79-Meryon SD, Jakeman KJ, Browne RM. Penetration in vitro of human and ferret dentine by three bacterial species in relation to their potential role in pulpal inflammation. *Int. Endod. J.* ,19:213-220, 1983.

80-Meryon SD, Brook AM. Penetration of dentine by three oral bacteria in vitro and their associated cytotoxicity. *Int. Endod. J.*, 23:196-202, 1990.

81-Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 55: 307-312, 1983.

82-Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J. Dent. Res.*, 89:321-328, 1981.

83-Pashley DH, Livingston MJ. Effect of molecular size on permeability coefficients in human dentine. *Arch. Oral. Biol.*, 23:391-395, 1978.

84-Goldberg F, Abramovich A. Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. *J. Endod.*, 3 :101-105, 1977.

85-Wayman BE, Kopp WM, Pinero GJ, Lazzari EP. Citric and lactic acids as root canal irrigants in vitro. *J. Endod.*, 5: 258-265, 1979.

86-Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J. Endod.*, 13:147-157, 1987.

87-Orstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod. Dent. Traumatol.*, 6: 142-149, 1990.

88-Dülger J, Smear tabakasının varlığı ve yokluğunda çeşitli kök kanal dolgu maddelerinin dentine tutunması ; Doktora tezi, İstanbul, 1993.

89-Coolidge E., The diagnosis and treatment of conditions resulting from diseases dental pulps. *J. Nat. Dent. Assoc.*, 6: 337-349, 1919.

90- Moorer WR, Wesselink PR. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int. Endod. J.* , 15: 187-96, 1982.

91-Baker NA, Eleazer PD, Averbach RE, Seltzer S. Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *J. Endod.*, 1:127-135, 1975.

92-Berg MS, Jacobsen EL, BeGole EA, Remeikis NA. A comparison of five irrigating solutions: a scanning electron microscopic study. *J. Endod.*, 12 :192-197, 1986.

93-Rome WJ, Doran JE, Walker WA 3rd. The effectiveness of Gly-Oxide and sodium hypochlorite in preventing smear layer formation. *J. Endod.*, 11:281-8, 1985.

94-Rubin LM, Skobe Z, Krakow AA, Gron P. The effect of instrumentation and flushing of freshly extracted teeth in endodontic therapy: a scanning electron microscope study. *J. Endod.*, 5: 328-35, 1979.

95-Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Lin PS. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: Part 2. *J. Endod.*, 8; 487-492., 1982.

96-Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Lin PS. The efficiency of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 52: 197-204, 1981.

97-Baumgartner JC, Ibay AC: The chemical reaction of irrigants used for root canal debridement. *J. Endod.*, 13: 47-51, 1987.

98-NC. A % 25 tannic acid solution as a root canal irrigant cleanser: a scanning electron microscope study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* , 67: 333-337, 1989.

99-Screebny L, Nikiforuk G. Demineralization of hard tissues by organic-chelating agents *J. Sci.*, 113:560-564, 1951.

100-Nygaard-Ostby B. Chelation in root canal therapy; ethylenediaminetetraacetic acid for cleansing and widening of root canals. *Odontol. Tids.*, 65:3-11, 1957.

101-Grossman Li, Oliet S, Rio CED. Disinfection of the root canal. *Endodontic practice*. 11 th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, pp. 228-233, 1988.

102-Stewart G. Gaining access to calcified canals. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol Endod*, 79:764-768, 1995.

103-Lindemann R, et al. Dentin permeability and pulpal response to EDTA. *J. Prost. Dent.*, 53:341-343, 1985.

104-Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A :Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use, *Int. Endodon. J.*, 36: 810-830 , 2003.

105-Von der Fehr FR, Nygaard-Ostby B. Effect of EDTAC and sulfuric acid on root canal dentine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* , 16:199-205, 1963.

106-Pawlicka H, Piatkowska D, Hajdukiewicz G. Effectiveness of cleansing agents in root canal preparation. A scanning electron microscopy study. *Stomatol. DDR.* ,31: 684- 688, 1981.

107- Fraser JG. Chelating agents: their softening effect on root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 37: 803-811, 1974.

108-Stewart GG, Kapsimalis P, Rappaport H. EDTA and urea peroxide for root canal preparation. *J. Am. Dent. Assoc.*, 78: 335-338, 1969.

109-Zurbruggen T, Del Rio CE, Brady JM. Postdebridement retention of endodontic reagents: a quantitative measurement with radioactive isotope. *J. Endod.*, 1: 298-299, 1975.

110-Cooke HG 3rd, Grower MF, del Rio C. Effects of instrumentation with a chelating agent on the periapical seal of obturated root canals. *J. Endod.* , 2:312-314, 1976.

111-Biesterfeld RC, Taintor JF. A comparison of periapical seals of root canals with RC-Prep or Salvizol. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 49:532-537, 1980.

112-McComb D, Smith DC, Beagrie GS. The results of in vivo endodontic chemomechanical instrumentation-a scanning electron microscopic study. *J. Br. Endod. Soc.*, 9: 11-8, 1976.

113-Goldberg F, Spielberg C. The effect of EDTAC and the variation of its working time analyzed with scanning electron microscopy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 53:74-77, 1980.

114-Loel DA. Use of acid cleanser in endodontic therapy. *J. Am. Dent. Assoc.*, 90:148-151, 1975.

115-Baumgartner JC, Brown CM, Mader CL, Peters DD, Shulman JD. A scanning electron microscopic evaluation of root canal debridement using saline, sodium hypochlorite, and citric acid. *J. Endod.*,10:525-31,1984.

116-Meryon SD, Tobias RS, Jakeman KJ. Smear removal agents: a quantitative study in vivo and in vitro. *J. Prosthet. Dent.*, 57: 174-9, 1987.

117-White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. J. Endod., 10:558-62, 1984.

118-Küçükay-Karagöz I, Smear tabakasının varlığında ve yokluğunda doldurulan kök kanallarında apikal sızıntının incelenmesi, Doktora tezi ,1990.

119-Richman MJ. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. J. Dent. Med., 12: 12-18, 1957.

120-Martin H, Cunningham WT, Norris JP, Cotton WR. Ultrasonic versus hand filing of dentin: a quantitative study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod , 49: 79-81, 1980.

121-Cunningham WT, Martin H, Forrest WR. Evaluation of root canal debridement by the endosonic ultrasonic synergistic system. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod , 53: 401-404, 1982.

122-West JD, Roame JB, Goerig AC. Cleaning and shaping the root canal In: Cohen S., Burns R.C., Pathways of the pulp, 6th Ed, Mosby. St. Louis, 179-184, 1994.

123-Cameron JA. 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, 1988.

124-Cameron JA. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. J. Endod., 13: 541-545, 1987.

125-Alaçam T. Scanning electron microscope study comparing the efficacy of endodontic irrigating systems. Int. Endod. J., 20: 287-294, 1987.

- 126-Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J. Endod.*, 13: 490- 499, 1987.
- 127-Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: An insight into the mechanisms involved. *J. Endod.*, 13: 93-101, 1987.
- 128-Cymerman JJ, Jerome LA, Moodnik RM. A scanning electron microscope study comparing the efficacy of hand instrumentation with ultrasonic instrumentation of the root canal. *J. Endod.*, 9:327-331, 1983.
- 129-Baker MC, Ashrafi SH, Van Cura JE, Remeikis NA. Ultrasonic compared with hand instrumentation: a scanning electron microscope study. *J. Endod.*, 14:435- 440, 1988.
- 130-Goldberg F, Soares I, Massone EJ, Soares IM. Comparative debridement study between hand and sonic instrumentation of the root canal. *Endod. Dent. Traumatol.*, 4:229-134, 1988.
- 131-Lim KC, McCabe JG, Johnson MR. SEM evaluation of sonic and ultrasonic devices for root canal preparation. *Quintessence Int*, 18:793-797, 1987.
- 132-Cheung GS, Stock CJ. In vitro cleaning ability of root canal irrigants with and without endosonics. *Int. Endod. J.*, 26:334-343, 1993.
- 133-Tani Y, Kawada H. Effects of laser irradiation on dentin. I. Effect on smear layer. *Dent. Mater. J.*, 6: 127-134, 1987.
- 134-Levy G.; Cleaning and shaping the root canal with a Nd:YAG laser beam: A comparative study. *J. Endod.*, 18:123-127, 1992.

135-Goodis HE, White JM, Marshall SJ, Marshall GW Jr. Scanning electron microscopic examination of intracanal wall dentin: hand versus laser treatment. *Scanning Microsc.*, 7:979-987,1993.

136-Saunders WP, Whitters CJ, Strang R, Moseley H, Payne AP, McGadey J. The effect of an Nd:YAG pulsed laser on the cleaning of the root canal and the formation of a fused apical plug. *Int. Endod. J.* , 28: 213-220, 1995.

137-Harashima T, Takeda FH, Kimura Y, Matsumoto K. Effect of Nd:YAG laser irradiation for removal of intracanal debris and smear layer in extracted human teeth. *J. Clin. Laser Med. Surg.* , 15: 131-135, 1997.

138-Koba K, Kimura Y, Matsumoto K, Takeuchi T, Ikarugi T, Shimizu T. A histopathological study of the morphological changes at the apical seat and in the periapical region after irradiation with a pulsed Nd:YAG laser. *Int. Endod. J.*, 31: 415-420, 1998.

139-Goya C, Yamazaki R, Tomita Y, Kimura Y, Matsumoto K. Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on smear layer at the apical stop and apical leakage after obturation. *Int. Endod. J.*, 33: 266-271, 2000.

140-Camargo SE, Valera MC, Camargo CH, Fonseca MB, Menezes MM. Effects of Nd:YAG laser irradiation on root canal dentin wall: a scanning electron microscopic study. *Photomed. Laser Surg.* , 23: 399-404, 2005.

141-Santos C, Sousa-Neto MD, Alfredo E, Guerisoli DM, Pecora JD, Comelli Lia RF. Morphologic evaluation of the radicular dentine irradiated with Nd:YAG laser under different parameters and angles of incidence. *Photomed. Laser Surg.*, 23:590-595, 2005.

142-Gurbuz T, Ozdemir Y, Kara N, Zehir C, Kurudirek M. Evaluation of root canal dentin after Nd:YAG laser irradiation and treatment with five different irrigation solutions: a preliminary study. *J. Endod.*, 34:318-321, 2008.

143-Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *Int. Endod. J.*;32:32-9, 1999.

144-Pecora JD, Brugnera-Júnior A, Cussioli AL, Zanin F, Silva R. Evaluation of dentin root canal permeability after instrumentation and Er:YAG laser application. *Lasers Surg. Med.*, 26:277-81, 2000.

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

146-Ishizaki NT, Matsumoto K, Kimura Y, Wang X, Kinoshita J, Okano SM, Jayawardena JA. Thermographical and morphological studies of Er,Cr:YSGG laser irradiation on root canal walls. *Photomed. Laser Surg.*, 22:291-297, 2004.

147-Matsuoka, E., Funato, A., Kimura, Y., and Matsumoto, K. Morphological studies on structural changes of root canal wall after instrumented by files and irradiated argon laser. *J. Jpn. Endod. Assoc.*, 322-332, 2002.

148-Moshonov J, Sion A, Kasirer J, Rotstein I, Stabholz A. Efficacy of argon laser irradiation in removing intracanal debris. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 79:221-225, 1995.

149-Zhang C, Kimura Y, Matsumoto K, Harashima T, Zhou H. Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on root canal wall dentin with different laser initiators. *J. Endod.* , 24:352-355, 1998.

150-Wang X, Sun Y, Kimura Y, Kinoshita J, Ishizaki NT, Matsumoto K. Effects of diode laser irradiation on smear layer removal from root canal walls and apical leakage after obturation. *Photomed. Laser Surg.*, 23: 575-581, 2005.

151-Machida T, Wilder-Smith P, Arrastia AM, Liaw LH, Berns MW. Root canal preparation using the second harmonic KTP:YAG laser: a thermographic and scanning electron microscopic study. *J. Endod.* , 21: 88-91, 1995.

152-Tewfik HM, Pashley DH, Horner JA, Sharawy MM. Structural and functional changes in root dentin following exposure to KTP/532 laser. *J. Endod.* , 19: 492-497, 1993.

153-Gutmann JL, Saunders WP, Nguyen L, Guo IY, Saunders EM. Ultrasonic root-end preparation. Part 1. SEM analysis. *Int. Endod J.*, 27:18-24, 1994.

154-Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J. Endod.* , 28:17-19, 2002.

155-Niu W, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *Int. Endod. J.* ,35:934-939, 2002.

156-Saito K, Webb TD, Imamura GM, Goodell GG. 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, 2008.

157-Teixeira CS, Felipe MC, Felipe WT. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *Int. Endod. J.* ,38:285-290, 2005.

158-Matsumoto K. Lasers in endodontics. *Dent. Clin. North Am.* , 44: 889-906, 2000.

159-Biedma BM, Varelo Patino P, Park SA, Barciela Castro N, Magan Munoz F, Gonzalez Bahillo JD, Cantatore G. Comparative study of root canals instrumented manually and mechanically, with and without Er:YAG laser. *Photomed. Laser Surg.*, 23:465-469, 2005.

160-Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. Efficacy of Er:YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. *J. Endod.* ,24:548-551, 1998.

161-Moshonov J, Orstavik D, Yamauchi S, Pettiette M, Trope M. Nd:YAG laser irradiation in root canal disinfection. *Endod. Dent. Traumatol.* , 11:220-224, 1995.

162-Morioka T, Suzuki K, Togomori S. Effect of beam absorptive mediators on an acid resistance of surface enamel by Nd:YAG laser. *J. Dent. Health*, 34:40-44, 1984.

163-Anić I, Tachibana H, Masumoto K, Qi P. Permeability, morphologic and temperature changes of canal dentine walls induced by Nd: YAG, CO₂ and argon lasers. *Int. Endod. J.*, 29:13-22,1996.

164-Anić I, Segović S, Katanec D, Prskalo K, Najzar-Fleger D. Scanning electronmicroscopic study of dentin lased with argon, CO₂, and Nd:YAG laser. *J. Endod.*, 24:77-81,1998.

165-Aldo Brugnera Jr., Danilo Mathias Zanello Guerisoli, Melissa A. Marchesan, Julio Cesar E. Spano, Jesus Djalma Pecora. In vitro evaluation of smear layer removal by Er:YAG laser application with five different fiberoptic tip withdrawal techniques. International Congress Series 1248,269– 271,2003.

166-Stabholz A, Sahar-Helft S, Moshonov. Lasers in endodontics. J. Dent. Clin. North Am., 48:809-832, 2004.

167-Inamoto K, Horiba N, Senda S, Naitoh M, Arijji E, Senda A, Nakamura H. Possibility of root canal preparation by Er:YAG laser. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod., 107:47-55, 2000.

168-Shoji S, Hariu H, Horiuchi H.. Canal enlargement by Er:YAG laser using a cone-shaped irradiation tip. J. Endod., 26:454-458, 2000.

169-Eriksson, A.R., and Albrektsson, T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital microscopy study in the rabbit. J. Prosthet. Dent., 50, 101–107, 1983.

170-Kimura, Y., Yonaga, K., Yokonaga, K., Yokoyama, K., Kinoshita,J., Ogata, Y., and Matsumoto, K. Root surface temperature increase during Er:YAG laser irradiation of root canals. J. Endod., 28, 76–78,2002.

171-Mazeki K, Kimura Y, Yokoyama K, Matsumoto K. Preparation of root canal orifices by Er:YAG laser irradiation; in vitro and clinical observations. J. Clin. Laser Med. Surg., 21:85-91, 2003.

172-Lan, W.H. Temperature elevation on the root surface during Nd:YAG laser irradiation in the root canal. *J. Endod.*, 25,155–156, 1999.

173-Hülsmann M, Peters OA, Dummer PM, Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means *Endodontic Topics*, 10, 30–76, 2005.

9. ÖZGEÇMİŞ

Şahap Toygan Bora 16.02.1983 tarihinde İstanbul'da doğmuştur. İlköğretimini Lefkoşa'da Şehit Tuncer İlkokulu'nda tamamlamıştır. Orta öğrenimini Lefkoşa'da Türk Maarif Koleji'nde tamamladıktan sonra, 2000 yılında Yeditepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi'nde yüksek öğrenimine başlamıştır. 2005 yılında Diş Hekimliği Fakültesi'nden mezun olmuştur. Aynı yıl Yeditepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı'nda doktora programına başlamıştır.