



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**KÖK KANAL TEDAVİSİNDE ER,CR:YSGG LAZER İLE KOMBİNE
DIODE LAZER KULLANIMININ ANTİBAKTERİYEL ETKİNLİĞİNİN
VE DENTİN GEÇİRGENLİĞİNE OLAN ETKİSİNİN *in vitro*
KOŞULLARDA DEĞERLENDİRİLMESİ**

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

Müge YAVAŞ
Pedodonti Anabilim Dalı

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Şerife ÖZALP

İSTANBUL-2016



REPUBLIC OF TURKEY
BEZMIALEM VAKIF UNIVERSTY
FACULTY OF DENTISTRY

**EVALUATION OF THE BACTERICIDAL EFFECT AND
PERMEABILITY CHANGES ON ROOT DENTIN AFTER
ER,CR:YSGG LASER AND DIODE LASER IRRADIATION**

Muge YAVAS

THESIS OF SPECIALITY

Department of Pedodontics

SUPERVISOR

Assistant Prof. Dr. Serife OZALP

ISTANBUL-2016

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**ENDODONTİK TEDAVİDE ER,CR:YSGG LAZER İLE KOMBİNE DIODE LAZER
KULLANIMININ ANTİBAKTERİYEL ETKİNLİĞİNİN VE DENTİN
GEÇİRGENLİĞİNE OLAN ETKİSİNİN İN VİTRO KOŞULLARDA
DEĞERLENDİRİLMESİ**

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

Müge YAVAŞ
Pedodonti Anabilim Dalı

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Şerife ÖZALP

Bu araştırma Bezmialem Vakıf Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimi Tarafından
Desteklenmiştir.

İstanbul, Aralık 2016

TEZ ONAY FORMU

Kurum : Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Program Adı : Diş Hekimliğinde Uzmanlık
Anabilim Dalı : Pedodonti ABD
Tez Sahibi : Müge Yavaş
Tez Başlığı : Kök Kanal Tedavisinde Er,Cr:YSGG Lazer ile Kombine Diode Lazer Kullanımının Animikrobiyal Etkinliğinin ve Dentin Geçirgenliği Üzerine Etkisinin in vitro Koşullarda Değerlendirilmesi
Tez Sunum Tarihi : 20.12.2016

JÜRİ ÜYELERİ

İMZA

Üye (Danışman) : Yrd. Doç. Dr. Şerife Özalp
Çalıştığı Kurum : Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Üye : Yrd. Doç. Dr. Meltem Bakkal
Çalıştığı Kurum : Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Üye : Prof. Dr. Betül KARGÜL
Çalıştığı Kurum : Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Bu tez, Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıda belirtilen jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

ANABİLİM DALI BAŞKANI

DEKAN

Yrd. Doç. Dr. Şerife Özalp

Prof. Dr. Rümeyza Kazancıoğlu

BEYAN

Bu tezin kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar hiçbir aşamasında etik dışı davranışımın olmadığını, tezdeki bütun bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütun bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları kaynaklar listesine aldığımı, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Müge YAVAŞ

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam boyunca bana tüm bilgi ve birikimlerini aktaran, her konuda yanımda olan ve bana olan güvenini her zaman hissettiren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Şerife ÖZALP'e

Eğitimim boyunca her konuda bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, çalışma ortamımızı keyifli ve neşeli bir hale getiren Yrd. Doç. Dr. Meltem BAKKAL'a

Tez çalışmam boyunca benden yardımlarını esirgemeyen başta Prof. Dr. Güven KÜLEKÇİ ve Doç. Dr. Nursen TOPÇUOĞLU olmak üzere Lab. Emine MUTLU ve tüm İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Oral Mikrobiyoloji Anabilim Dalı çalışanlarına,

Örneklerimin incelenmesi sırasında bana çok yardımcı olan Doç. Dr. Merva SOLUK ve İstanbul Üniversitesi Patoloji Anabilim Dalı çalışanlarına,

Tüm örneklerimi görüntüleyen Yıldız Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvar görevlisi Uzm. Alican ZAMAN'a

Arkadaştan çok bana bir kardeş olan canım arkadaşım aynı zamanda meslektaşım Dt. Dilara Şeyma ALPKILIÇ'a,

Tez çalışmalarım sırasında hem bilgisi hem sevgisiyle yanımda olan Dr. Emre TOKUÇ'a

Tüm hayatım boyunca bana maddi manevi destek olan, her kararımda bana güvenen arkamda duran ve bugün olduğum yere gelmemi sağlayan anne ve babama,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Endodontik tedavinin primer amacı kök kanallarından mikroorganizmalar ve yan ürünlerinin uzaklaştırılmasıdır. Ancak mikroorganizmaların kök kanallarından tamamen eliminasyonu kök kanal anatomisi ve mekanik preparasyon sırasında oluşan smear tabakası nedeniyle kolay olmamaktadır. Diş hekimliği araştırmalarındaki en son yenilikler, lazer teknolojilerinin kök kanal dezenfeksiyonunda kullanılabilecek bir yöntem olduğunu göstermektedir. Çalışmamızın amacı Er,Cr:YSGG lazerin tek başına, NaOCl ile veya Diode lazer ile birlikte kullanımının; *Enterococcus faecalis* üzerindeki antimikrobiyal etkinliğinin ve kök dentininde meydana getirdiği değişikliğin, en sık kullanılan irrigasyon ajanı olan NaOCl ile karşılaştırmalı olarak incelenmesidir. Çalışmada 90 adet tek kök, tek kanallı insan kesici dişi kullanılmıştır. El aletleri ile şekillendirilmesi tamamlanan örnekler otoklavda steril edilmiştir. Kök kanalları *E.faecalis* bakteri süspansiyonu ile enfekte edilmiş ve bir haftalık inkübasyon süresi sonunda rastgele deney ve kontrol gruplarına ayrılmıştır: Grup 1: %5 NaOCl, Grup 2: Er,Cr:YSGG (1.25W, 20Hz, %24 su,%34 hava, 40sn ışınlama), Grup 3: %5'lik NaOCl'nin Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyonu (1.25W, 20Hz, hava-su kapalı, 40sn ışınlama), Grup 4: Er,Cr:YSGG lazer ve Diode lazer uygulaması. (Er,Cr:YSGG lazer: 1.25W, 20Hz, %24 su, %34 hava; Diode lazer: 4.5W güç CP1 mod ortalama güç 1.5W, toplam 80sn ışınlama), pozitif ve negatif kontrol grupları. *E.faecalis* ile enfekte edilen örnekler uygulanan dezenfeksiyon işlemleri sonrası her kök kanalı için CFU/ml değerleri hesaplanmıştır. Mikrobiyolojik örnek alımı tamamlanan kök kanalları gerçingenlik analizi için metilen mavisi ile boyanmıştır. Kök kanalları metilen boyası ile dolu örnekler 37°C'lik etüvde kurutulduktan sonra her örnekten 3'er adet horizontal kesit elde edilmiştir. Kesitler stereomikroskopta görüntülenerek dijital ortama aktarılmış ve boyalı alanın tüm alana oranı analiz edilmiştir. Çalışmamızın sonucunda deney gruplarında kullandığımız yöntemlerin tümü *E.faecalis* dezenfeksiyonunda etkili bulunmuştur. Antimikrobiyal sonuçlar, gerçingenlik analizi sonuçları ve SEM görüntüleri ile birlikte değerlendirildiğinde en başarılı sonuç; %5'lik NaOCl'nin Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği gruptan elde edilmiştir. Er,Cr:YSGG lazer ile kombine Diode lazer uygulamasının ise Er,Cr:YSGG lazer uygulamasına göre herhangi bir üstünlüğü tespit edilmemiştir.

Anahtar Sözcükler: Dentin geçirgenliği, Dezenfeksiyon, Diode, E.faecalis, Er,Cr:YSGG

ABSTRACT

Yavas M., Ozalp S., Kuleci G, Topcuoglu N. Evaluation of the bactericidal effect and permeability changes on root dentin after 2780 nm Er,Cr:YSGG laser and 940 nm Diode laser irradiation.

Primary purpose of the endodontic treatments is to remove the microorganisms and their products. The complete elimination of the microorganisms from the root canals is not simple due to the root canal anatomy and the smear layer composed during the mechanical preparation. Latest researchs shows that the laser technology is a useful method for root canal disinfections. The aim of our study is evaluate of the antimicrobial efficacy on *Enterococcus faecalis* and permeability changes on root dentin after Er,Cr:YSGG laser and diode laser irradiation. 90 single rooted, single canalled human incisive teeth were used in the study. Root canals were contaminated with *E.faecalis* bacterial suspension. Samples were randomly divided into expermental and control groups: Group 1: 5% NaOCl, Group 2: Er,Cr:YSGG laser (1.25W, 20Hz, 24% water, 34% air, 40s irradiation), Group 3: NaOCl 5% activated with Er,Cr:YSGG laser (1.25W, 20Hz, water -air off, 40s irradiation) Group 4: Er,Cr:YSGG laser and diode laser (Er,Cr:YSGG: 1.25W, 20Hz, 24% water, 34% air; Diode laser: 4.5W power CP1 mod aeverage power 1.5W, total 80s irradiation), positive and negative control groups. The root canals were filled with methylene blue dye for the analysis of the dentin permeability following the microbiological sampling. The samples were divided horizontally into 3 sections. The sections are imaged in stereomicroscope and measured the ratio of the colored area to the whole area. In conclusion of the study showed that all the methods used in the expermental groups are effective in *E.faecalis* disinfection. There was no significant difference between irradiation with Er,Cr:YSGG laser or Er,Cr:YSGG and diode laser. According to dentin permeability and antimicrobial analysis, NaOCl 5% activated with Er,Cr:YSGG laser can be an ideal method for root canal disinfection.

Key Words: Dentin permeability, Disinfection, Diode, E.faecalis, Er,Cr:YSGG

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

CO ₂ lazer	Karbondioksit lazer
CW	Continous Wave
E.faecalis	Enterococcus faecalis
Er,Cr:YSGG	Erbium, Chromium: Yttrium Scandium Gallium Garnet
Er,YAG	Erbium, Chromium: Yttrium Scandium Gallium
FDA	Food and Drug Administration
HIV	Human Immunodeficiency Virus
Hz	Hertz
ISO	Internional Organisation for Standardization
μ	Mikron
mm	Milimetre
NaOCl	Sodyum hipoklorit
Nd:YAG	Neodymium: Yttrium Aluminum Garnet
nm	Nanometre
pH	Power of hydrogen
RFT	Radia Firing Tip
SEM	Scanning Electron Microscope
W	Watt

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
RESİMLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ	x
GRAFİKLER LİSTESİ	xi
1 GİRİŞ VE AMAÇ	1
2 GENEL BİLGİLER	3
2.1 Endodontik Mikrobiyoloji	3
2.2 Bakterilerin Pulpaya Ulaşma Yolları	4
2.2.1 <i>Dentin tübülleri</i>	4
2.2.2 <i>Direkt pulpa açılması</i>	5
2.2.3 <i>Periodontal hastalıklar</i>	5
2.2.4 <i>Anakorezis</i>	5
2.3 Endodontik Enfeksiyonlar	6
2.3.1 <i>Primer intraradiküler enfeksiyon</i>	6
2.3.2 <i>İnatçı - sekonder intraradiküler enfeksiyonlar</i>	9
2.3.3 <i>Ekstraradiküler enfeksiyonlar</i>	10
2.4 Endodontik Enfeksiyonlarda <i>E. faecalis</i> 'in Rolü.....	11
2.5 Kök Kanal Dezenfeksiyonu.....	14
2.6 Kök Kanal Tedavisinde Sodyum Hipoklorit'in (NaOCl) Yeri.....	17
2.7 Lazer Hakkında Genel Bilgiler ve Diş Hekimliğinde Lazer Uygulamaları	20
2.8 Lazer Işığının Özellikleri	21
2.9 Lazer - Doku Etkileşimi	23
2.9.1 <i>Lazer - doku etkileşimini belirleyen faktörler</i>	26
2.10 Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler.....	27
2.10.1 <i>Argon lazerler</i>	27

2.10.2	<i>Karbondiyoksit (CO₂) Lazerler</i>	27
2.10.3	<i>Nd: YAG Lazerler</i>	28
2.10.4	<i>Diode Lazerler</i>	28
2.10.5	<i>Erbiyum lazerler</i>	29
2.11	Kök Kanal Dezenfeksiyonunda Lazer Kullanımı	31
2.12	Lazerlerin Kullanıldığı Alternatif Dezenfeksiyon Yöntemleri	33
2.13	Lazerlerin Kök Kanal Duvarı Üzerine Etkileri	33
3	MATERYAL METOD	36
3.1	Örneklerin Seçimi ve Hazırlanması	36
3.2	Kök Kanallarının Enfekte Edilmesi	37
3.3	Dezenfeksiyon işlemleri	38
3.4	Antibakteriyel Etkinliğin Değerlendirilmesi	41
3.5	Dentin Geçirgenliği Analizi	41
3.6	Bakteriyel Kolonizasyonun SEM ile Görüntülenmesi	44
3.7	İstatistiksel Analiz	44
4	BULGULAR	46
4.1	Dezenfeksiyon İşlemleri sonrası Kalan Bakteri Sayısının Değerlendirilmesi ile Elde Edilen Bulgular	46
4.2	Dezenfeksiyon İşlemleri Sonrası Grupların Boyalı Alan Yüzdelerinin Değerlendirilmesi ile Elde Edilen Bulgular	48
4.3	Dezenfeksiyon İşlemleri Sonrası Grup İçi Boyalı Alan Yüzdelerinin Değerlendirilmesi ile Elde Edilen Bulgular	50
4.4	SEM Analizi Bulguları	52
4.4.1	<i>Pozitif Kontrol Grubunun İncelenmesi</i>	52
4.4.2	<i>Negatif Kontrol Grubunun İncelenmesi</i>	52
4.4.3	<i>NaOCl Uygulanan Grubun İncelenmesi</i>	57
4.4.4	<i>Er,Cr:YSGG Lazer Uygulanan Grubun İncelenmesi</i>	59
4.4.5	<i>Er,Cr:YSGG ve NaOCl Uygulanan Grubun İncelenmesi</i>	61
4.4.6	<i>Er,Cr:YSGG ve Diode Lazer Uygulanan Grubun İncelenmesi</i>	63
5	TARTIŞMA	65
6	SONUÇLAR	82
7	KAYNAKLAR	84

8	EKLER	94
9	ÖZGEÇMİŞ	95



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Kök kanal duvarına kolonize olmuş bakteriyel popülasyon (2200 büyütme) [33].....	7
Şekil 2. E.faecalis kolonizasyonunun görüntülenmesi. A: Steril kök kanal duvarının Scanning electron microscope (SEM) görüntüsü. Kök kanalının E. faecalis ile deneysel olarak enfekte edilmesi sonrası SEM ile kolonizasyonunun B: 500 ve C: 10000 büyütmede görüntülenmesi. Bakterilerin dentin tübüllerine penetrasyonunun D: 3500 büyütmede görülmesi [55].....	12
Şekil 3. Elektromanyetik spektrumun iyonize, görülebilir ve non iyonize radyasyon bölümünü içeren kısmı [105].....	22
Şekil 4. Lazer boşluğu. [105].....	22
Şekil 5. Lazer doku etkileşimi [105].....	24
Şekil 6. Lazer doku etkileşimi-Transmisyon [105].....	24
Şekil 7. Lazerlerin dalga boyuna göre bazı moleküllerdeki ve diş minesindeki absorpsiyon miktarı [105].....	26
Şekil 8. Pozitif kontrol grubu, kural 1/3 (500 büyütme).....	53
Şekil 9. Pozitif kontrol grubu, kural 1/3 (10000 büyütme).....	53
Şekil 10. Pozitif kontrol grubu, orta 1/3 (500 büyütme).....	54
Şekil 11. Pozitif kontrol grubu, orta 1/3 (20000 büyütme).....	54
Şekil 12. Pozitif kontrol grubu, apikal 1/3 (500 büyütme).....	55
Şekil 13. Negatif kontrol grubu, kural 1/3 (500 büyütme).....	55
Şekil 14. Negatif kontrol grubu, orta 1/3 (500 büyütme).....	56
Şekil 15. Negatif kontrol grubu, apikal 1/3 (500 büyütme).....	56
Şekil 16. NaOCl grubu, kural 1/3 (500 büyütme).....	57
Şekil 17. NaOCl grubu, orta 1/3 (500 büyütme).....	58
Şekil 18. NaOCl grubu, apikal 1/3 (500 büyütme).....	58
Şekil 19. Er,Cr:YSGG lazer uygulanan grup, kural 1/3 (500 büyütme).....	59
Şekil 20. Er,Cr:YSGG lazer uygulanan grup, orta 1/3 (500 büyütme).....	60
Şekil 21. Er,Cr:YSGG lazer uygulanan grup, apikal 1/3 (500 büyütme).....	60
Şekil 22. Er,Cr:YSGG + NaOCl grubu, kural 1/3 (500 büyütme).....	61
Şekil 23. Er,Cr:YSGG + NaOCl grubu, orta 1/3 (500 büyütme).....	62
Şekil 24. Er,Cr:YSGG + NaOCl grubu, apikal 1/3 (500 büyütme).....	62
Şekil 25. Er,Cr:YSGG + Diode lazer, kural 1/3 (500 büyütme).....	63
Şekil 26. Er,Cr:YSGG + Diode lazer, orta 1/3 (500 büyütme).....	64
Şekil 27. Er,Cr:YSGG + Diode lazer, apikal 1/3 (10000 büyütme).....	64

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1. Çalışmada kullanılan A. Er,Cr:YSGG lazer, B. Diode lazer	36
Resim 2. Örneklerin kök boylarının kesilerek standart hale getirilmesi.....	37
Resim 3. Çalışmada kullanılan radial firing tip2 (RFT2)	38
Resim 4. Er,Cr:YSGG Lazer uygulaması (Waterlase Iplus MD, Biolase Technology, ABD)	39
Resim 5. A: Çalışmada kullanılan kalem şeklinde Diode lazer (Waterlase Iplus MD, Biolase Technology, ABD), B. Diode lazerin endodontik ucu.....	40
Resim 6. Triptik soy agarda farklı sulandırılarda koloni oluşturan bakterilerin görüntüsü	41
Resim 7. Kesme makinesi ile horizontal olarak parçalara ayrılmış diş örnekleri	42
Resim 8. A: Elde edilen kesitlerin görüntülendiği stereomikroskop. B: Stereomikroskop ile görüntülenen diş kesit	42
Resim 9. Boyalı alanın ölçümünün Photoshop CS6 programı ile yapılması A: Tüm kesit alanın seçilmesi, B: Kanal kesit alanın seçilmesi, C: Boyalı alanın seçilmesi ve piksel cinsinden ölçümü	43
Resim 10. A: Örneklerin altın-paladyum kaplandığı sputter coater cihazı B:Altın-paladyum kaplanmış örnekler	44

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Lazer enerjisinin meydana getirdiği sıcaklık artışına göre hedef dokuda görülmesi beklenen etkiler [113].....	25
Tablo 2. Dezenfeksiyon işlemleri sonrası kalan bakteri miktarlarının medyan, ortalama ve standart sapma değerleri	46
Tablo 3. Grupların ikili karşılaştırma sonuçları	47
Tablo 4. Grupların boyalı alan yüzdelerinin medyan, ortalama ve standart sapma değerleri.....	48
Tablo 5. Grupların ikili karşılaştırma sonuçları	49
Tablo 6. Bölgelerin boyalı alan yüzdelerini medyan, ortalama ve standart sapma değerleri	50
Tablo 7. Grupların ikili karşılaştırma sonuçları	51



GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1. Grupların kalan bakteri miktarları açısından değerlendirilmesi	47
Grafik 2. Grupların boyalı alan yüzdeleri açısından değerlendirilmesi	49
Grafik 3. Bölgelerin boyalı alan yüzdeleri açısından değerlendirilmesi.....	51



1 GİRİŞ ve AMAÇ

Çeşitli nedenlerle (çürük, travma, yetersiz restorasyonlar vs) mine ve sement dokusunun bütünlüğünün bozulduğu durumlarda dentin pulpa kompleksi ağız ortamına açık hale gelir ve mikroorganizmalar pulpaya ulaşır. Pulpaya ulaşan mikroorganizmalar pulpada enfeksiyona veya nekroza neden olur [1].

Endodontik enfeksiyonların primer etkeni mikroorganizmalar ve yan ürünleridir. Bu nedenle yapılan tedavinin başarıya ulaşması için kök kanal mikroflorasının iyi bir şekilde bilinmesi önemlidir [2]. Kök kanal enfeksiyonları primer intraradiküler, inatçı-sekonder intraradiküler ve ekstraradiküler enfeksiyonlar olmak üzere 3'e ayrılmaktadır. Enfeksiyonun tipine göre baskın mikroorganizma türleri farklılık göstermektedir [1]. İnatçı enfeksiyonlar kök kanal dezenfeksiyon işlemleri sırasında elimine edilemeyen mikroorganizmalar tarafından oluşturulmaktadır [3, 4]. *Enterococcus faecalis* inatçı enfeksiyonlarda en sık izole edilen bakteri türüdür ve endodontik tedavide başarısızlık ile ilişkilendirilmektedir [5-7]. *E.faecalis* uygun olmayan koşullarda uzun süre canlılığını koruyabilir, biyofilm oluşturabilir ve derin dentin tübüllerine penetre olabilir. Bu özellikleri nedeniyle fagositlere, antikorlara ve antimikrobiallere direnç gösterebilmektedir [5].

Kök kanal tedavisi sırasında artık doku, nekrotik materyal, mikroorganizma ve artık ürünlerinin uzaklaştırılarak kanal içi dezenfeksiyonun sağlanması tedavinin başarısı açısından oldukça önemlidir. Kök kanal yapısında bulunan yan kanalların, dallanmaların ve dentin tübüllerinin dezenfeksiyonunu sadece mekanik preparasyon ile sağlamak mümkün değildir. Bu nedenle kök kanalların temizlenmesi ve şekillendirmesi sırasında nekrotik materyali çözücü, enfekte dentin tübüllerine penetre olarak güçlü antimikrobiyal özellik gösteren irrigasyon solüsyonu kullanılması gerekmektedir [1, 8]. Sodyum hipoklorit (NaOCl) güçlü antibakteriyel özelliği nedeniyle kök kanal dezenfeksiyonunda en sık kullanılan antimikrobiyal ajandır. 2 dakikalık %5.25'lik NaOCl irrigasyonunun kök kanallarında bulunan *E.faecalis* üzerinde öldürücü etkisi olduğu bilinmektedir [9]. Ancak NaOCl mekanik preparasyon sonucu oluşan smear tabakasını kaldırmada yetersiz kalmaktadır. Toksik özellikleri nedeniyle de istenmeyen kazalar meydana gelebilmektedir [10, 11].

NaOCl başta olmak üzere günümüzde kök kanal dezenfeksiyonu amacıyla kullanılan irrigasyon solüsyonlarının ve kanal içi medikamanların dentin tübüllerine yeterince penetre olamadığı ve sınırlı bir antimikrobiyal spektruma sahip olduğunu bilinmektedir. Bu nedenle lazerler kök kanal dezenfeksiyonunda kullanılabilecek alternatif bir seçenek olarak gündeme gelmiştir [12, 13].

Lazerler, hem yumuşak dokuda hem de diş ve kemik gibi sert dokularda etkili olması, dokuya doğrudan temas etmemesi, titreşime neden olmaması, kanama ya da ağrı olmadan hızlı ve etkili tedavi olanağı sunması nedeniyle diş hekimliğinin birçok alanında kullanılmaktadır. İnce ve esnek uçların piyasaya sürülmesiyle birlikte lazerler kök kanallarının şekillendirilmesi ve dezenfeksiyonunda kullanılmaya başlanmıştır [13, 14].

Diode lazerler farklı dalga boylarında üretilebilen lazerlerdir. Diş dokularındaki absorpsiyonu az olup pigmente dokular tarafından yüksek oranda absorbe edilirler [15]. Diode lazerlerin dentin tübülleri içerisindeki *E.faecalis*'i elimine etmede etkili olduğu bildirilmiştir [16]. Erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet (Er,Cr:YSGG) lazerler 2780 nm dalga boyuna sahip lazerlerdir. Su içeriği yüksek olan dokular tarafından absorbe edilmektedir [15]. Yapılan çalışmalarda *E.faecalis* eliminasyonunda kullanılabileceği bildirilmiştir [17, 18]. Ayrıca SEM analizlerinde Er,Cr:YSGG lazerin kanal içi debris ve smear tabakasını kaldırmada da etkili olduğu gözlemlenmiştir. Ancak lazer uygulamasının NaOCl ile kıyaslandığı çalışmalarda, kök kanal dezenfeksiyonunda lazerlerin NaOCl kadar başarılı olmadığı sonucuna varılmıştır [18].

Çalışmamızın amacı kanal içine Er,Cr:YSGG ile birlikte Diode lazer uygulamasının antimikrobiyal etkinliğinin ve dentin geçirgenliğine olan etkisinin incelenmesidir. Antimikrobiyal etkinlik incelemesi için, dezenfeksiyon işlemleri ile eliminasyonu en zor bakteri olan *E.faecalis* seçilmiştir.

2 GENEL BİLGİLER

2.1 Endodontik Mikrobiyoloji

Kök kanal sisteminde bakterilerin kolonize olduğu yüzyıllardır bilinen bir gerçektir. Antony van Leeuwenhoek 1683 yılında dental plaktaki bakterileri gözlemlemiştir. İlk olarak nekroze insan dişi pulpası içerisindeki mikroorganizma varlığı 1894 yılında Willoughby D. Miller tarafından belirlenmiştir [19].

1960'lı yıllara kadar endodontik enfeksiyonun etiyolojik faktörleri hakkında çeşitli görüşler ortaya atılmıştır. 1965 yılında Kakaeshi ve arkadaşları [20] gnotobiyotik (germ free) sıçanlarda pulpanın, ağız ortamına açılmasına rağmen pulpa nekrozu veya periapikal patoloji gelişmediğini, oral flora ile kontamine olan grupta ise pulpa nekrozu ve periapikal lezyonların oluştuğunu tespit etmişlerdir. Dokuda mikrobiyal floranın bulunmasının veya bulunmamasının dokunun patolojik yıkımında veya iyileşmesinde esas belirleyici faktör olduğu sonucuna varmışlardır.

1966 yılında Möller ve ark. [21] yaptıkları çalışmada pulpa hastalıklarının gelişmesinde bakterilerin önemini göstermişlerdir. Apikal periodontitisli dişlerin kök kanalından izole edilen bakteriler ile enfekte edilen dişlerde pulpa nekrozu ve periapikal patolojinin geliştiğini, enfekte olmayan nekroze pulpalı dişlerde ise periradiküler değişikliklerin oluşmadığını belirlemişlerdir.

1976 yılında Sundqvist [22], hem aerop hem de anaerop mikrobiyolojik analiz yöntemiyle gerçekleştirdiği çalışmasında periradiküler hastalık ile bakterilerin ilişkisini belirlemiştir. Travmaya uğramış nekrotik pulpalı ve radyografilerinde periradiküler lezyon izlenen 17 dişte pozitif bakteriyolojik kültür elde etmiştir. Aynı çalışmada radyografilerinde periradiküler yıkım gözlenmeyen nekrotik pulpalı dişlerin kök kanallarından ise negatif bakteriyel kültür elde etmiştir. Araştırmacı periradiküler bölgedeki akut enflamasyonun bakteri cinslerinin kombinasyonu tarafından indüklendiğini ve semptomatik olan bu dişlerde siyah pigmentli bakterilerden *Bacteriodes melanigenicius*'un baskın olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmanın sonuçları Bergholtz [23], Möller ve ark. [24] tarafından yapılan çalışmalar ile doğrulanmış ve geliştirilmiştir.

Çürük, travma ve yetersiz restorasyonlar sonucu oluşan mikrosızıntı gibi nedenlerle ağız mikroflorasında bulunan bakteriler pulpaya ulaşarak enfeksiyon veya nekroza neden olur. Nekrotik pulpadaki bakteriler ise akut veya kronik periapikal enfeksiyona yol açar [8]. Yapılan bazı çalışmalarda ağız boşluğunda 700'den fazla bakteriyel grup ya da bakteri tespit edilmiştir. 1970'li yıllardan önce yapılan çalışmalarda kültür metotlarındaki yetersizlik nedeniyle enfekte kök kanallarından daha çok streptokok, mikrokok ve az miktarda anaerob bakteri izole edilmiştir. Fakat mikrobiyolojide anaerob tekniklerin gelişmesi ile enfekte kök kanallarındaki bakterilerin %70-90'ının anaerob bakterilerden oluştuğu gösterilmiştir [25].

2.2 Bakterilerin Pulpaya Ulaşma Yolları

Pulpa ve dentin dokusu, mine ve sement dokusu ile ağız ortamından izole edilmiştir. Mine ve sement dokusunun çeşitli nedenlerle bütünlüğünün bozulduğu (çürük, travma, atrisyon, abrazyon vb.) yada konjenital olarak olmaması durumunda (mine sement sınırındaki boşluklar vb.) dentin pulpa kompleksi ağız ortamına açılır ve mikroorganizmalar pulpaya ulaşır. Aynı zamanda periodontal hastalıkların kaynağı olan subgingival biyofilmdeki bakteriler ya da bakteriyemi sırasında kan dolaşımındaki mikroorganizmalar da yan kanallar, foraminaller sayesinde pulpaya ulaşabilir [1].

2.2.1 Dentin tübülleri

Dentinin çeşitli nedenlerden açığa çıktığı durumlarda, dentin tübüllerinin geçirgen yapısı nedeniyle pulpa risk altına girer. Dentin tübülleri dentini boydan boya kat eder. Çapları bakterilerin hücre çaplarından da geniştir. Bu nedenle dentin tübüllerine invaze olan bakteriler pulpaya direk olarak ulaşabilir. Ancak bakterilerin dentin tübüllerine invaze olarak pulpaya kadar ilerlemesi vital dişlerde daha yavaştır. Vital dişlerde dentin sıvısının dışarıya doğru hareketi dentin geçirgenliğini etkiler ve bakterilerin tübüllere invazyonunu engeller. Aynı zamanda çürük lezyonun altında sklerozedentini oluşması, tamir dentini, smear tabakası ve konağın savunma molekülleri dentin tübüllerinin geçirgenliğini azaltarak bakterilerin pulpaya ulaşmasını engeller. Bu nedenle pulpa vital olduğu sürece, dentin kalınlığının oldukça azaldığı (<0.2 mm) ve dentin geçirgenliğinin ciddi şekilde arttığı durumlar hariç dentinin açığa çıkması pulpa enfeksiyonunun başlaması için yeterli değildir. Açığa çıkmış dentin tübülleri ancak pulpa nekrotik olduğunda, bakterilerin pulpaya invazyonuna ve çoğalmasına neden olabilir [1, 5].

2.2.2 Direkt pulpa açılması

Çürük, travma, iatrojenik operatif prosedürler sonucu pulpa ağız ortamına açılır. Çürük lezyonlarındaki, tükürükteki ya da açığa çıkmış yüzeyde biriken plaktaki mikroorganizmalar pulpaya ulaşır ve endodontik enfeksiyona neden olur. Neredeyse her koşulda açığa çıkan pulpada enflamasyon ve ardından nekroz gelişir, pulpa enfekte olur. Pulpanın açığa çıkması ve tüm kanalın enfekte olması arasında geçen süre tahmin edilemez fakat genellikle yavaş bir süreçtir [5, 26].

2.2.3 Periodontal hastalıklar

Dişeti oluğunda bulunan mikroorganizmalar furkasyon bölgesindeki lateral kanallar ya da apikal foramen yoluyla pulpaya ulaşarak enfeksiyona neden olabilir. Bu nedenle periodontal hastalığa sahip dişlerin pulpasında, pulpitisten nekroza kadar farklı derecelerde patolojiler gelişebilir [8]. Langeland ve ark. [27] yaptıkları çalışmada, periodontal hastalıkların pulpada değişimler meydana getirdiğini ancak apikal foramen hastalığa dahil olmadığı sürece pulpada nekroz oluşmadığını belirtmişlerdir. Bergenholtz ve ark. [28] periodontal bakterilerin, bakteri yan ürünlerinin pulpa üzerinde çok az veya hiç etkisi olmadığını ifade etmişlerdir. Hampp ve ark. [29] ise travma sonucu nekroze olmuş diş pulpalarına, ağız boşluğunda bulunan spiroketlerin periodontal doku aracılığı ile ulaştığını savunmuşlardır.

2.2.4 Anakorezis

Kanda ya da lenfte bulunan mikroorganizmaların, damardan çıkarak hasarlı dokuya girmesi ve enfeksiyon oluşturmaya anakorezis denir. Dental plak veya enfekte kök kanallarındaki mikroorganizmalar diş çekimi, periodontal cerrahi, küretaj, endodontik tedaviyi takiben kan yolu ile diğer diş dokularına ulaşabilir. Ancak bu sürecin endodontik enfeksiyon oluşumundaki yollardan biri olup olmadığını gösteren net kanıtlar yoktur [1]. Travma sonucu nekroze olan dişin anakorezis yolu ile enfekte olduğu görüşü ortaya atılsa da, güncel kanıtlar bu tür vakalarda pulpa enfeksiyonuna neden olan ana yolun mine kırıkları sonucu açığa çıkan dentin dokusu olduğunu göstermiştir [30].

2.3 Endodontik Enfeksiyonlar

Endodontik enfeksiyonların primer etkeni mikroorganizmalar ve yan ürünleridir. Yapılan tedavinin başarıya ulaşması ve etkili bir antimikrobiyal tedavi için endodontik mikrofloranın iyi bir şekilde bilinmesi ve kesin olarak tanımlanması önemlidir [2]. Endodontik enfeksiyonlar, kök kanalındaki mikroorganizmaların neden olduğu sempomatik ya da asemptomatik olarak seyreden enflamatuvar hastalıklar olarak tanımlanmaktadır. Endodontik enfeksiyonla ilişkilendirilen mikroorganizmalar anaerob bakterilerin baskın olduğu birçok bakteri türünün birleşimi ile oluşmaktadır [31].

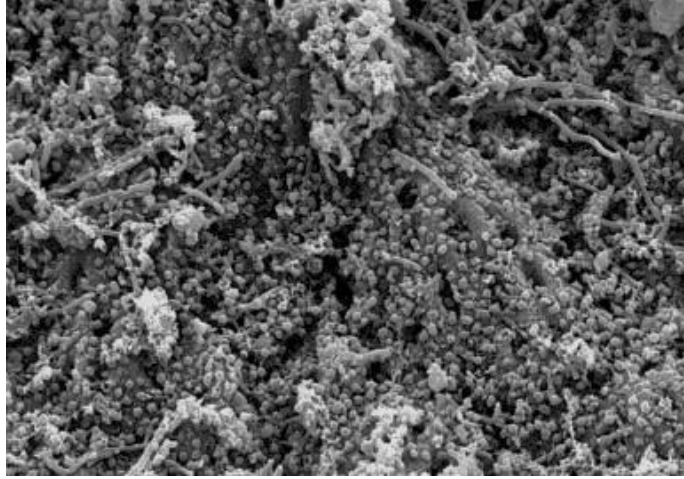
Ağız boşluğunda 700'den fazla bakteri türü tanımlanmış olmasına rağmen yaklaşık 100-200 bakteri türü ağız ortamında barınabilmektedir. Bu bakterilerin sınırlı sayıdaki çeşitleri de enfekte kök kanallarında bulunmaktadır [5]. Ağız ortamına açık olan kök kanallarından aerop ve ağız florası ile uyumlu çok sayıda mikroorganizma izole edilirken, kapalı kök kanallarından ise anaerop mikroorganizmalar izole edilmektedir [25].

Endodontik enfeksiyonlar anatomik olarak buldukları yere göre; intraradiküler ve ekstraradiküler olarak sınıflandırılabilir. İnaradiküler enfeksiyonlar ise mikroorganizmaların enfeksiyona katıldığı zamana bağlı olarak kendi içinde primer, sekonder ve inatçı enfeksiyonlar olmak üzere üçe ayrılır. Primer intraradiküler enfeksiyonu olan dişlerin mikroflorasıyla, kök kanal tedavisi yapılmış ancak başarısız olmuş dişlerin mikrofloraları arasında önemli farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir [32].

2.3.1 Primer intraradiküler enfeksiyon

Primer intraradiküler enfeksiyon (başlangıç, virgin enfeksiyon), mikroorganizmaların pulpaya invazyonu ile oluşur. Primer enfeksiyonlar, sayıları 10'dan 30'a kadar değişen, anaerobik bakteri türlerinin baskın olduğu mikroflora ile karakterizedir. Bazı fakültatif ve mikroaerofilik türler de primer enfeksiyonlarda yaygın olarak bulunabilir [1] (Şekil 1).

Endodontik mikrofloranın yaklaşık %40-55'i şimdiye kadar tamamen tanımlanmış bakterilerden oluşsa da yüksek oranda tanımlanmamış türler bulunmaktadır. Ayrıca endodontik enfeksiyonlar; bakteriyel çeşitliliği bireyden bireye, hastalığın tipine göre değişen heterojen etiyolojili bir hastalıktır [25]



Şekil 1. Kök kanal duvarına kolonize olmuş bakteriyel popülasyon (2200 büyütme) [33]

Primer endodontik enfeksiyona neden olan bakteriler şunlardır:

Siyah pigmentli gram negatif bakteriler önceden *Bacteroides melaninogenicus* olarak tanımlanmış olup günümüzde *Prevotella* (sakkarolitik), *Porphyromonas* (asakkoralitik) olmak üzere iki alt türe ayrılmıştır. Endodontik enfeksiyonlarda rastlanan *Prevotella* türleri *Prevotella intermedia*, *Prevotella nigrescens*, *Prevotella tanneriae*, *Prevotella multissacharivorax*, *Prevotella baroniae* ve *Prevotella denticola*; *Porphyromonas* türleri ise; *Porphyromonas endodontalis* ve *Porphyromonas gingivalis*tir [34].

Tannerella forsythia (*Bacteroides forsythus* veya *Tannerella forsythenis*), endodontik enfeksiyonlarda ilk olarak saptanan periodontal patojendir [35].

Dialister türleri asakkoralitik zorunlu anaerobik gram negatif bakterilerdir. Endodontik enfeksiyonlarda en sık *Dialister pneumosintes*, *Dialister invisus* türlerine rastlanır [5]. Munson ve ark. [36] kültürel ve moleküler teknikleri kullanarak 5 enfekte dişin kök kanalından aspire ettikleri örnekleri analiz etmişler ve tüm örneklerde sadece *Dialister* türüne rastlamışlardır.

Fusobacterium nucleatum ve *Fusobacterium periodonticum* türleri de endodontik mikroflora da sıklıkla rastlanmaktadır [5].

Spiroketler hareketli, gram negatif bakterilerdir. Ağız boşluğunda görülen spiroketlerin hepsi *Treponema* türü altında toplanmıştır. Endodontik enfeksiyonlarda en sık

rastlanan türleri *Treponema Denticola*, *Treponema parvum*, *Treponema sacranskii*, *Treponema maltophilum* ve *Treponema lecithinolyticum*'dur [37].

Endodontik mikroflorada bulunan gram pozitif bakteriler ise; anaerobik çomaklardan *Actinomyces* türleri, *Eubacterium* türleri, *Pseudoramibacter alactolyticus*, *Propionibacterium propionicum*, ve *Olsenella* türleri, koklardan ise *Streptococcus* türleri (*Streptococcus anginosus*, *Streptococcus mitis* ve *Streptococcus sanguinis*), *Enterococcus faecalis* ve *Peptostreptococcus microstur* [38].

Primer intraradiküler enfeksiyonlarda, kanal içerisinde %5 veya daha az oranda enterokoklara rastlanırken [39], kök kanal tedavisi yapılmış inatçı periapikal lezyonlu dişlerde %29 ile %77 arasında değişen oranlarda enterokok izole edilmiştir [3, 31].

Düşük oranda olsa da *Campylobacteria* türleri, *Veillonella parvula*, *Eikenella corodens*, *Bifidobacterium dentinum* türlerine de endodontik mikroflora da rastlanmıştır [5].

Bütün bu bakteriler dışında apikal patogeneze gelişmesinde rol oynayan ancak henüz tanımlanamamış bakteriler de bulunmaktadır [38].

Bakteriler dışında endodontik enfeksiyon kaynağı olarak mantarlar, özellikle *Candida albicans*, arkealar ve virüslere de rastlanmıştır. Arkealar bakterilerden farklı olarak çok çeşitli prokaryot grupları kapsamaktadır. Yapılan bir çalışmada kronik apikal periodontitisli bir dişin kök kanallarında arkealara rastlanmıştır. Virüsler üreyip çoğalmak için canlı konak hücrelere ihtiyaç duyduğundan nekrotik kök kanallarında yaşayamazlar. Virüslerin sadece HIV ile enfekte olmuş hastaların iltihapsiz pulpalarında bulunduğu bildirilmiştir [40, 41].

İntraradiküler mikrofloranın belirleyici unsurları

Kök kanal sistemi, belirli bakteri gruplarının üremesine imkan veren seçici bir çevredir [41]. Kök kanal mikroflorasının oluşmasında oksijen basıncı-redoks potansiyeli, kök kanal sistemindeki mevcut besin kaynakları ve bakteriyel etkileşimler rol oynar [41].

a) Oksijen basıncı ve redoks potansiyeli: Kök kanal enfeksiyonu, enfeksiyonun farklı aşamalarında farklı bakteri türlerinin etkin olduğu dinamik bir süreçtir. Başlangıç aşamasında, pulpada fakültatif bakteriler üstündür. Birkaç gün veya birkaç hafta sonra

pulpanın nekroz olması ve fakültatif bakterilerin tüketimi sonucu ortamdaki oksijen azalır. Düşük redoks potansiyeli sonucunda zorunlu anaerobik bakterilerin yaşayıp çoğalmasına uygun anaerobik bir ortam oluşur. Zamanla özellikle kök kanalının apikal 1/3'lük kısmında anaerobik koşullar belirginleşir. Bunun sonucunda anaeroblar kök kanal mikroflorasında baskın hale gelir [1, 7].

b) Mevcut besin kaynakları: Bakteriler kök kanal sisteminde besin kaynakları olarak; nekrotik pulpa dokusu, apikal ve lateral foramenlerden kanal içine sızan eksuda ve doku sıvılarındaki protein ve glikoproteinler, kök kanalına kurondan girebilen tükürükteki maddeler ve diğer bakterilerin metabolik ürünlerini kullanırlar. Kök kanallarındaki bu besin içeriği aminoasit ve peptitleri enerji kaynağı olarak kullanan anaerobik bakterilerin büyüüp çoğalması için uygun bir ortam oluşturur. Bu nedenle karbonhidratları besin kaynağı olarak kullanan fakültatif anaeroblar ağız ortamına açık olan kök kanallarının kuronal kısmında bulunurken, anaerobik bakteriler daha apikal kısımlarda da yaşayabilirler [22].

c) Bakteriyel etkileşimler: Kök kanalına belirli türlerin yerleşimi, diğer türler arasındaki etkileşimlerden de etkilenebilmektedir. Pozitif etkileşimler bakterilerin hayatta kalma kapasitelerini artırırken negatif etkileşimler popülasyonun yoğunluğunu sınırlamaktadır [25]. Örneğin siyah pigmentli anaerobik *Prevotella* ve *Porphyromonas* türleri üremek için K vitamini ve hemin gibi özel besinlere ihtiyaç duyan bakterilerdendir. Hemin genellikle hemoglobinin parçalanması ile elde edilir, fakat bazı bakteriler de hemin üretebilirler. Grenier ve ark. [42] *Campylobacter rectus*'un hemin ile ilişkili bir büyüme faktörü üreterek *Porphyromonas* türlerinin üremesini stimüle ettiğini göstermişlerdir.

2.3.2 İnatçı - sekonder intraradiküler enfeksiyonlar

Kök kanal tedavisi başarısız olmuş dişlerin çoğunun kök kanalı içinde enfeksiyon barındırdığı kanıtlanmıştır [6, 43]. İnatçı intraradiküler enfeksiyon; kanal dezenfeksiyon işlemlerinden sağ çıkıp, kanal dolumu sırasında kanalda bulunan inatçı mikroorganizmalar tarafından oluşturulur. Sekonder intradiküler enfeksiyon ise dolumdan sonra kuronal sızıntı sonucu kanalın mikroorganizmalar tarafından enfekte edilmesi ile oluşur [3, 4].

Mikroorganizmaların inatçı-sekonder intraradiküler enfeksiyonlara neden olabilmesi için; tedavi sonrası değişmiş ortama adapte olabilmeli, dolgu maddelerinin antimikrobiyal

etkilerinden kurtulabilmeli, çoğalabilmeli ve yeterli virülans özellikleri göstermeli ve periradiküler dokulara serbestçe geçerek patojenite gösterebilmelidir [44].

Primer intraradiküler enfeksiyonların en yaygın üyeleri olan gram negatif bakteriler genellikle endodontik tedavi sırasında elimine edilirler. Gram pozitif bakterilerin antimikrobiyal tedaviye direnci, dezenfeksiyon ve enstrümantasyonu yapılmış kanaldaki ekolojik ortama uyum sağlama yeteneği daha yüksektir. Yapılan çalışmalar hem dezenfeksiyon hem de enstrümantasyon sonrası yüksek oranda *Streptococcus* türleri, *Lactobacillus* türleri, *Propionibacterium* ve *Enterococcus faecalis* gibi gram pozitif bakterilerin sağ kaldığını ortaya koymuştur [4, 11, 44].

İnatçı-sekonder intraradiküler enfeksiyonlarda en yaygın olarak görülen bakteri türleri; gram negatif anaerobik bakterilerden *Fusobacterium nucleatum*, *Prevotella* türleri ve *Campylobacter rectus*. Gram pozitif bakterilerden ise *Streptococcus*, *Laktobacillus*, *Stafilokokus*, *Enterokokus faecalis*, *Parvimonas micra*, *Olsenella uli*, *Bifidobacterium* türleri, *Propionibacterium* türleri, *Actinomyces* türleri ve *Eubacterium* türleridir [5]. Kök kanal tedavisi görmüş, inatçı apikal periodontitis lezyonlarındaki mikroorganizmalar primer enfeksiyonlarla karşılaştırılınca daha sınırlıdır, kanal başına 1-3 bakteri türünden oluşmaktadır [6, 43].

Kök kanal tedavisi yapılmış dişlerin %30-90'ında sıklıkla gram pozitif fakültatif anaerob koklardan *Enterokokus faecalis*'e rastlanır [43, 45, 46]. Primer enfeksiyonlarda düşük oranda bulunan bulunan *Candida* türleri ise, inatçı-sekonder intraradiküler enfeksiyonlarda %3-18 oranında bulunabilmektedir [43, 47]. *Enterokokus faecalis* ve *Candida albicans*, kanal içi dezenfeksiyon ve enstrümantasyon işlemlerine direnç, biofilm oluşturma, dentin tübüllerine sızma ve uzun süren besin yokluğuna dayanma gibi tedavi edilmiş kanallarda hayatta kalmasını sağlayan niteliklere sahiptir [2, 45-48].

2.3.3 Ekstraradiküler enfeksiyonlar

Apikal periodontitis, intraradiküler enfeksiyonlara yanıt olarak oluşur. Apikal periodontitisli dişlerde kök kanal sisteminde ve dentin tübülleri içinde patojen mikroorganizma varlığı saptanmıştır. Çoğu durumda konak savunma sistemi kök kanallarından periapekse invaze olan bakterileri yok ederek periapikal enflamasyonu sınırlar. Ancak uzun süren enfeksiyonlarda konak savunma sistemleri kök kanalı içerisine yerleşmiş

mikroorganizmaları elimine etmekte yetersiz kalır ve enfeksiyon ekstradiküler dokulara yayılır [49]. Ekstaradiküler enfeksiyonun en yaygın şekli akut apikal apsedir [1].

Ekstradiküler enfeksiyonlarda baskın mikroorganizmalar; anaerobik özellikte olan *Actinomyces* türleri, *Propionibacterium propionicum*, *Treponema* türleri, *Porphyromonas endodontalis*, *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella* türleri ve *Fusobacterium nucleatum*dur [5].

Happonen ve ark. [50] immünokimyasal metotlar kullanarak yaptıkları çalışmada endodontik tedavi sonrasında gelişen inatçı apikal periodontitis lezyonlarında *Propionibacterium propionicum* ve *Actinomyces* türlerini izole etmişlerdir. Ayrıca bu bakterilerin kök kanalı dışında oluşan granülasyon dokusunda canlı kalabildiğini göstermişlerdir. Tronstad ve ark. [51] periapikal periodontitis lezyonlarında canlı kalabilecek diğer bakterileri araştırmak için, anaerobik kültür metodu kullanarak yaptıkları çalışmada; *Prevotella* ve *Porphyromonas* türlerinin yanında gram pozitif anerobik çomaklar-koklar, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Enterococcus* türlerini izole etmişlerdir.

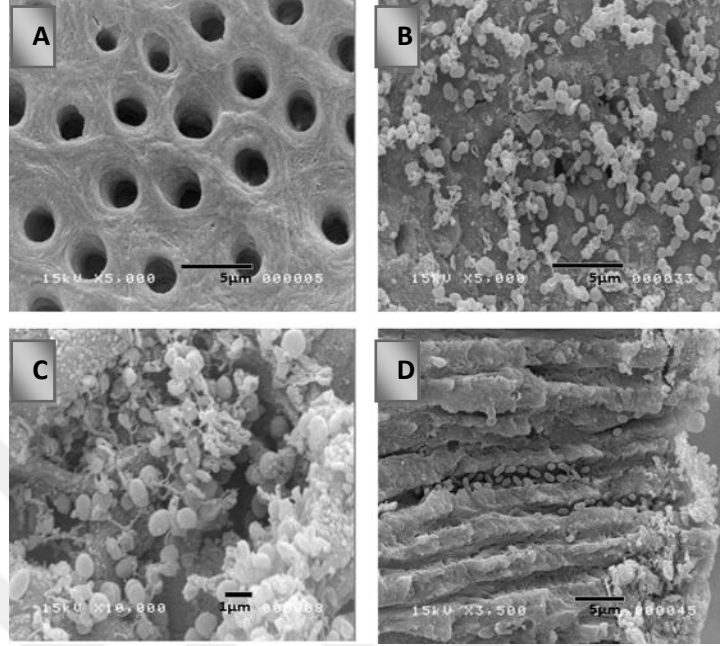
2.4 Endodontik Enfeksiyonlarda *E. faecalis*'in Rolü

Enterokoklar, insan vücudunda gastrointestinal sistemde, ağız boşluğunda, gingival sulkusta ve vajinal bölgede bulunurlar. Hastane enfeksiyonlarına neden olan patojenlerin %12'sini oluşturmaktadır. Enterokokların efektif endokardit, idrar yolu enfeksiyonları, yeni doğan sepsisi, safra kesesi enfeksiyonları ve karın içi ve pelvis bölgesi enfeksiyonlarına neden olduğu bilinmektedir [52].

Enterokokların sebep olduğu endodontik enfeksiyonların %80-90'ından *E.faecalis* sorumludur. *E.faecalis* özellikle retreatment vakalarında, başarısız olmuş endodontik tedavilerde ve inatçı enfeksiyonlarda en sık izole edilen bakteri türüdür [5].

E.faecalis sporsuz, gram pozitif, fakültatif anaerobik bakteri türüdür. Hücreleri oval 0.5-1 µm çapındadır. Tek başına, çiftler halinde veya küçük zincirler halinde bulunabilir (Şekil 2). Karbonhidrat, gliserin, laktat, malt, sitrat, arjinin ve birçok α keto asit içeren değişik enerji kaynaklarını yıkıma uğratabilir ve karbonhidratları asitlere dönüştürür [53]. Ortamın pH'ını 4.1-4.6'ya kadar düşürebilir, 10 °C ile 45 °C arasında yaşabilir. Ayrıca 60 °C sıcaklıkta 30 dakika süreyle canlılığını koruyabilir. Kültür ortamlarında kolayca üretilebilirler.

%5 koyun kanlı agar besiyerinde 0.5-2 mm çapında, sınırları düzgün, S şeklinde, yuvarlak koloniler oluşturur [54].



Şekil 2. *E.faecalis* kolonizasyonunun görüntülenmesi. **A:** Steril kök kanal duvarının Scanning electron microscope (SEM) görüntüsü. Kök kanalının *E.faecalis* ile deneysel olarak enfekte edilmesi sonrası SEM ile kolonizasyonunun **B:** 500 ve **C:** 10000 büyütmede görüntülenmesi. Bakterilerin dentin tübüllerine penetrasyonunun **D:** 3500 büyütmede görülmesi [55]

E.faecalis inatçı enfeksiyonlarda yüksek oranlarda izole edildiğinden özellikle endodontik tedavide başarısızlık ile ilişkilendirilmektedir. Sundqvist ve ark. [6] yaptıkları çalışmada, kök kanal tedavisi yapılmış apikal periodontitisli dişlerde yaklaşık %38 oranında *E.faecalis* izole etmişlerdir. Molander ve ark. [56], Pinheiro ve ark. [3] ise başarısız endodontik tedavili dişlerin yaklaşık %50'sinde *E.faecalis*'i izole etmişlerdir.

Roças ve ark. [43] PCR yöntemi ile yaptığı çalışmaya göre; *E.faecalis*'in primer endodontik enfeksiyonlarda görülme sıklığı %4-40 oranında iken, inatçı periapikal lezyonlarda anlamlı derecede daha yüksektir. Araştırmacılara göre *E.faecalis*'in inatçı enfeksiyonlarda bulunma oranı primer enfeksiyonlarda bulunma ihtimaline göre 9 kat daha fazladır.

Hancock ve ark. [57] retreatment vakalarında, kanal içerisinden mikrobiyal örnek olarak, kültür yöntemi ile yaptıkları çalışmada *E.faecalis*'in en sık izole edilen tür olduğunu

saptamışlardır. Peciulienė ve ark. [47] 40 adet kök kanalları doldurulmuş dişte kültür yöntemi ile *E.faecalis* varlığını araştırmışlar ve 33 dişte bakteriyel üremeyi tespit etmişlerdir.

E.faecalis'in inatçı-sekonder enfeksiyonlarda daha yüksek oranlarda bulunması; biofilm oluşturabilmesi, canlı fakat kültüre edilemeyen fazda bulunabilmesi, antibiyotik direnci kazanabilmesi, kanal içine uygulanan antimikrobiyal ajanlara direnç gösterebilmesi, dentin tübüllerine invaze olabilmesi, kolajen adhezyonu, besin yokluğunda, düşük pH'ta, hipertonic ortamlarda ve yüksek sıcaklıklarda canlı kalabilmesi gibi özellikleri ile açıklanmaktadır [5].

E.faecalis diğer bakterilerin sinerjistik etkisi olmadan kök kanalında yaşamını sürdürebilir. Aerobik, besinden zengin ortamlarda, makro yapısının boyutu 500'den 1000 mm'ye kadar değişen düzensiz şekilli sınırları belirli olmayan intra ve ekstraradiküler biyofilm oluşturabilmektedir. Biyofilm şeklinde büyüyen bakteriler elverişsiz çevre ve beslenme koşullarına karşı koruma kazanırlar. Planktonik hücrelere kıyasla 1500 kat daha fazla antibiyotiklere dirençli olurlar. Klinik olarak izole edilen *E.faecalis*'lerde bağlanma kapasitelerinde artış ve antimikrobiklere karşı daha fazla direnç görülür [58].

Bazı bakteriler yaşamak ve üremek için uygun olmayan koşullarda canlı kalabilmek için kendilerine özgü bir uyum mekanizması geliştirirler. Yapılan son çalışmalarda, kullanılan standart mikrobiyolojik teknikler ile bakterilerin canlı fakat kültüre edilemeyen faza geçtikleri gösterilmiştir. Bu durumdaki bakteri hücreleri çevresel koşullara daha dayanıklı hale gelir, patojenitelerini ve yeniden üreyebilme yeteneklerini korur. Isı artışı, ortama besin eklenmesi gibi şartlardaki değişiklikler kültüre edilemeyen bakterilerin tekrar canlanmasını sağlamaktadır. *E.faecalis*, uygun olmayan koşullarda canlı fakat kültüre edilemeyen hale geçerek, üreme ve koloni oluşturma yeteneklerini kaybeder, ancak metabolik aktiviteleri ve canlılıklarını sürdürebilir, patojenitelerini koruyabilir [59].

Dahlen ve ark. [60] yaptıkları çalışmada, antibiyotiklerden benzilpenisilin, ampicilin, klindamisin, metronidazol ve tetrasiklinlere karşı dirençli; eritromisin ve vankomisine ise duyarlı olduklarını göstermişlerdir.

E.faecalis'in intrakanal medikamanı olarak kullanılan kalsiyum hidroksitin antimikrobiyal etkisine dirençli olduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir [61, 62]. *E. faecalis* 11.5 ve daha yüksek pH'larda yaşamını sürdüremez. Ancak kanal içi pH'ını bu düzeye

getirmenin zorluğu ve *E. faecalis*'in etkili proton pompası sayesinde hücre içi pH'ını düşürebilmesi nedeniyle kalsiyum hidroksit içerikli patlar *E.faecalis*'i öldürmede yetersiz kalmaktadır [62].

E.faecalis'in elimine edilmesinde sodyum hipoklorit (NaOCl), klorheksidin gibi antimikrobiyal ajanların etkili olduğu gösterilmiştir. Ancak bu ajanların dentin tübüllerine penetrasyon derinliği az olduğundan tüm mikroorganizmalara ulaşmakta yetersiz kalmakta ve lateral kanallarda inatçı mikroorganizmalar canlı kalabilmektedir [9, 63-65].

Gomes ve ark. [63] çeşitli konsantrasyonlardaki NaOCl'nin etkisi için yaptıkları çalışmada %5.25'lik NaOCl'nin 30 saniyede, %2.5'lik NaOCl'nin 10 dakikada, %0.5'lik NaOCl'nin ise 30 dakikada *E.faecalis* üzerinde öldürücü etki yarattığını tespit etmişlerdir. Yapılan diğer çalışmalarda NaOCl ve klorheksidinin *E. faecalis*'e karşı *in vitro* koşullarda etkili olduğu kanıtlanmış ancak dentin kanallarına invaze olan bakteri varlığında etkinliklerinin azaldığı bildirilmiştir. [64, 65]

E.faecalis sahip olduğu virülans faktörleriyle, konak hücrelere bağlanabildiği ve konak cevabını değiştirebildiği de belirtilmiştir. *E.faecalis* lenfositlerin etkilerini baskılayarak kök kanal tedavilerinde başarısızlığa ve inatçı endodontik enfeksiyonlara neden olabilir [30].

E.faecalis serin proteaz, jelatinaz ve kollajen bağlayan protein gibi enzimler ile kolayca dentine bağlanabilmekte ve küçük boyutu sayesinde dentin tübülleri içinde canlı kalabilmektedir [39]. Sedgley ve ark. [46] yaptıkları çalışmada *E.faecalis*'in, dentin tübüllerinde ek besin olmadan 12 ay boyunca canlı kalabildiği gösterilmiştir.

2.5 Kök Kanal Dezenfeksiyonu

Endodontik tedavinin başarısı; doğru teşhis, kök kanallarının etkili bir şekilde temizlenmesi, şekillendirilmesi, dezenfeksiyonu ve hermetik bir tıkama sağlayacak şekilde doldurulması esasına dayanır [8]. Endodontik enfeksiyonların mikroorganizmalar tarafından meydana geldiğinin anlaşılması ile kök kanallarından mikroorganizmalar ve yan ürünlerinin uzaklaştırılması endodontik tedavinin primer amacı haline gelmiştir [5, 11, 64, 66].

Mikroorganizmaların kök kanallarından tamamen eliminasyonu kolay olmamaktadır. Lateral ve aksesuar kanallar, apikal delta, isthmus gibi alanlar mikroorganizmaların kök kanallarından uzaklaştırılmasını ve etkili bir temizleme işlemi yapılmasını engeller. Aynı

zamanda mekanik preparasyon sırasında oluşan smear tabakası da mikroorganizmaların barındığı ideal bir ortam sağlar. Kök kanal sistemi ve dentin tübülleri içerisine antimikrobiyal ajanların yayılmasını önler [67].

Smear tabakası, diş sert dokularının el veya döner aletlerle kesilmesi sonucu ortaya çıkan çok küçük mineralize kollajen matriks partiküllerinden meydana gelen amorf ve irregüler bir yapıdır [68-70].

İlk kez 1962 yılında Boyde ve ark. [71] yaptıkları çalışmada diş dokularında “yüzey tabakası” olarak adlandırdıkları bir yapının varlığından bahsetmişlerdir. 1974 yılında Brannstrom ve ark. [72] SEM ile kavite preparasyonlarını incelemişler ve sıkıştırılmış debristen oluşan ince bir tabaka gözlemlemişlerdir. Enstrümente edilmiş kök kanallarında smear tabakası ise ilk olarak McComb ve Smith [70] tarafından tanımlanmıştır. Araştırmacılar kavite duvarlarındaki smear tabakasının aksine, kök kanallarında oluşan smear tabakasının sadece dentin parçacıklarını değil, bunun yanı sıra pulpa dokusu, odontoblastik uzantı ve bakteri yıkım ürünlerini de içerdiğini ifade etmişlerdir.

Smear tabakası, organik ve inorganik yapılardan oluşmuştur. İnorganik yapılar kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi sırasında oluşan dentin talaşlarını; organik yapılar ise mikroorganizmalar, kan hücreleri, koagüle olmuş proteinler, canlı ve nekrotik pulpa artıkları ve odontoblast uzantılarının parçalarını içermektedir [68, 69]. Smear tabakasının kök kanalının temizlenmesi ve şekillendirilmesi sırasında kanal aletleri ve frezlerin kullanımı sonucu ortaya çıktığı, şekillendirilmemiş kanallarda ise görülmediği bildirilmiştir [68, 69].

Smear tabakasının kalınlığı ve içeriğinin; dentinin ıslak ya da kuru kesilmesi, kullanılan eğenin şekli, eğeleme tekniği, mekanik eğeleme boyunca uygulanan kuvvet, irrigasyon ajanının türü ve uygulama şekli gibi birçok faktöre bağlı olduğu bildirilmiştir [73]. Czonstkowsky ve ark. [69] motorlu aletlere takılarak kullanılan Gates-glidden frezler ve post yapımında kullanılan frezlerin oluşturduğu smear tabakası miktarının el ile yapılan temizleme ve şekillendirme sonucu oluşan smear tabakasına göre daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Literatürde kök kanallarında oluşan smear tabakasının varlığının kanalların şekillendirilmesi ve doldurulması üzerine etkisi hakkında farklı görüşler bulunmaktadır [69, 74]. Bazı araştırmacılar bakteri metabolitlerine karşı bir bariyer görevi gördüğünü ve dentin

tübülleri içerisine bakteri invazyonunu engellediğini bildirmişlerdir [75, 76]. Bazı araştırmacılar ise bakterilerin üremesi için uygun ortam oluşturması, dentin tübüllerine bakteri geçişine izin vermesi ve uygulanan irrigasyon solüsyonunun etkinliğini azaltması nedeniyle kaldırılması gerektiğini savunmuşlardır [68, 74, 77, 78].

Pashley ve ark. [79] restoratif işlemler sırasında meydana gelen smear tabakasının koruyucu bir tabaka olarak görev yaptığını ve smear tabakasının kaldırılmasının dentin geçirgenliğini arttırabileceğini bildirmişlerdir. Ancak Nissan ve ark. [78] kanal içi mikroorganizma florasının smear tabakasına penetre olabileceğini bildirmişler ve bu tabakanın mikroorganizmalara karşı etkili bir bariyer olmadığını bu nedenle kaldırılması gerektiğini savunmuşlardır.

Yang ve Bae [77] kök kanal tedavisi süresince oluşan smear tabakasının kök kanalının bakteriyel kolonizasyonunu arttırabileceğini göstermişlerdir. Williams ve Goldman [80] ise smear tabakasının bakteriler için tam bir bariyer olmadığını bu tabakanın mikroorganizmaların dentin tübülleri boyunca ilerlemesini yavaşlattığını ancak tam olarak engellemediğini bildirmişlerdir.

Yapılan bazı araştırmalarda bakterilerin smear tabakasında çoğaldığı ve dentin kanallarına invaze olduğu bildirilmiştir. Aynı zamanda smear tabakası varlığında dentin tübüllerinin girişinin tıklandığı, kök kanalına uygulanan irrigasyon ajanları ve dentin tübüllerinin içinde bulunan mikroorganizmalar arasındaki temasın önlendiği ve bu nedenle irrigasyon ajanların etkinliğinin azaldığı ifade edilmiştir. Smear tabakasının uzaklaştırılması ile irrigasyon solüsyonunun dentin tübülleri içinde daha derine penetre olarak dentindeki bakteri ve endotoksinleri uzaklaştırmasının kolay olacağı bildirilmiştir [81, 82].

Orstavik ve Haapasalo [83] smear tabakasının kaldırılması ile kanal içi antimikrobiyal ajanların dezenfeksiyon etkisini sağlamak için gereken sürenin kısaldığını bildirmiştir. Bystrom ve Sundqvist [82] smear tabakasının, kanal içine uygulanan antimikrobiyal ajanların dentin tübülleri içindeki mikroorganizmalara etkisini geciktirdiğini hatta engellediğini bildirmişlerdir.

Endodontik tedavinin başarısında önemli faktörlerden biri de kanal dolum materyallerinin dentin duvarlarına adaptasyonudur. Smear tabakasının olmadığı dentin yüzeyi

ile kanal dolgusu arasında adaptasyonun daha iyi olduğunu bildiren çalışmalar bulunmaktadır [84, 85].

Smear tabakası kullanılan kanal içi ilaçların, kanal dolum patlarını ve dolgu maddelerinin dentine direkt temasını engeller. Bu nedenle smear tabakasının kaldırılması bu maddelerin dentin duvarı ile temas yüzeyini arttıracığından tutuculuk ve adaptasyonun daha sağlam olmasını sağlar ve kanal içine olan sızıntı ihtimali azalır. Smear tabakasının kaldırılması ile kök kanal patının dentin tübülleri içerisine mekaniksel bağlantısı, adezyonu ve tıkaçlanan yüzey alanı artar [86].

Kennedy ve ark. [84] çekilmiş dişler üzerinde smear tabakasının kaldırılmasının apikal sızıntı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Smear tabakasını uzaklaştırarak güta perka ile dolum yapılan kanallarda, smear tabakası uzaklaştırılmadan dolum yapılan kanallara göre daha az sızıntı meydana geldiğini belirtmişlerdir. Shahravan ve ark. [87] yapılış metotlarına göre inceledikleri 1975 ve 2005 yılları arasında yapılan sızdırma çalışmalarında; kök kanal dolum tipine, kök kanal patının tipine veya uygulanan dolum yöntemine bağlı olmaksızın, smear tabakasının kaldırılmasının apikal ve koronal yönde mikrosızıntıyı azalttığını gözlemlemişlerdir.

Sonuç olarak; smear tabakasının bakteri, bakteri ürünleri ve nekrotik doku içerdiği [77, 78], bakteriler için substrat görevi gördüğü ve bu tabakada çoğalan bakterilerin dentin tübülleriye penetre olabileceği [80-82, 88], antimikrobiyal ajanların dentin tübülleriye penetrasyonunu sınırladığı [81-83], kanal dolum materyalleri ve kök kanal duvarları arasında bariyer görevi görerek hermetik kanal dolumuna engel olduğu görüşü kabul edilmiştir [84-87]. Bu nedenle enfekte dişlerde kanal içi medikamentlerin dentin tübülleriye penetrasyonunun ve kanal içi dezenfeksiyonun sağlanabilmesi amacıyla smear tabakasının uzaklaştırılması gereklidir. Mekanik preparasyon sırasında her alet değişiminde sık sık nekrotik materyali çözücü ve antimikrobiyal özelliklere sahip solüsyonlarla yıkanmalıdır. [67, 69].

2.6 Kök Kanal Tedavisinde Sodyum Hipoklorit'in (NaOCl) Yeri

Endodontik tedavide en yaygın olarak kullanılan ve önerilen irrigasyon solüsyonu sodyum hipoklorittir (NaOCl). Antibakteriyel özelliği, nekrotik ve vital dokuyu çözme kapasitesi, endotoksinleri inaktive edebilmesi, lubrikasyon özelliği, ucuz ve kolay saklanabilir

olması gibi birçok avantaja sahip olması sodyum hipokloriti en çok tercih edilen irrigasyon solüsyonu yapmıştır. Kök kanal tedavisi sırasında %0.5 ile %5.25 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılmaktadır [8, 9, 41].

Literatürlerde NaOCl'nin hangi konsantrasyonda daha etkin bir antimikrobiyal etki gösterdiğine ilişkin çeşitli görüşler bulunmaktadır. Bazı çalışmalar NaOCl'nin seyreltilmesinde etkisinin belirgin olarak azaldığını ileri sürerken, %0.5 ile %5'lik konsantrasyonu arasında antimikrobiyal etkinlik açısından fark olmadığını savunan çalışmalar da mevcuttur [48, 63].

Sodyum hipoklorit direk temas ettiği birçok bakteriyi öldürmektedir. Ayrıca dentinin temel organik bileşenleri, pulpa artıkları ve kollejenleri etkili bir şekilde çözebilmektedir. Etkisini hücre proteinlerini oksitleyerek ve hidrolize ederek gösterir ve hipertonicliği nedeniyle ozmotik olarak hücrelerin sıvılarını çeker. Kullanılan irrigasyon ajanları içinde nekrotik ve vital dokuları çözen tek solüsyondur [82, 89].

Yeşilsoy ve ark. [90] %0.5, %2.5 ve %5.25'lik konsantrasyonlardaki NaOCl'in *Prevotella*, *Porphyromonas*, *Streptococcus* ve *Peptostreptococcus* türleri üzerinde etkisini değerlendirmişler ve sadece %5.25'lik solüsyonun tüm bakteriler üzerinde etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Radcliffe ve ark. [9] farklı konsantrasyonlardaki NaOCl'nin *Actinomyces*, *Candida* ve *E.faecalis* türleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için yaptıkları çalışmada, NaOCl'nin tüm konsantrasyonlarda *Actinomyces* ve *Candida* üzerinde 10 saniyenin altında etkili olurken; *E.faecalis* üzerinde %0.5'lik solüsyonun 30 dakikada, %1'lik solüsyonun 10 dakikada %2.5'lik solüsyonun 5 dakikada, %5.25'lik solüsyonun ise 2 dakikada etkili olabildiğini göstermişlerdir.

Berber ve ark. [91] %0.5, %2.5 ve %5.25'lik konsantrasyonda NaOCl'nin el aletleri ve döner aletler ile birlikte uygulanmasının *E. faecalis* üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmada, %5.25'lik solüsyonun daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Kullanılan preparasyon tekniğinden bağımsız olarak; dentin tübüllerinde tam bir dezenfeksiyon sağlanabilmesi için NaOCl'nin yüksek konsantrasyonlarda kullanılması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Siqueira ve ark. [92] mekanik preparasyon ve farklı konsantrasyonlardaki NaOCl'nin bakteriyel azalma üzerindeki etkisini *in vitro* olarak incelemişlerdir. Kullanılan %1, %2.5 ve %5.25'lik konsantrasyonlardaki solüsyonların hepsinin bakteriyel azalmaya neden olduğu ancak %5.25'lik NaOCl'nin daha başarılı olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar düşük konsantrasyonlardaki NaOCl'nin antibakteriyel etkinliğini arttırmak için, daha fazla miktarda solüsyonun kullanılması ve sık irrigasyon yapılması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Her ne kadar sodyum hipoklorit kök kanal tedavisi sırasında en çok kullanılan antimikrobiyal ajan olsa da sitotoksik özelliğine bağlı olarak vital tüm dokulara zarar vermektedir. %5.25'lik NaOCl'nin insan fibroblastlarına ve lenfositlerine karşı toksik olduğunu bildiren çalışmalar mevcuttur. Ayrıca yüksek konsantrasyonlarda kullanılan NaOCl'nin endotel hücrelerinde hasar yarattığı, nötrofil migrasyonuna engel olduğu, submukozal hemorajiler oluşturduğu ve kolajende bazofilik dejenerasyonlar meydana getirdiği bildirilmiştir [79].

%5.25'lik NaOCl solüsyonu ile yapılan tedavilerde kazara periapikal dokulara taşması ya da yutulması durumunda şiddetli irritasyonlar rapor edilmiştir. Kök kanal irrigasyonu sırasında solüsyonun hastanın ya da hekimin gözüne sıçraması, apikal foramenden taşması sonucu amfizem gelişmesi ve alerjik reaksiyonlar oluşturması gibi çeşitli kazalar da literatürde yer almaktadır [10].

NaOCl kazalarını en az indirmek için, irrigasyon iğnesi çalışma boyundan kısa yerleştirilmeli ve kanal içinde sıkışmamasına özen gösterilmelidir. Solüsyon kanal içine yavaş bir şekilde verilmeli ve bu sırada irrigasyon iğnesi kanal içerisinde hareket ettirilmelidir. Bunların yanında sadece ucundan değil, yanlardan da irrigasyon sağlayan endodontik enjektörlerin kullanımı da daha kontrollü bir çalışma sağlayarak solüsyonun periapikal dokulara taşmasını engelleyebilir. Düşük konsantrasyonlardaki NaOCl solüsyonların kullanımı da toksisiteyi azaltarak NaOCl'nin olumsuz etkilerinden korunmayı sağlayabilir. Ancak solüsyonun konsantrasyonundaki azalma antibakteriyel etkinliğini ve dokuları çözme yeteneğini de azaltmaktadır [93].

NaOCl güçlü bir organik doku çözücü olduğu ve mekanik preparasyon sonucu ortaya çıkan debrisini uzaklaştırabildiği halde eğeleme sırasında kanal duvarında oluşan smear tabakasını uzaklaştırıpamadığı yapılan çalışmalarla gösterilmiştir [11]. Lester ve Boyde [94]

örneklerin %5'lik NaOCl içinde 3 gün bekletilmesinin bile smear tabakasını uzaklaştırmada yetersiz kaldığını belirtmişlerdir.

NaOCl'nin doku çözücü etkisinin, solüsyonların konsantrasyonuna, pH'ına, hacmine, ısısına, sürekli yenilenmesine, ultrasonikler ile aktivasyonuna, organik doku miktarına, doku tipine ve dokuların solüsyona maruz kalma süresine bağlı olduğu gösterilmiştir [41].

Farklı konsantrasyonlarda NaOCl'nin kanal içine enjektör veya ultrasonik cihazlar ile gönderilmesinin debris kaldırmadaki etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada ise; konsantrasyon veya irriagasyon şekline bakılmaksızın preparasyon yapılan bölgelerde açılmış dentin tübüleri ile birlikte smear tabakası da görülmüştür. Preparasyon yapılmayan bölgelerde ise pulpa artıklarını ve debrisini kaldırmada %5.25'lik, %2.5'lik ve %1'lik NaOCl başarılı bulunmuştur [95].

Başta NaOCl olmak üzere günümüzde sıklıkla kullanılan irriagasyon ajanlarının sınırlı antibakteriyel etkinliğe sahip olduğu ve dentin tübüleri içerisine yeterince nüfuz edemediği belirtilmiştir. Patojen mikroorganizmalar kök dentininde 1 mm'den fazla derinliğe penetre olurken, antimikrobiyal ajanlar sadece 100 µm derinliğe ulaşabilmektedir. Bu nedenle tam bir kök kanal dezenfeksiyonu için, yeni yöntemler geliştirilerek, bu ajanların penetrasyon derinliğinin artırılması gerektiği vurgulanmıştır. [12, 96].

Diş hekimliği araştırmalarındaki en son yenilikler, lazer teknolojilerinin kök kanal sistemi içerisindeki mikroorganizma sayısını azaltmak, smear tabakasını kaldırmak ve kök kanal patlarının adhezyonunu arttırmak için kullanılabilecek yardımcı bir yöntem olduğunu göstermektedir [13].

2.7 Lazer Hakkında Genel Bilgiler ve Diş Hekimliğinde Lazer Uygulamaları

Kelime olarak lazer "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" kelimelerinin baş harflerinden oluşur ve " uyarılmış ışınım ile ışığın yükseltilmesi" anlamına gelmektedir [14].

İlk lazer 1960 yılında Theodor Maiman tarafından yakut kristalinden üretilmiştir. Yakut lazer diş hekimliğinde ilk kez Goldman ve ark. [97] ile Stern ve Sogannaes [98] tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Araştırmacılar lazeri yüzey demineralizasyonuna olan etkisini incelemek amacıyla mine yüzeyinde kullanmışlar ve çalışmanın sonucunda yüzey

geçirgenliğinde ve asit demineralizasyonunda azalma gözlemlenmişlerdir. Çürüklü mine üzerinde yakut lazeri kullanan Gordon [99], sağlam minenin koyu renkli çürük içeren mineye oranla lazer enerjisini daha fazla absorbe ettiğini gözlemlenmiştir. Vahl [100], yakut lazer ile çürük temizlerken dentinde erime olduğunu bildirmiştir. Kantola [101], karbondioksit (CO₂) lazer kullanarak yaptığı çalışmada, diş sert dokularının lazer ile kesilmesi sonucu yüksek ısı açığa çıktığını bildirmiştir. Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda lazerle sert doku uygulamalarına ara verilmiştir.

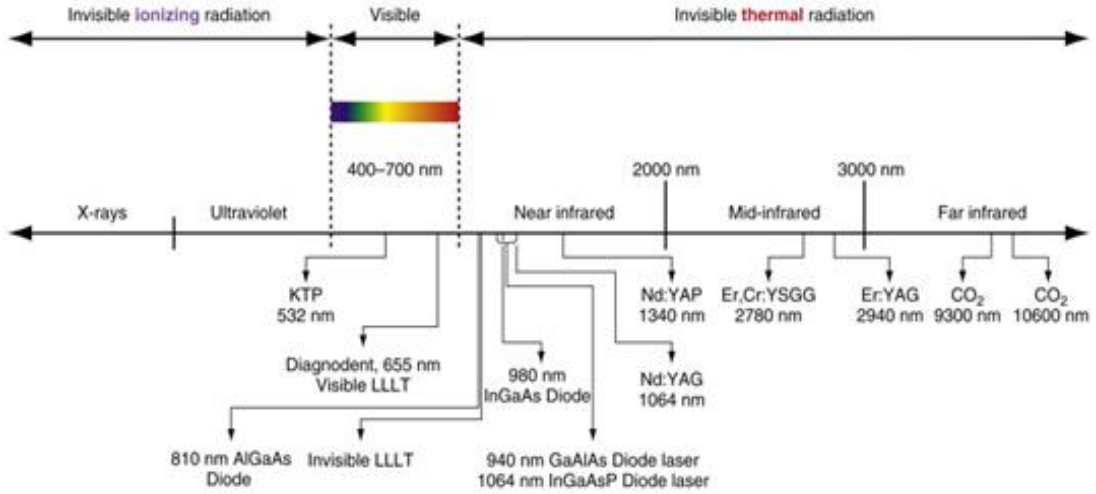
1970'lerin ortalarına doğru lazerler tıpta yumuşak doku operasyonlarında, 1980'lerin başlarında ise ağız diş ve çene cerrahisinde kullanılmaya başlanmıştır. CO₂ lazerlerin yumuşak doku cerrahisindeki klinik başarıları yapılan çalışmalar ile gösterilmiştir [102].

Endodonti alanında ilk lazer kullanımı 1971 yılında Weichman ve Johnson [103] tarafından bildirilmiştir. Araştırmacılar karbondioksit lazer ile apikal forameni kapatmayı denemişler ancak başarılı olamamışlardır. 1972 yılında Weichman ve ark. [104] bu sefer Nd:YAG lazer ile aynı çalışmayı yapmışlar ve dentin dokusu ile lazer etkileşimi hakkında daha çok bilgi edinmişlerdir. Lazerlerin kök kanal dezenfeksiyonunda kullanım alanı bulması ise fiber optik sistemlerin gelişmesiyle gündeme gelmiştir [14].

1988 yılından itibaren Erbiyum lazerler diş sert dokularında kullanılmaya başlanmış, su soğutması altında ve uygun koşullarda diş sert dokularında güvenle kesme işlemi yapılabileceği bildirilmiştir. Yapılan çalışmalar doğrultusunda lazer teknolojisi giderek gelişmiş ve kullanımı yaygınlık kazanmıştır [14, 105].

2.8 Lazer Işığının Özellikleri

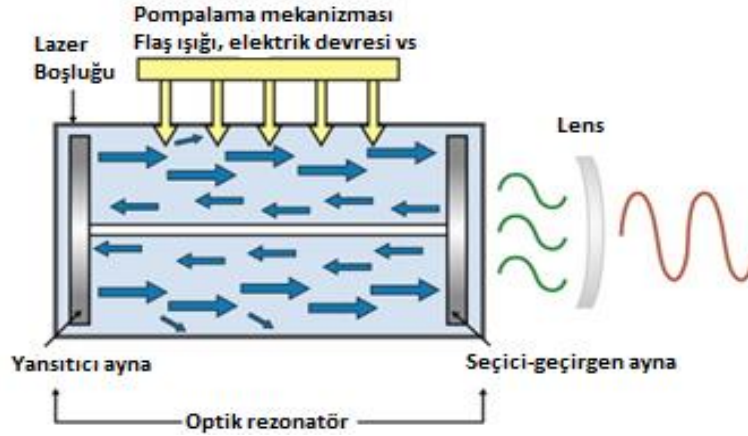
Lazer cihazı elektromanyetik enerjinin spesifik bir formu olan ışık dalgaları oluşturur. Elektromanyetik spektrum dalga boyu 1×10^2 m olan gama ışınları ile dalga boyu binlerce metreyi bulan radyo dalgaları arasında kalan tüm dalga enerjilerini kapsar (Şekil 3). Diş hekimliğinde kullanılan lazerler radyoaktif ya da karsinojenik etkisi olmayan, elektromanyetik spekturumun görülebilir veya görülemeyen termal radyasyon bölgesinde kalan, 500 ile 10,600 nm arasında değişen dalga boyu ile yayınım yapan cihazlardır [14, 105].



Şekil 3. Elektromanyetik spektrumun iyonize, görülebilir ve non iyonize radyasyon bölümünü içeren kısmı [105]

Lazer teknolojisinin temeli uyarılmış fotonların yayılması esasına dayanır. Lazer cihazının merkezi lazer boşluğu olarak adlandırılır (Şekil 4). Lazer boşluğu üç komponentten meydana gelmektedir [105, 106] :

1. Aktif ortam
2. Enerji pompalama mekanizması
3. Optik rezonatör.



Şekil 4. Lazer boşluğu [105]

Aktif ortam; katı, sıvı veya gaz halde bulunan kimyasal elementler, moleküller veya bileşenlerden oluşmaktadır. Lazer cihazları içinde bulunan bu maddeye göre isimlendirilir. Enerjinin atoma ne şekilde pompalanacağı, lazerde bulunan bu maddeye bağlıdır. Lazer ortamı aynı zamanda lazer ışınının dalga boyunu da belirler. Örneğin; kırmızı yakut lazer,

kırmızı lazer ışını üretirken, değerli bir gaz olan Argon ile çalışan lazerler, morötesi ya da kızıl ötesi ışınlar üretirler [105, 107]

Lazer cihazlarında aktif ortamı çevreleyen bir enerji kaynağı bulunur. Enerji kaynağı olarak kuvvetli flaş ışığı, elektiriksel devreler veya bobinler gibi enerji kaynakları kullanılır. Pompalama devresi aracılığıyla enerji kaynağından aktif ortama yüksek enerji pompalanır. Aktif ortamdaki atomların düşük enerjili yörüngelerinde bulunan elektronlar tarafından bu enerji absorbe edilir ve elektronlar daha yüksek enerjili yörüngelere geçerek kararsız bir yapı oluştururlar. Atomlar tekrar kararlı hale dönerken foton denilen radyant enerji yayarlar [105, 108].

Lazer boşluğu, biri boşluğun başında (%100 yansıtıcı ayna), biri sonunda (%85-90 yansıtıcı) olmak üzere birbirine paralel iki ayna ile tamamlanır. Bu aynalar optik rezonatör olarak görev görür ve foton dalgalarını ileri-geri ve birbirine paralel olacak şekilde yansıtarak aktif ortamdaki diğer atomları uyarır, yeni uyarılmalar meydana getirerek oluşan ışını güçlendirir. Güçlenmiş olan lazer ışını kısmen yansıtıcı olan aynadan geçerek etki yerine ulaşır [105, 106].

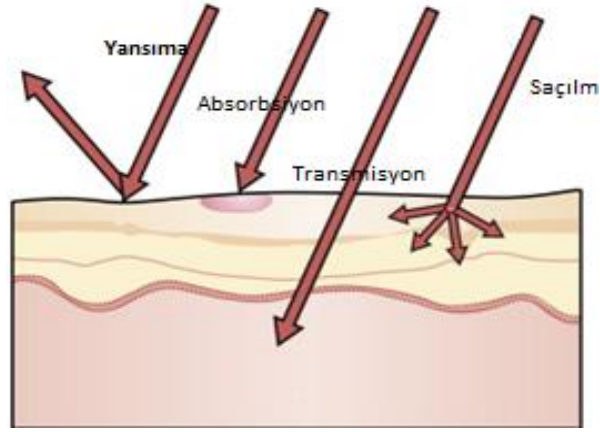
Lazer ışığının normal ışıktan farklı üç temel özelliği vardır [105, 107] :

1. Tek renk ve dalga boyuna sahiptir. (monokromasi)
2. Açığa çıkan fotonların hepsi uyumludur, aynı fazdadır, aynı boyut ve şekildedir. (koherens)
3. Lazer ışını doğrusaldır ve ışını oluşturan dalgalar birbirine paralel seyrederek. (kolimasyon).

Bu özellikleri nedeniyle lazer ışığı normal ışıktan ayrılır ve çok hassas işlemlerde kullanılabilir [107].

2.9 Lazer - Doku Etkileşimi

Dokunun optik özelliklerine bağlı olarak, lazer ışığının hedef dokuda meydana getirebileceği dört olay vardır [105, 106, 109] (Şekil 5):

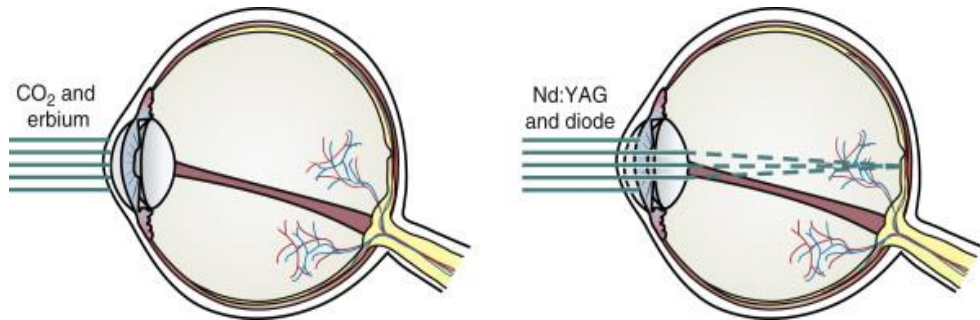


Şekil 5. Lazer doku etkileşimi [105]

a) Yansıma: Basit olarak lazer ışığının hedef dokuda hiçbir etki meydana getirmeden doku yüzeyinden yansımastır. Yansıyan ışık kolimasyonunu daha dar açılı veya daha yoğun bir ışık demeti olarak devam ettirebilir ve gözler gibi hedefte olmayan dokulara ulaşarak zarar verebilir. Örneğin Diode lazer ışığı implant yüzeyinden yansır. Bu nedenle lazer cihazlarıyla çalışırken yansıyan ışıktan korunmak için gerekli önlemlerin alınması gereklidir [105, 109].

b) Absorbsiyon: Lazer ışığının doku tarafından emilmesidir. Hedef dokuda istenilen etki genellikle bu şekilde elde edilir. Doku tarafından absorbe edilen enerji dokunun pigmentasyonu, su içeriği gibi karakteristik özelliklerine ve lazerin dalga boyuna bağlıdır [105].

c) Transmisyon: Lazer ışığının hedef dokuda etki yaratmadan dokunun içinden geçmesidir. Bu etki genellikle lazer ışığın dalga boyuna bağlıdır. Örneğin Nd:YAG ve Diode lazerlerin dalga boyları su için transparandır yani suda emilmezler. Su içeriği yüksek olan göz gibi dokularda sklera, lens, iris, kornea, camısı ve aköz ortamları emilim olmadan geçerek retina ulaşır ve etkilerini gösterirler [106] (Şekil 6).



Şekil 6. Lazer doku etkileşimi-Transmisyon [105]

d) Saçılma: Lazer ışığının doku içinde dağılmasıdır. Saçılmaya uğrayan lazer ışığı enerjisini kaybederek hedef dokuda istenilenden daha az miktarda enerji emilmesine neden olur. Aynı zamanda saçılan fotonlar operasyon bölgesine komşu çevre dokularda ısı artışına yol açarak istenmeyen hasarlar meydana getirebilir. Ancak farklı yönlere saçılan ışın eğer lazer kompozit rezinleri sertleştirmek gibi bir amaçla kullanılıyorsa faydalı olabilir [105, 109].

Dental lazerlerin kullanımı sonucu meydana gelebilecek fotobiyolojik etkiler

a) Fototermal etki: En temel lazer doku etkileşimi lazer enerjisinin dokuyu ısıtması sonucu meydana gelen fototermal etkilerdir. Işığın çapı (spot boyutu), enerjisi, uygulama zamanı gibi çeşitli parametlerin değiştirilmesiyle dokuda üç farklı fototermal etki meydana gelebilir; *insizyon/eksizyon*, *ablasyon/vaporizasyon* (dokuyu buharlaştırma), *hemostaz/koagülasyon* [110, 111]. Doku sıcaklığına bağlı olarak meydana gelmesi beklenen etkiler tabloda gösterilmiştir [112] (Tablo 1).

Tablo 1. Lazer enerjisinin meydana getirdiği sıcaklık artışına göre hedef dokuda görülmesi beklenen etkiler [113]

Beklenen fototermal etki	Doku sıcaklığı C°
Hipertermi, bakteriye inaktivasyon	37-50
Koagülasyon, protein denatürasyonu	>60
Dokunun kaynaması	70-90
Buharlaşma	700-150
Karbonizasyon	<200

b) Fotokimyasal etki: Fotokimyasal etki lazerlerin kimyasal reaksiyonları stimüle etmek amacıyla kullanılması sonucu oluşur. Lazerin fotokimyasal etkilerine kompozit rezinlerin sertleştirilmesinde Argon lazer kullanılması, fotosensitif ajanlar kullanılarak, lazer enerjisi ile serbest oksijen radikali oluşturulması ve bu etki ile kök kanallarının veya periodontal ceplerin dezenfeksiyonunun sağlanması örnek olarak gösterilebilir [110].

c) Floresans etki: Bazı biyolojik pigmentler belirli dalga boyundaki lazer ışığını absorbe ederek floresans özellik kazanır. Bu özellik diş hekimliğinde çürük teşhisinde kullanılmaktadır [105].

d) Biyostimülasyon etki: Lazerler, düşük düzeyli lazer terapi olarak bilinen iyileşmeyi hızlandırma, ağrıyı azaltma, kollajen büyümesini uyarma ve antiinflamatuvar etkiler elde etmek için kullanılmaktadır [106].

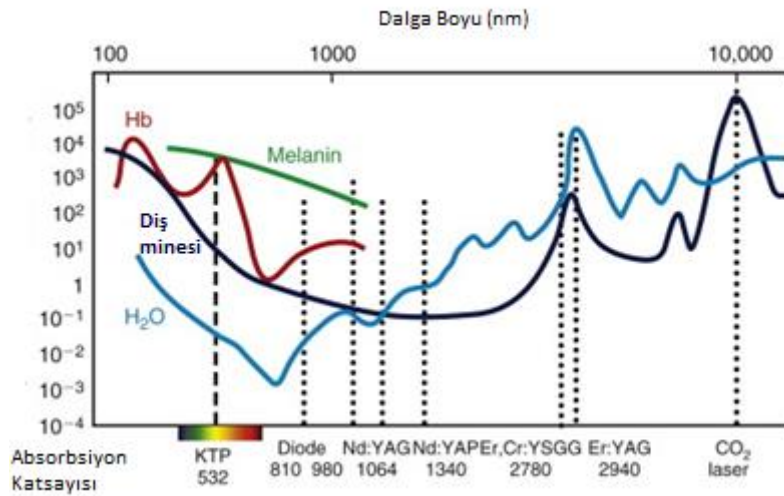
e) Fotoakustik etki: Lazer atımı sert dental dokularda ve kemiksi dokularda şok dalgası meydana getirebilmektedir. Bu etkiye bağlı olarak dokuda parçalanma oluşmaktadır [105].

2.9.1 Lazer - doku etkileşimini belirleyen faktörler

Lazer cihazlarının her dokuda meydana getireceği etki aynı değildir. Lazer cihazı ile doku etkileşimlerini belirleyen bazı faktörler bulunmaktadır [105, 110, 113, 114]:

a) Hedef dokunun özelliği: Dokunun içerdiği su miktarı, rengi, kimyasal içeriği gibi özellikleri, o dokuya etki edecek lazerin dalga boyunun belirlenmesi açısından önemlidir. Örneğin Diode ve Nd:YAG lazerler yüksek oranda hemoglobin ve melanin pigmentlerini içeren dokular tarafından absorbe edilirken, Erbiyum lazerler su içeriği yüksek olan dokular tarafından absorbe edilir [113] (Şekil 7).

b) Spotun çapı ya da büyüklüğü: Lazer ışığı spot adı verilen lensler ile odaklanarak dokuya aktarılır. Spotun büyüklüğü ya da çapı dokuya uygulanan enerji yoğunluğunu değiştirmektedir. Örneğin aynı çıkış gücüne sahip 200 µm çaplı spot, 300 µm çaplı spota göre dokuya daha yoğun enerji aktarır ve dokuda daha fazla ısınmaya neden olur [105].



Şekil 7. Lazerlerin dalga boyuna göre bazı moleküllerdeki ve diş minesindeki absorpsiyon miktarı [105]

c) **Lazer ışığının dokuya uygulanma süresi:** Hedef dokuya zarar vermeden dokuda kontrollü bir ısı artışı sağlanabilmesi için lazer ışığının dokuya uygulandığı toplam süre önemlidir. Bu süre Hertz (Hz) cinsinden ifade edilen saniyedeki atım sayısı ve lazer ucuna verilen hareket ile belirlenir. Lazer ucu dokuda hızlı bir şekilde hareket ettirildiğinde, ışığın doku tarafından absorpsiyonu daha az olurken, lazer ucunu yavaş bir şekilde hareket ettirmek absorpsiyonu arttıracığından dokuda meydana gelecek termal hasar daha fazla olmaktadır [113].

d) **Hava su spreyinin kullanılması:** Lazer uygulaması sırasında hava su spreyinin kullanılması hedef dokuyu soğutur ve fazla ısınmayı önler [110, 114].

2.10 Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler

Lazerler, hem yumuşak dokuda hem de diş ve kemik gibi sert dokularda etkili olması, dokuya doğrudan temas etmemesi, titreşime neden olmaması, kanama ya da ağrı olmadan hızlı ve etkili tedavi olanağı sunması nedeniyle diş hekimliğinin birçok alanında kullanılmaktadır. Lazerler tek başına bir tedavi aracı olabileceği gibi geleneksel yöntemlere yardımcı olarak da kullanılabilir. Diş hekimliğinde en çok kullanılan lazerler Argon, Karbondioksit (CO₂), Neodymium: Yttrium-Aluminum-Garnet (Nd:YAG), Diode ve Erbiyum lazerlerdir [14].

2.10.1 Argon lazerler

Argon lazerler, aktif maddesi argon gazı olan ve 514 nm dalga boyuna sahip lazerlerdir. 1991 yılında FDA tarafından diş hekimliğinde periodontal tedavide kullanımı onaylanmıştır. Hemoglobin ve melanin tarafından absorbe edildiğinden akut inflamuar periodontal hastalıklarda, hemanjiyomlarda ve *Prevotella-Porphromonas* gibi pigmentli bakterilerin eliminasyonunda kullanılabilir. Mine ve dentin dokusu tarafından absorpsiyonu az olduğundan işlem sırasında diş dokusuna zarar vermez. Beyazlatma amacıyla CO₂ lazerlerin yerine kullanımı önerilmiştir [15, 115]

2.10.2 Karbondioksit (CO₂) Lazerler

Karbondioksit lazerler 10.600 nm dalga boyuna sahip lazerlerdir. Kollajen, hidroksiapatit ve su molekülleri tarafından yüksek oranda absorbe edilirler. CO₂ lazerler yumuşak dokuları hızlı ve etkili kesme etkinlikleri nedeniyle cerrahi operasyonlarda sıklıkla

kullanılmaktadır. Aynı zamanda bakterisidal, hemostatik ve yara iyileşmesini hızlandırıcı etkileri de bulunmaktadır. Güçlü hemostatik etkisi sayesinde operasyon alanında iyi bir görüş sağlar. İmplant çevresinde güvenle kullanılabilirdiğinden periimplantitis ve mukozitis tedavisinde CO₂ lazerler tercih edilmektedir [15]. Ancak CO₂ lazerlerin penetrasyon derinliği fazla olmadığı için dokuda ısı artışına ve termal hasara neden olabilmektedir. CO₂ lazerler kök kanallarının dezenfeksiyonu açısından yeterli etkinliğe sahip değildir [13]. Beyazlatma amacıyla kullanılabilse de hassasiyete yol açtığı için tercih edilmemektedir [115].

2.10.3 Nd: YAG Lazerler

Nd:YAG lazerler 1064 nm dalga boylu lazerlerdir. Nd:YAG lazer ilk kez periodontal operasyonlarda kullanılsa da ince fiber optik uçların piyasa sürülmesiyle birlikte kök kanallarının şekillendirilmesi ve dezenfeksiyonunda da kullanılmaya başlanmıştır [14].

Nd:YAG lazerlerin su ve hidroksiapatitteki absorpsiyonu iyi değildir. Hemoglobin ve melanin gibi pigmente dokular tarafından yüksek oranda absorbe edilirler. Koagülasyon ve hemostazisin sağlanmasında etkilidirler. Penetrasyon derinliği uygulanan dokunun tipine göre değişiklik gösterse de ağız dokularında 4 mm'ye kadar penetre olabildiği bildirilmiştir [14].

Nd:YAG lazerler fiber optik kablolar ile kök kanalı içine uygulanabilmektedir. Pigmente bakteriler üzerindeki bakterisit etkinliği, derin dentin tabakaları ve dentin tübüllerine penetre olabilmesi nedeni ile kök kanal dezenfeksiyonunda kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar ile kök kanallarının şekillendirilmesi sonucu oluşan debris ve smear tabakasını uzaklaştırmada etkili olduğu gösterilmiştir [116].

Nd:YAG lazerler; dentin hassasiyetinin giderilmesinde ve yumuşak doku cerrahisinde özellikle pigmente dokularda etkinliği, anesteziye ihtiyaç duyulmaması ve operasyon sonrası yara iyileşmesinin hızlı olması nedeniyle kullanılmaktadır [14, 15].

2.10.4 Diode Lazerler

Diode lazerler 810, 940, 980 ve 1064 nm dalga boylarında üretilebilen lazerlerdir. Tüm dalga boyları yumuşak dokudaki hemoglobin ve melanin pigmentleri tarafından absorbe edilir. Diş dokularında absorpsiyonu az olduğundan yumuşak doku cerrahisinde güvenle kullanılabilir [15].

Diode lazerler dokuda ısı artışına yol açarak dokuyu buharlaştırır ve dokudaki kesme etkisini bu şekilde sağlar. Diode lazerler farklı operasyon modlarında hedef dokuya uygulanabilmektedir. Devamlı operasyon modunda lazer enerjisi sabit ve sürekli olarak yayılır. Hedef dokuda hızlı ve yüksek ısı artışına neden olabileceğinden bu modda düşük ayarlarda kısa süreli uygulamalar yapılmalıdır. Atımlı modda lazer enerjisi sabit fakat kesintili ya da belirli aralıklarla darbeli olarak yayılır. Bu modda daha yüksek ayarlarda ve uzun sürelerde çalışılabilmektedir. Bazı diode lazerlerde atım süresi ayarlanabilmekte bu şekilde hedef dokuda termal hasar oluşturmadan yüksek güçlerde kısa süreli uygulamalar yapılabilmektedir. [113, 117].

Diode lazerler diş hekimliğinde Nd:YAG lazerler ile benzer kullanım alanlarına sahiptir. Nd:YAG lazerlere göre penetrasyon derinliği daha az olduğundan dokuda termal hasar meydana getirme ihtimali daha azdır ve kontrollü çalışma imkanı sağlar. Ancak dokuyu kesme hızı Nd:YAG lazerlere göre daha yavaştır [118].

Diode lazerler antibakteriyal özellikleri nedeniyle kök kanal dezenfeksiyonunda kullanılabilir [13]. Abse insizyonu, diş eti ve mukoza kanamalarının durdurulması, sulkular debridman, frenektomi, periimplantitis gibi işlemler yumuşak doku cerrahisindeki kullanım alanlarıdır [15].

2.10.5 Erbiyum lazerler

Erbium lazerler su ve hidroksiapetit molekülleri tarafından yüksek oranda absorbe edilirler. FDA tarafından ilk olarak sert doku operasyonları için kullanımı onaylanmıştır. Erbiyum lazerler iki farklı dalga boyunda bulunur. [13, 119]:

- Erbiyum: Yttrium- Aluminium-Garnet (Er.YAG) Lazer - 2790 nm dalga boyu
- Erbiyum, Chromium: Yttrium-Scandium-Gallium-Garnet (Er,Cr:YSGG) Lazer - 2780 nm dalga boyu.

Erbium lazerler sert dokulardaki su moleküllerini buharlaştırarak ve hidroksiapetitte mikro patlamalar yaratarak doku yıkımı meydana getirmektedir. Bu şekilde dokuda ısı artışına ve kömürleşmeye neden olmadan dokuyu kaldırmaktadır. Kullanımı sırasında hedef dokuda ısı artışını ve dehidratasyonu önlemek amacıyla su spreyi ile birlikte kullanılması önerilmektedir [119].

Erbiyum lazerler yumuşak dokuları kaldırma etkisi gösterse de yumuşak doku cerrasihindeki kullanım alanları sınırlıdır. Damarlanması yüksek, kanamanın fazla olabileceği işlemlerde kullanılması uygun değildir. Hemostaz sağlamada diğer lazerler kadar başarılı bulunmamıştır [15].

Er:YAG lazerler

2940 nm dalga boyuna sahip lazerlerdir. Periodontal tedavide özellikle küretaj işlemleri için ilk seçenektir. Er:YAG lazerlerin atım sıklığı ve süresi ayarlanabilir. İnterradiküler bölgede etkin temizlik sağlar, enfekte yumuşak dokuları uzaklaştırır, kök ve kemik üzerinde ataşman oluşumu için uygun yüzey sağlar [15].

Çürük dokusunun uzaklaştırılması ve diş kesimi işlemleri Er:YAG lazer ile anesteziye yapılabilmektedir [120]. İmplantların üzerinin açılmasında kullanılabilir. Yara iyileşmesi hızlıdır ve operasyon alanında ağrı, şişlik ve enflamasyon CO₂ ve Diode lazerlere göre daha az gözlenir. Periimplantitis ve frenektomi gibi yumuşak doku operasyonlarında kullanılabilir [119].

Hidroksiapatit ve suda yüksek oranda absorbe edilmesi nedeniyle mikroorganizmalar üzerindeki etkisi sınırlıdır. Bu nedenle kök kanal dezenfeksiyonu için kullanıldığında bakterisit etkisi ana kanal ile sınırlı kalır. Ancak kök kanal şekillendirmesi sonucu oluşan debris ve smear tabakasını uzaklaştırabilir [16]. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda kök kanalları NaOCl ile dolu iken kanala Er:YAG lazer uygulanmasının kanal içinde akustik şok dalgaları yaratarak dezenfeksiyon sağladığı bildirilmektedir [121, 122].

Er,Cr:YSSG lazerler

2780 nm dalga boylu lazerlerdir. Bu cihazlar lazer ışığını ileten fiber kablo ve safir uç ile su buharı/hava karışımından oluşan soğutma sisteminden oluşmaktadır. Lazer enerjisi sert dokuların yapısında bulunan su ile etkileşime girmektedir. Aynı zamanda su spreyiyle doku yüzeyine gönderilen su damlacıklarında şiddetli patlamalar oluşturmaktadır. Bu etkileşim sayesinde hassas kesiler yapılabilmektedir [118]. Yapılan SEM analizlerinde Er,Cr:YSSG lazer ile yapılan diş preparasyonlarında frezle yapılan preparasyonlara göre dentin prizmalarında daha az hasar görülmüş, debris ve smear tabakasının ortadan kalktığı gözlemlenmiştir [123].

Er,Cr:YSGG lazerle yapılan doku kaldırma işlemlerinde lazer etkisinin 800°C’de gerçekleştiği gösterilmiştir. Dokuda termal hasar meydana gelmemesi için Er,Cr:YSGG lazer ile birlikte su spreynin kullanılması gerektiği bildirilmiştir. Ayrıca su moleküllerin sert dokuların kaldırılmasında başlatıcı olarak önemli rol oynadığı ifade edilmiştir [124].

2.11 Kök Kanal Dezenfeksiyonunda Lazer Kullanımı

Kök kanal dezenfeksiyonu amacıyla kullanılan irrigasyon solüsyonlarının ve kanal içi medikamanların dentin tübüllerine yeterince penetre olamadığı ve sınırlı bir antimikrobiyal spektruma sahip olduğunu bildirilmiştir. Bu nedenle lazerler kök kanal dezenfeksiyonunda kullanılabilir alternatif bir seçenek olarak gündeme gelmiştir [12].

Kök kanal dezenfeksiyonunda ilk olarak kullanılan lazerler Nd:YAG ve Diode lazerlerdir. Bu lazerlerin bakteriler üzerindeki etkilerinin iki şekilde olabileceği tahmin edilmektedir. Lazer ışığı bakterinin bağlandığı doku tarafından absorbe edilerek, açığa çıkan ısı mikrororganizmaların ölümüne yol açabilir. Ya da lazer ışığı bakteri tarafından absorbe edilir ve direkt bakteri hücrelerinde hasar meydana getirebilir [125].

Nd:YAG lazerlerin bakterisidal etkilerinden ilk olarak bahseden ve kök kanallarında dezenfeksiyon amacıyla kullanımını öneren araştırmacılar Midda ve Renton-Harper’dir. 1994 yılında Rooney ve ark. [126] yaptıkları *in vitro* çalışmada Nd:YAG lazerin farklı güçlerde ve ışık absorbe edici boya varlığında ve yokluğunda *E.faecalis* üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Boya olmaksızın 54 Joule ve üzeri enerji seviyelerinde, boya kullanılarak ise daha düşük enerji seviyelerinde bakteri sayısında 1000 kat veya daha fazla azalma olduğu bildirilmiştir.

Moritz ve ark. [127] Nd:YAG lazerin *E.faecalis* ve *Escheria coli* bakterileri ile enfekte edilmiş dentin üzerindeki dezenfeksiyon etkinliğini değerlendirmişler ve çalışmanın sonunda her iki bakteri türünde de azalma gözlemlemişlerdir. Moshonov ve ark. [128] Nd:YAG lazer ile NaOCl’ nin kanal dezenfeksiyonundaki etkilerini kıyaslamak amacıyla yaptığı çalışmada Nd:YAG lazer kullanılan gruplarda *E.faecalis* sayısında azalma gözlenirse de NaOCl’nin daha etkili olduğunu bildirmiştir. Piccolomini ve ark. [129] *Pseudomonas aeruginosa* ve *Actinomyces naeslundii* ile enfekte ettiği dişlerde yaptığı çalışmada buna benzer sonuçlar tespit etmiş ve %5.25’lik NaOCl’nin dezenfeksiyon etkisinin Nd:YAG lazere göre daha fazla olduğunu gözlemlemiştir.

Termal etkilerinin Nd:YAG lazerle göre daha az olması ve bakteriler üzerinde benzer etkiler göstermesi nedeniyle Diode lazerler kök kanalı dezenfeksiyon işlemlerinde kullanılmaya başlanmıştır [125]. 810 nm dalga boylu Diode lazer ile çekilmiş dişler üzerinde yapılan çalışmada, Diode lazerin dentin tübüleri içerisindeki *E.coli* ve *E.faecalis*'i elimine etmede başarılı olduğu gösterilmiştir [130]. Yapılan başka bir çalışmada 810 nm dalga boylu lazer 3 W güç ile devamlı modda ve 30 saniye boyunca *E.faecalis* ile enfekte edilmiş dentine uygulanmıştır. Çalışma sonucunda 500 mikronluk dentin kalınlığında %74 oranında bakteriyel azalma tespit edilmiştir [131]. Kaiwar ve ark. [132] 980 nm dalga boylu Diode lazerin *E.faecalis* üzerindeki antibakteriyel etkisini incelemiştir. 3 W güçte uygulanan lazerin, 1.5 W güçte uygulanan lazere göre daha fazla bakteri eliminasyonu sağladığını bildirmişlerdir. De Souza ve ark. [133] biyomekanik preparasyonu takiben 3 W güçte uyguladıkları 830 nm dalga boylu Diode lazerin antibakteriyel etkinliğini, %0.5'lik NaOCl'ye göre daha üstün bulmuşlardır.

Erbium lazerlerin antimikrobiyal etkinliğinin doku içeriğindeki su molekülleri tarafından absorbe edilerek dokunun buharlaşmasına neden olması ve buna bağlı olarak hücresel yıkım meydana getirmesine bağlı olduğu düşünülmektedir [125].

Perin ve ark. yaptıkları *in vitro* çalışmada Er:YAG lazer ile %1 NaOCl'nin 4 farklı mikroorganizma (*B.subtillus*, *E.faecalis*, *P.aeruginosa*, *S.aereus*) ve bir mantar (*C.albicans*) üzerindeki antibakteriyel etkinliklerini karşılaştırmışlardır. Kanal boyunda uygulanan Er:YAG lazer ve NaOCl ile 5 çeşit mikroorganizma üzerinde de tam bir eliminasyon sağlanmıştır. Ancak kök ucundan 3 mm daha kısa mesafeden yapılan uygulamalarda örneklerin ancak % 30'unda dezenfeksiyon sağlanabilmiştir [134]. Dostalova ve ark. *in vivo* olarak yaptıkları çalışmada Er:YAG lazerin kök kanallarındaki mikroorganizmaların tamamını elimine ettiğini ve uygun parametrelerde kullanıldığında kök kanal tedavisinde tek seansta anaerob mikroorganizmaları yok edebileceğini savunmuşlardır [135].

Schoop ve ark [18] Er,Cr:YSGG lazerin antibakteriyel etkinliğini iki bakteri türü üzerinde incelemişler ve lazer uygulaması ile kanal içi bakterilerin eliminasyonunu sağlamışlardır. Ayrıca yaptıkları SEM incelemelerinde Er,Cr:YSGG lazer uygulaması ile kanal içi debrisin kaldırıldığı ve dentin tübüllerinin açığa çıktığı da görülmektedir.

2.12 Lazerlerin Kullanıldığı Alternatif Dezenfeksiyon Yöntemleri

Lazer enerjisi kök kanalı dezenfeksiyonunda doğrudan kullanılabilmesi gibi irrigasyon solüsyonları veya ışığa duyarlı kimyasallar ile birlikte kullanılabilir. Işığa duyarlı kimyasalların düşük düzeyli lazer aktivasyonu ile açığa çıkan oksijen mikroorganizmaların ölümüne yol açmaktadır. Bu mekanizma “ışıkla aktive olan dezenfeksiyon (PAD) veya fotodinamik terapi olarak adlandırılmaktadır. Fotodinamik terapinin kök kanal enfeksiyonlarında sıkça görülen *F.nucleatum*, *P. Intermedia*, *P.micros* gibi bakterilerin yanı sıra inatçı enfeksiyonlarda rol oynayan *E.Faecalis* eliminasyonunda etkili olduğu bildirilmiştir [136, 137].

Lazerle aktive edilen irrigasyon, erbiyum lazerler ile yapılan ve irrigasyon solüsyonunu aktive eden bir metottur. Blanken ve ark. [138] 2007 yılında Er,Cr:YSGG lazer ile düz endodontik lazer ucunu kanal içerisinde kullandıkları çalışmada; lazer ışınının sekonder bir kaviteyi oluşturarak genişleme ve iç patlamalarla yıkama solüsyonlarının hareketine neden olduğunu belirtmişlerdir. Irrigasyon solüsyonunun lazer ile aktive edilmesiyle geniş eliptik buhar kabarcıkları oluşur. Buhar kabarcıklarının orijinal hacminden 1600 kat daha fazla genişlemesiyle basınç artar ve sıvı kanaldan taşar. Kabarcık 100 ile 200 mikrosaniye sonra büzüldüğünde ise basınç düşer ve sıvı kanal içerisine geri gelir. Bu şekilde lazer sıvı pompası olarak çalışır ve solüsyonun dentin tübüllerinde daha derine penetre olmasını sağlar. Böylece solüsyonun ulaşamadığı yan kanallar, apikal delta gibi bölgelerde de bakteriyel eliminasyon sağlanabilir [138, 139]. Yapılan çalışmalarda kök kanal dezenfeksiyonunda erbiyum lazerler tek başına kullanılsa da farklı konsantrasyonlarda NaOCl ile kıyaslandığında bakteriyel eliminasyonda NaOCl kadar etkili olmadığı görülmüştür. NaOCl solüsyonunun erbiyum lazerler ile aktive edilmesiyle ise daha başarılı antibakteriyel etkinlik elde edilmiştir [140, 141].

2.13 Lazerlerin Kök Kanal Duvarı Üzerine Etkileri

Lazer kullanımının kök kanal dentini üzerinde meydana getirdiği değişiklikler genellikle “scanning electron mikroskope” (SEM) ile görüntülenmektedir. Soares ve ark. [142] Er,Cr:YSGG lazerin süt dişlerinde kök kanal duvarlarını temizleme etkinliğini geleneksel ve döner aletler ile karşılaştırmışlardır. Hiçbir tekniğin kök kanallarını tamamen temizleyemediğini gözlemlemişlerdir. Er,Cr:YSGG lazerin smear kaldırma etkinliğinin döner

aletle yapılan preparasyona benzer, el aletleri ile yapılan preparasyondan ise daha üstün olduğunu bildirmişlerdir. Schoop ve ark. [18] ise Er,Cr:YSGG lazerin kanal duvarından debris ve smear tabakasını uzaklaştırıp dentin tübüllerini açabileceğini göstermişlerdir. Nd:YAG, CO₂ ve Argon lazerlerin enerji seviyesinin ve uygulama süresinin değiştirilerek debris ve smear tabakasını ortadan kaldırılabileceği bildirilmiştir [143]. Nd:YAG ve Argon lazerle ile karşılaştırıldığında, Er:YAG lazerler smear tabakasını kaldırmada en iyi performansı göstermiştir. Bu etki Er:YAG lazerin su ve hidroksiapatit molekülleri tarafından yüksek oranda absorbe edilmesine bağlanmıştır [144, 145].

Lazerler dentin yüzeyinde fissürler ve mikrodüzensizlikler meydana getirmektedir [146, 147]. Oluşan bu değişiklikler yüzey miktarını arttırmaktadır. Bu durumun kök kanal dolumunda kullanılan patların adhezyonuna olumlu etkide bulunacağı düşünülmekle birlikte bu konuda kesin bir yargıya varılamamıştır [147]. Alfredo ve ark. [148] 980 nm dalga boylu Diode lazer kullanarak yaptıkları çalışmada kök kanalında meydana gelen yüzeysel değişikliklerin AH-Plus patının dentine bağlanmasını arttırdığını göstermiştir. Kök kanal duvarlarının buharlaşması ve kömürleşmesi ise kanal dolumunda kullanılan materyaller ile kök kanal duvarı arasındaki ilişkiyi olumsuz etkilemektedir. Altundaşar ve ark. [149] yaptıkları SEM incelemesinde Er,Cr:YSGG lazerin kök kanallarında bazı bölgelerde erime, füzyon ve karbonizasyon oluşturduğunu gözlemlemişlerdir.

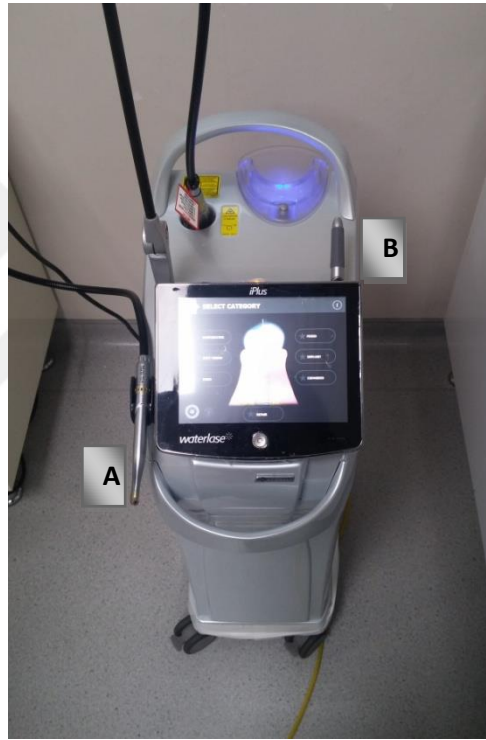
Lazer uygulaması sırasında ve sonrasında oluşan ısı artışı soğuma esnasında diş dokularında istenmeyen mikro çatlaklar oluşabilmektedir. Oluşan bu ısı artışı kullanılan lazerin tipine, moduna, uygulama süresine ve dalga boyuna bağlı olarak periodontal dokularda geri dönüşümsüz hasarlara yol açabilmektedir [150]. Geçmişte termovizyon kameraları, günümüzde ise kızıl ötesi termografik kameralar ile yapılan araştırmalarda ısı artışının, sadece kök kanal duvarları ile sınırlı kalmadığı ve kökün dış yüzeyinde de anlamlı değişiklikler yaptığı gösterilmiştir [151, 152]. Periodonsiyumda sıcaklığın 60°C'nin üzerine çıkması durumunda çevre dokulardaki kan akımı etkilenmekte ve kemikte nekroz görülmektedir. Vücut sıcaklığının 10°C üzerine, 1 dakikadan daha az bir süre çıkılmasının periodontal dokulara zarar vermeyeceği öne sürülmüş olsa bile Machida ve ark. [153] güvenli ısı artış miktarını 7°C olduğunu belirtmiş ve eşik değer olarak kabul edilmesini gerektiğini savunmuşlardır. Yapılan bu çalışmaların hepsi *in vitro* çalışmalardır. Havanın iletkenliği, dışı çevreleyen periodontal dokulardan daha fazla olduğu için *in vivo* koşullarda bu sonuçlardan

daha düşük ısı artışları olacağı tahmin edilse de gerekli önlemlerin alınması önemlidir. Oluşabilecek termal hasarın önüne geçmek için lazerlerin gücünün ve atım sıklığının düşürülmesi, lazer ucunun kanal içinde uzun süre sabit tutulmaması, su soğutması altında çalışılması ve termal yan etkisi daha az olan lazerlerin kullanılması önerilmektedir [151].



3 MATERYAL METOD

Çalışmamızda 2780 nm dalga boylu Er,Cr:YSGG lazerin, (Waterlase Iplus MD, Biolase Technology, ABD) 940 nm dalga boylu Diode lazer (Waterlase Iplus MD, Biolase Technology, ABD) (Resim 1) ile birlikte kullanımının *E.faecalis* üzerine antimikrobiyal etkinliğinin dentinde meydana gelen değişikliklerin karşılaştırmalı olarak incelenmesi amacıyla planlanmıştır. Çalışmaya Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurul Başkanlığı'ndan onay raporu alınarak başlanmıştır (Ek 1).



Resim 1. Çalışmada kullanılan **A.** Er,Cr:YSGG lazer, **B.** Diode lazer

3.1 Örneklerin Seçimi ve Hazırlanması

Çalışmada periodontal amaçla çekilmiş, restorasyonsuz, çürüksüz 90 adet tek kök tek kanallı insan alt kesici dişleri kullanılmıştır. Eğri köklü dişler çalışmaya dahil edilmemiştir. Dişlerin üzerindeki sert ve yumuşak doku kalıntıları periodontal el aletleri ile temizlendikten sonra dişler çalışmanın yapılacağı zamana kadar oda sıcaklığında serum fizyolojik içinde bekletilmiştir. Dişler alev uçlu frez ile su soğutması altında kök boyu 12 mm olacak şekilde kesilerek standart hale getirilmiştir (Resim 2).



Resim 2. Örneklerin kök boylarının kesilerek standart hale getirilmesi

Kök kanallarının tıkalı olmadığını doğrulamak amacıyla 10 numaralı K tipi eğe kök ucundan görülünceye kadar ilerletilmiştir ve çalışma boyu 11 mm olacak şekilde belirlenmiştir. Kök kanalları paslanmaz çelik K-tipi eğeler (Kerr-files; Maillefer, İsviçre) ile step back tekniğine uygun olarak ISO 55'e kadar şekillendirilmiştir. Şekillendirme sırasında irrigasyon solüsyonu olarak sadece serum fizyolojik kullanılmıştır. Kanallar kağıt konlarla (Meta Biomed Co. Ltd, Kore) kurulandıktan sonra dişlerin kök uçları akışkan kompozit rezin ile kapatılmıştır. Daha sonra köklerin dış yüzleri iki-üç kat tırnak cilası ile izole edilmiştir. Kanal preparasyonu tamamlanan dişlerden mikrobiyolojik analiz ve dentin geçirgenliği analizini için kullanılacak olan dişler akrilik rezin bloklara, mikrobiyal kolonizasyonun görüntülenmesi amacıyla kullanılacak dişler ise silikon bloklara gömülmüştür.

Tüm kanallar artık madde kalmadığından emin olmak için tekrar serum fizyolojik ile basınçlı bir şekilde yıkanmış ve kağıt konlar ile kurutulmuştur. Dişler rastgele 2 kontrol ve 4 deney grubu olacak şekilde gruplara ayrılmıştır. Hazırlanan örnekler otoklavda 1 atm basınç altında 121°C'de 15 dakika sterilize edilmiş ve sterilizasyonun kontrolü otoklav bandı ile doğrulanmıştır.

3.2 Kök Kanallarının Enfekte Edilmesi

Çalışmamızın bu bölümü İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Mikrobiyolojisi Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Kök kanallarının enfekte edilmesinde kullanılan *E.faecalis* ATCC 29212 standart bakteri suşu *American Type Culture Collection*'dan elde edilmiştir. Bakteri suşu üretici firmanın öneri doğrultusunda hazırlanan triptik soy agar (TSA) içerisinde 37 °C'de, aerob ortamda, 24 saat boyunca inkübe edilmiştir. Üreyen bakteriler toplanıp üretici firma önerisi doğrultusunda hazırlanan triptik soy buyyon (TSB) besiyerine ekilmiştir. Aynı inkübasyon koşullarında bulanıklığı No 0.5 Mc Farland standardına göre ayarlanan 5 µl (1.8×10^9 CFU/ml) *E.faecalis* bakteri süspansiyonu mekanik

olarak genişletilmiş kök kanallarına steril mikropipetler aracılığıyla uygulanmıştır. Kanal eğeleri ile solüsyonun kanal içerisine yayılması sağlanmıştır. Bu aşamada sadece negatif kontrol grubu olarak belirlenen 5 dişin kök kanallarına bakteriyel süspansiyon yerine aynı şekilde steril TSB besiyeri yerleştirilmiştir. Ekim işlemleri tamamlanan kök kanalları steril pamuk ve geçici dolgu materyali (Coltosol, Coltene Whaledent, Almanya) ile kapatılmıştır. Bütün örnekler ıslak pamuk konulmuş metal kutulara yerleştirilmiş ve 37°C'lik etüve kaldırılmıştır. 2. ve 4. günde kanallar üzerindeki pamuk ve geçici dolgu materyalleri kaldırılarak kanallara 5 µl taze TSB besiyeri eklenmiş ve kanallar tekrar steril pamuk ve geçici dolgu materyali ile kapatılarak 37°C'lik etüve 7 gün boyunca aerob koşullarda ve nemli ortamda saklanmıştır.

3.3 Dezenfeksiyon işlemleri

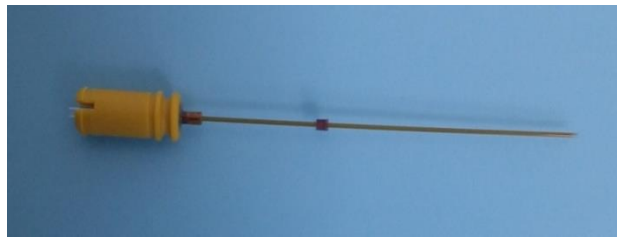
E.faecalis (ATCC 29212) bakteri suşu ile enfekte edilen kök kanallarının dezenfeksiyonunda 4 farklı yöntem kullanılmıştır:

Deney grubu 1: Sodyum hipoklorit (NaOCl) ile irrigasyon

Bu grupta yer alan 18 kök kanalının dezenfeksiyonu 2 ml %5 'lik NaOCl solüsyonu (Wizard, Rehber Kimya, İstanbul, Türkiye) ile 2 dakika temas süresi beklenerek yapılmıştır. İrrigasyon işlemi 2.5 ml'lik dental enjektör ve 27 gauge büyüklükte iğne ile gerçekleştirilmiştir. İrrigasyon iğnesi çalışma boyunda kök kanalına yerleştirilmiş ve kanal duvarına temas etmeden aşağı yukarı hareket ettirilmiştir.

Deney grubu 2: Er,Cr:YSGG lazer uygulaması

Bu grupta yer alan 18 kök kanalının dezenfeksiyonu Er,Cr:YSGG lazer kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Er,Cr:YSGG lazer 1.25 W, 50 Hz, %35 hava ve %25 su ayarlarında radial firing uç (RFT2 Endolase, Biolase Technology, Inc) ile kök kanallarına uygulanmıştır (Resim 3)



Resim 3. Çalışmada kullanılan radial firing tip2 (RFT2)

RFT2 uç çalışma boyunda kök kanallarına yerleştirilmiştir. Lazer ucu dairesel hareketler ile saniyede 1 mm hızla apikalden krunale doğru hareket ettirilerek 10 saniye ışınlama yapılmıştır. 15 saniye aralıklarla bu işlem 4 kez tekrarlanmıştır. Toplamda 40 saniye ışınlama yapılmıştır (Resim 4).

Her ışınlama sonrası fiber uç kontrol edilmiştir. Uçta deformasyon meydana geldiyse uç değiştirilmiştir. Uçun tekrar kullanıldığı durumlarda ise kontaminasyonu önlemek amacıyla her örnekten önce lazer ucu önce saf alkol sonra da serum fizyolojik ile ıslatılmış tampon ile silinerek dezenfekte edilmiştir.



Resim 4. Er,Cr:YSGG Lazer uygulaması (Waterlase Iplus MD, Biolase Technology, ABD)

Lazer uygulaması öncesinde veya ışınlama periyotları arasında kök kanallarına herhangi bir irrigasyon işlemi yapılmamıştır.

Deney grubu 3: Er,Cr:YSGG ile NaOCl solüsyonunun aktive edilmesi

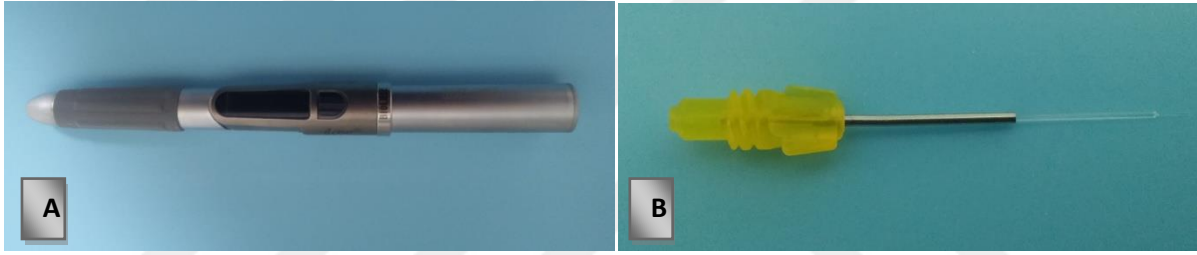
Bu gruptaki 18 kök kanalının dezenfeksiyonunda %5'lik NaOCl solüsyonu Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edilmiştir. Er,Cr:YSGG lazer 0.5 ml %5'lik NaOCl ile doldurulan kök kanalına 1.25 W, 50 Hz, hava ve su kapalı olarak uygulanmıştır. NaOCl dolu kanal içerisinde RFT2 uç çalışma boyundan 5 mm kısa yerleştirilmiş ve 10 saniye boyunca sabit tutularak aktive edilmiştir. 15 saniye aralıklarla bu işlem 4 kez tekrarlanmıştır. Toplamda 40 saniye ışınlama yapılmış ve 2 ml NaOCl solüsyonu kullanılmıştır.

İşınlama periyotları arasında kök kanalları 0.5 ml NaOCl ile yıkanmış ancak solüsyon kanaldan aspire edilmemiştir. Böylece lazer her zaman NaOCl dolu kanala

uygulanmıştır. Her ışınlama sonrası grup 2’de anlatıldığı şekilde lazer ucu kontrol edilmiş ve her örnekten önce dezenfekte edilerek kanal içine uygulanmıştır.

Deney grubu 4: Er,Cr:YSGG ve Diode lazer uygulaması

Bu gruptaki 18 kök kanalına farklı dalga boylarına sahip Er,Cr:YSGG lazer ile Diode lazer uygulaması yapılmıştır. Kök kanallarına Er,Cr:YSGG lazer uygulaması grup 2’de anlatıldığı şekilde yapılmıştır. 5 saniye ara verildikten sonra 4.5 W güç CP1 modunda ortalama güç 1.5 W olacak şekilde Diode lazer uygulaması yapılmıştır. Diode lazerin 200 µm çapa sahip endodontik ucu kanal içine çalışma boyunda yerleştirilmiş ve dairesel hareketlerle saniyede 1 mm hızla apikalden kurala doğru hareket ettirilerek 10 saniye boyunca uygulanmıştır. 15 saniye ara verilerek aynı işlem 4 kez tekrarlanmıştır. Toplamda 80 saniye ışınlama yapılmıştır (Resim 5).



Resim 5. A: Çalışmada kullanılan kalem şeklinde Diode lazer (Waterlase Iplus MD, Biolase Technology, ABD), **B.** Diode lazerin endodontik ucu

Lazer uygulaması öncesi veya ışınlama periyotları arasında kök kanallarına herhangi bir irrigasyon işlemi uygulanmamıştır. Her ışınlama sonrası grup 2’de anlatıldığı şekilde lazer ucu kontrol edilmiş ve her örnekten önce dezenfekte edilerek kanal içine uygulanmıştır.

Kontrol Grubu

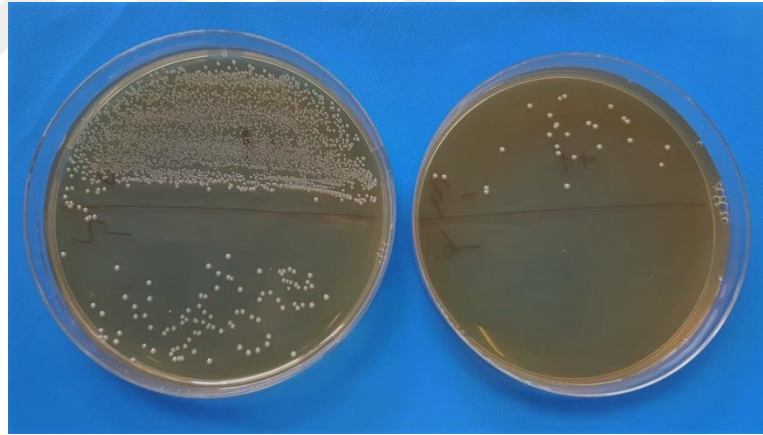
Bu gruptaki 15 kök kanalından 12’si pozitif kontrol grubu olarak belirlenmiş ve kanalda inoküle olan bakteri miktarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Dezenfeksiyon amaçlı herhangi bir işlem uygulanmamıştır.

Geriye kalan 6 kök kanalı ise negatif kontrol grubu olarak belirlenmiş ve çalışma şartlarının sterilizasyonunu denetlemek için kullanılmıştır. Örnekler otoklavda steril edilmiş ve sonrasında mikrobiyal inokülasyon yapılmamıştır. Herhangi bir dezenfeksiyon işlemi de uygulanmamıştır.

3.4 Antibakteriyel Etkinliğin Değerlendirilmesi

Uygulanan dezenfeksiyon işlemlerinden sonra mikrobiyal kolonizasyonun SEM ile görüntülenmesi amacıyla hazırlanan ve silikon bloklara gömülmüş olan dişler gruplardan ayrılmıştır. Geriye kalan 75 adet dişin kök kanalları 2 ml steril serum fizyolojik solüsyonu ile yıkanmıştır. Örneklerin toplanması için önce kanal duvarları kanal eğesi ile eğelenecek eğenin ucundakiler 1 ml steril serum fizyolojik taşıma sıvısı içeren eppendorf tüpü içerisinde çalkalanmıştır. Daha sonra kanal içerisine 1 adet ISO 40 kağıt kon yerleştirilmiş ve 20 saniye beklenmiştir. Kağıt kon da aynı eppendorf tüpü içerisine yerleştirilerek örnek alımı tamamlanmıştır. Eppendorf tüplerinin mikrobiyolojik değerlendirmesi için İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Ağız Mikrobiyolojisi Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Örnekler 10 sn vorteksledikten sonra 10 katı sulandırılmaları yapılmıştır. Sulandırmalardan 0.1'er ml triptik soy agara inoküle edilip yayılmış ve 37°C'de 24 saat boyunca inkübe edilmiştir. Tüm kök kanal örnekleri için agarda üreyen koloniler sayılmış ve koloni oluşturma ünitesi (CFU/ml) üzerinden hesaplanmıştır (Resim 6).



Resim 6. Triptik soy agarda farklı sulandırmalarda koloni oluşturan bakterilerin görüntüsü

3.5 Dentin Geçirgenliği Analizi

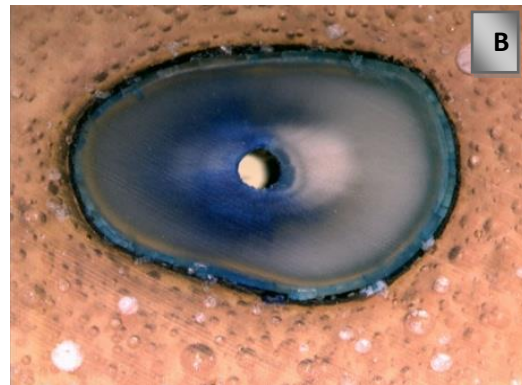
Mikrobiyolojik örnek alımı tamamlanan dişlerin kök kanalları insülin iğnesi yardımıyla %1'lik metilen mavisi ile doldurulmuştur. Kök kanalları boyanan dişler etüvde 37°C'de 20 dakika bekletilmiştir. Daha sonra örnekler akan su altında yıkanmış ve kök kanalları kağıt konlar ile kurutulmuştur. Örnekler 0.5 mm kalınlığındaki elmas separe ile kesme makinesinde (Mecatome T180, Presi, Fransa) kural, orta ve apikal olmak üzere

horizontal olarak üç eşit parçaya bölünmüştür. Kural 2 mm'lik kısım mikroskopik incelemeye dahil edilmeyeceğinden kesilerek atılmış ve geriye kalan 10 mm'lik kökün 3 eşit parçaya bölünmesi sağlanmıştır (Resim 7).

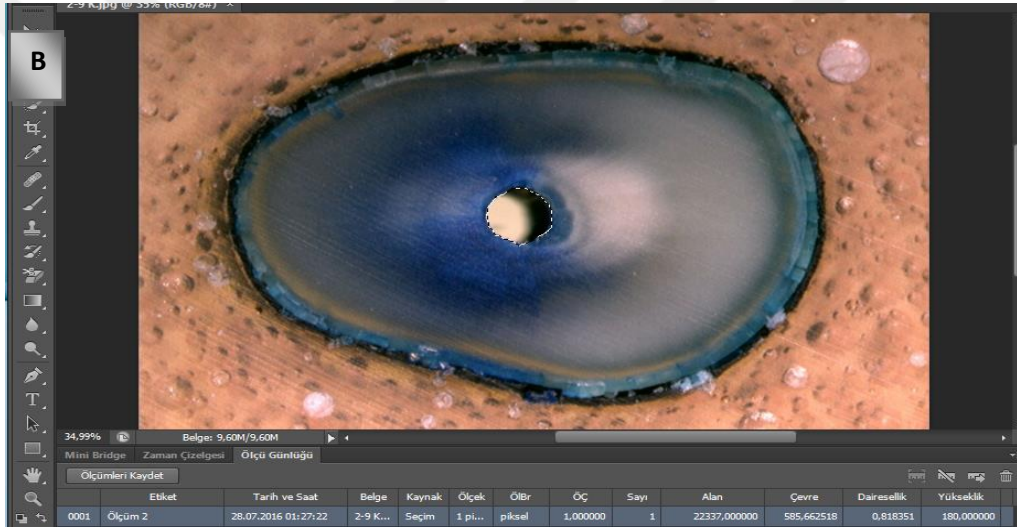


Resim 7. Kesme makinesi ile horizontal olarak parçalara ayrılmış diş örnekleri

Hazırlanan kök kesitleri stereomikroskop (Nikon SMZ1000, Japonya) ile 15X büyütmede görüntülenmiştir (Resim 8). Tüm kesitlerde boyalı alanın diş kesitine oranı Adobe Photoshop CS6 (Adobe Systems Software, İrlanda) programı ile hesaplanmıştır. Bunun için öncelikle tüm diş kesitinin piksel cinsinden alanı hesaplanmıştır. Daha sonra kanal kesitinin alanı piksel cinsinden ölçülmüş ve tüm diş kesitinden çıkarılarak gerçek kesit alanı elde edilmiştir. Boyalı alanın piksel cinsinden değeri ölçülerek bu alana oranlanmış ve yüzde olarak hesaplanmıştır. (Resim 9).



Resim 8. **A:** Elde edilen kesitlerin görüntülediği stereomikroskop. **B:** Stereomikroskop ile görüntülenen diş kesit



Resim 9. Boyalı alanın ölçümünün Photoshop CS6 programı ile yapılması **A:** Tüm kesit alanın seçilmesi, **B:** Kanal kesit alanın seçilmesi, **C:** Boyalı alanın seçilmesi ve piksel cinsinden ölçümü

3.6 Bakteriyel Kolonizasyonun SEM ile Görüntülenmesi

Bakteriyel kolonizasyonun görüntülenmesi amacıyla hazırlanan 15 örnek dezenfeksiyon işlemlerinden sonra silikon bloklarından çıkartılmıştır. Diş kökleri içerisinde 1 ml %4'lük tamponlanmış paraformaldehit bulunan eppendorf tüplerinin içerisine yerleştirilmiş ve 10 gün boyunca bu şekilde saklanmıştır. Fiksasyonu tamamlanan kök parçalarına elmas separe ile mesial ve distal yönde oluklar açılmış ve kökler bir spatül yardımıyla uzun aksına paralel olarak ikiye ayrılmıştır. Bu işlem sırasında kök kanalına girilmemeye özen gösterilmiştir. Rastgele seçilen yarım parçanın dehidratasyon işlemi %25, %50, %75, %96 ve %100'lük aseton solüsyonlarında sırasıyla her solüsyonda 20'şer dakika bekletilerek gerçekleştirilmiştir. Dehidratasyon işlemi tamamlanan örnekler 24 saat havada kurumaya bırakılmıştır.

Örneklerin SEM ile görüntülenmesi Yıldız Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Örnekler vakumlu bir ortamda Polaron Sc7620 Sputter Coater (VG Microtech Inc., Japonya) cihazı kullanılarak ince bir altın-paladyum tabakası ile kaplanmıştır. Farklı büyütme oranlarında taramalı elektron mikroskobu (SEM) (Evo LS10, Zeiss, Almanya) altında dezenfeksiyon işlemlerinden sonra dentin yüzeyinde kalan bakteriyel kolonizasyon görüntülenmiştir (Resim 10).



Resim 10. A: Örneklerin altın-paladyum kaplandığı sputter coater cihazı B: Altın-paladyum kaplanmış örnekler

3.7 İstatistiksel Analiz

Çalışmada kullanılacak örnek sayısının belirlenmesinde %5 hata payı, %80 güç, iki grup arası maksimum ortalama fark 14, beklenen standart sapma 17 şeklinde bakıldığında her grup için minimum 15 örnek uygun görülmüştür. Çalışmada elde edilen bulgular

değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Türkiye) programı kullanılmıştır. Çalışma verileri değerlendirilirken parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilks testi ile değerlendirilmiş ve parametrelerin normal dağılım göstermediği saptanmıştır. Parametrelerin gruplar arası karşılaştırmalarında Kruskal Wallis testi ve farklılığa neden olan grubun tespitinde Bonferroni Düzeltmeli Mann Whitney U test kullanılmıştır. Çalışmadaki genel anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirilmiştir. Bonferroni Düzeltmeli Mann Whitney U testleri için anlamlılık düzeyleri $p < 0.005$ ve $p < 0.017$ olarak alınmıştır.



4 BULGULAR

4.1 Dezenfeksiyon İşlemleri sonrası Kalan Bakteri Sayısının Değerlendirilmesi ile Elde Edilen Bulgular

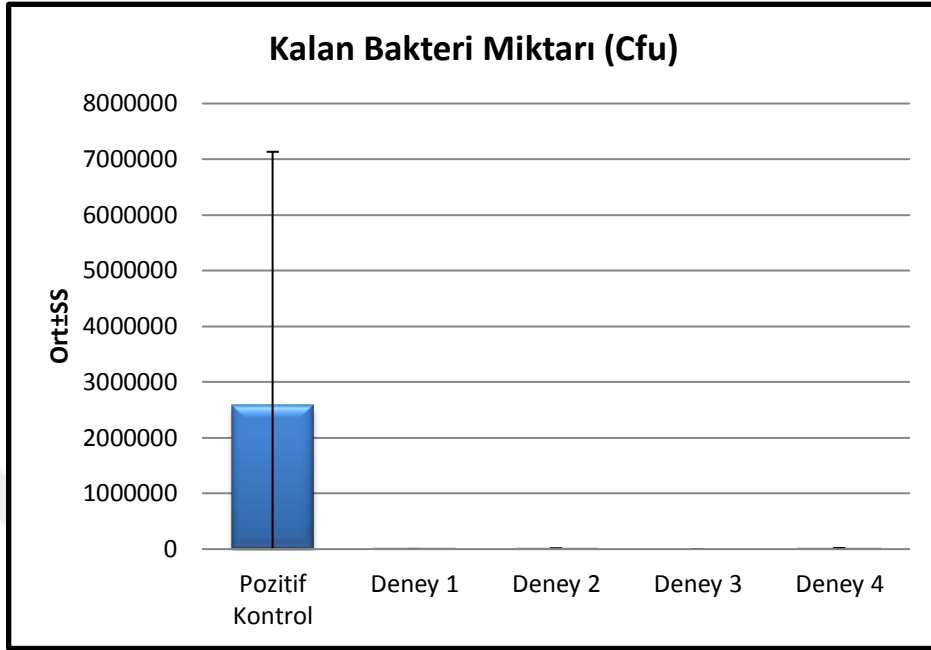
Araştırmamızda *E.faecalis* ile enfekte edilen kök kanallarına farklı dezenfeksiyon yöntemlerinin uygulanmasıyla elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular tablo ve grafikler ile ifade edilmiştir. Pozitif kontrol grubunda ve deney gruplarında yer alan örneklerde dezenfeksiyon işlemleri sonrası kalan bakteri miktarlarının medyan değerleri, ortalamaları ve standart sapma değerleri Tablo 2’de, değerlerin gruplara göre dağılımı ise Grafik 1’de gösterilmiştir. Pozitif kontrol ve deney gruplarında saptanan *E.faecalis* değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 2. Dezenfeksiyon işlemleri sonrası kalan bakteri miktarlarının medyan, ortalama ve standart sapma değerleri

	Kalan Bakteri Miktarı (Cfu)	
	Ort±SS	Medyan
Pozitif Kontrol	2576200±4556320,49	600000
Deney 1	39,33±53,65	10
Deney 2	7744,67±6656,46	8000
Deney 3	1,33±3,52	0
Deney 4	11344±6642,56	12000
p	0,001*	
<i>Kruskal Wallis Test</i>	<i>* p<0.05</i>	

Elde edilen verilere göre gruplar arasında kalan bakteri miktarları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p:0.001$; $p<0.05$) (Tablo 2). Farklılığın hangi gruptan kaynaklandığının tespiti için Bonferroni Düzeltmeli Mann Whitney U test uygulanmış ve yeni anlamlılık düzeyi $p<0.005$ olarak alınmıştır. Buna göre Pozitif kontrol grubunda kalan bakteri miktarı, diğer tüm gruplardan anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p<0.005$). Deney 3 Grubunda kalan bakteri miktarı, Deney 1, Deney 2 ve Deney 4 gruplarından anlamlı şekilde düşük bulunmuştur ($p<0.005$). Deney 1 Grubunda kalan bakteri miktarı, Deney 2 ve Deney 4 gruplarından anlamlı şekilde düşük bulunmuştur ($p<0.005$).

Deney 2 ve Deney 4 grupları arasında kalan bakteri miktarları açısından anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.005$) (Tablo 3).



Grafik 1. Grupların kalan bakteri miktarları açısından değerlendirilmesi

Tablo 3. Grupların ikili karşılaştırma sonuçları

	p Değeri
Pozitif Kontrol/Deney 1	0,000*
Pozitif Kontrol/Deney 2	0,000*
Pozitif Kontrol/Deney 3	0,000*
Pozitif Kontrol/Deney 4	0,000*
Deney 1/Deney 2	0,000*
Deney 1/Deney 3	0,002*
Deney 1/Deney 4	0,000*
Deney 2/Deney 3	0,000*
Deney 2/Deney 4	0,091
Deney 3/Deney 4	0,000*

Bonferroni Düzeltmeli Mann Whitney U Test

* $p<0.005$

4.2 Dezenfeksiyon İşlemleri Sonrası Grupların Boyalı Alan Yüzdelerinin Değerlendirilmesi ile Elde Edilen Bulgular

Kontrol ve deney gruplarının gruplar arası boyalı alan yüzdelerinin medyan, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4’te, değerlerin gruplara göre dağılımı ise Grafik 2’de gösterilmiştir. Grupların boyalı alan yüzdelerinin ikili karşılaştırma sonuçları ise Tablo 5’de gösterilmiştir.

Tablo 4. Grupların boyalı alan yüzdelerinin medyan, ortalama ve standart sapma değerleri

	Kuronal	Orta	Apikal
	Ort±SS (Medyan)	Ort±SS (Medyan)	Ort±SS (Medyan)
Kontrol	35,79±24,68 (29,58)	24,79±18,56 (17,94)	4,18±4,4 (3,41)
Deney 1	36,72±25,39 (28,76)	30,61±17,14 (34,34)	5,63±4,57 (6,46)
Deney 2	46,81±23,57 (45,75)	39,49±21,31 (38,91)	12,3±14,18 (8,15)
Deney 3	48,63±28 (44,71)	52,16±23,98 (50,16)	28,71±21,56 (25,06)
Deney 4	46,52±23,86 (34,99)	36,18±24,33 (28,75)	12,46±17,23 (4,93)
p	0,355	0,018*	0,001*

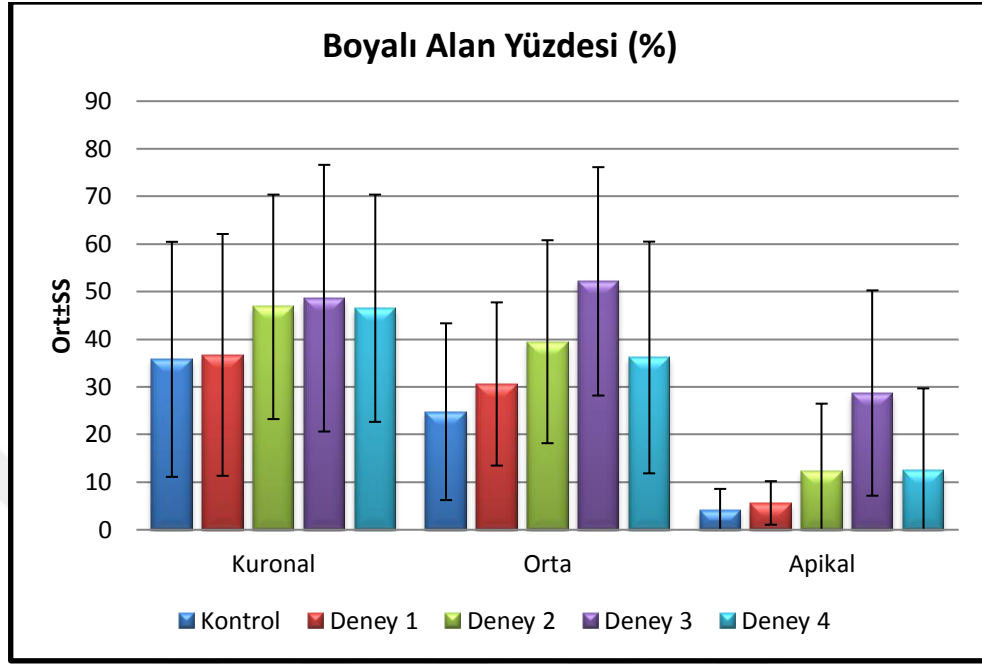
Kruskal Wallis Test * $p < 0.05$

Elde edilen veriler doğrultusunda gruplar arasında kuronal bölgedeki boyalı alan yüzdeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$) (Tablo 4).

Gruplar arasında orta bölgedeki boyalı alan yüzdeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p: 0.018$; $p < 0.05$) (Tablo 4). Anlamlılığın tespiti için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; Deney 3 grubunun orta bölgedeki boyalı alan yüzdesi, Kontrol ve Deney 1 gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p < 0.005$). Diğer gruplar arasında orta bölgedeki boyalı alan yüzdeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0.005$) (Tablo 5).

Gruplar arasında apikal bölgedeki boyalı alan yüzdeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p: 0.001$; $p < 0.05$) (Tablo 4). Anlamlılığın tespiti için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; Deney 3 grubunun apikal bölgedeki boyalı alan yüzdesi, Kontrol, Deney 1, Deney 2 ve Deney 4 gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde

yüksek bulunmuştur ($p < 0.005$). Diğer gruplar arasında apikal bölgedeki boyalı alan yüzdeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0.005$) (Tablo 5)



Grafik 2. Grupların boyalı alan yüzdeleri açısından değerlendirilmesi

Tablo 5. Grupların ikili karşılaştırma sonuçları

	Kuronal	Orta	Apikal
	p Değeri	p Değeri	p Değeri
Kontrol/Deney 1	0,852	0,576	0,561
Kontrol/Deney 2	0,152	0,036	0,028
Kontrol/Deney 3	0,198	0,003*	0,000*
Kontrol/Deney 4	0,120	0,152	0,110
Deney 1/Deney 2	0,221	0,254	0,263
Deney 1/Deney 3	0,221	0,004*	0,000*
Deney 1/Deney 4	0,206	0,983	0,520
Deney 2/Deney 3	0,917	0,254	0,003*
Deney 2/Deney 4	0,663	0,494	0,443
Deney 3/Deney 4	0,885	0,049	0,002*

Bonferroni Düzeltmeli Mann Whitney U Test

* $p < 0.005$

4.3 Dezenfeksiyon İşlemleri Sonrası Grup İçi Boyalı Alan Yüzdelerinin Değerlendirilmesi ile Elde Edilen Bulgular

Kontrol ve deney gruplarında yer alan örneklerde boyalı alanların grup içi değerlendirilmesi ile elde edilen medyan, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 6’da, değerlerin bölgelere dağılımı ise Grafik 3’te gösterilmiştir. Bölgeler arası ikili karşılaştırma sonuçları ise Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 6. Bölgelerin boyalı alan yüzdelerini medyan, ortalama ve standart sapma değerleri

	Kuronal	Orta	Apikal	p
	Ort±SS (Medyan)	Ort±SS (Medyan)	Ort±SS (Medyan)	
Kontrol	35,79±24,68 (29,58)	24,79±18,56 (17,94)	4,18±4,4 (3,41)	0,000*
Deney 1	36,72±25,39 (28,76)	30,61±17,14 (34,34)	5,63±4,57 (6,46)	0,000*
Deney 2	46,81±23,57 (45,75)	39,49±21,31 (38,91)	12,3±14,18 (8,15)	0,000*
Deney 3	48,63±28 (44,71)	52,16±23,98 (50,16)	28,71±21,56 (25,06)	0,000*
Deney 4	46,52±23,86 (34,99)	36,18±24,33 (28,75)	12,46±17,23 (4,93)	0,000*

Kruskal Wallis Test

* $p < 0.05$

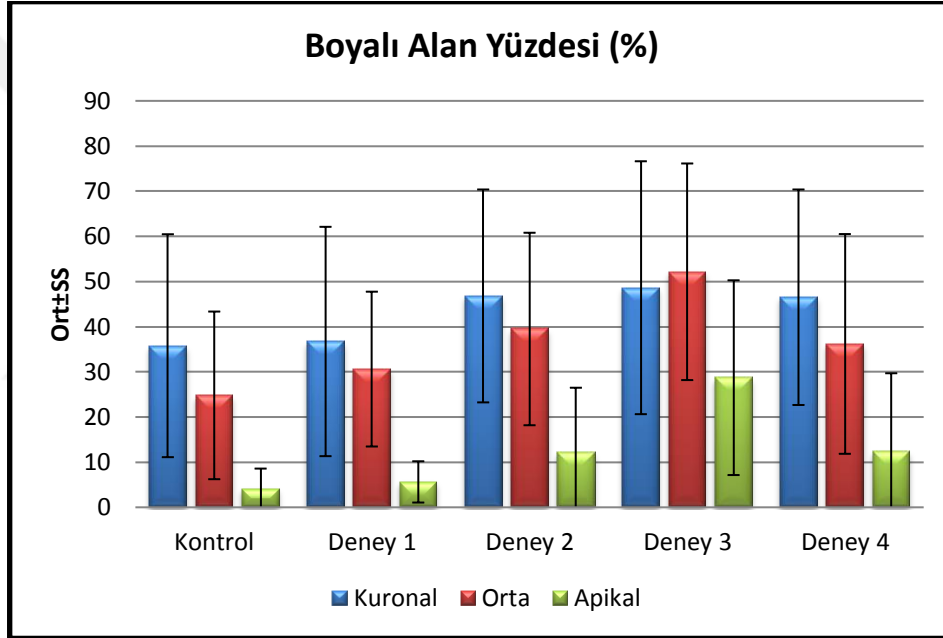
Elde edilen verilere göre; kontrol grubunda bölgeler arasında boyalı alan yüzdeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p:0.000$; $p < 0.05$) (Tablo 6). Anlamlılığın tespiti için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; apikal bölgedeki boyalı alan yüzdesi, kuronal ve orta bölgelerden anlamlı şekilde düşük bulunmuştur ($p < 0.017$). Kuronal ve orta bölgedeki boyalı alan yüzdeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0.017$) (Tablo 7).

Deney 1 grubunda; bölgeler arasında boyalı alan yüzdeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p:0.000$; $p < 0.05$) (Tablo 6). Anlamlılığın tespiti için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; apikal bölgedeki boyalı alan yüzdesi, kuronal ve orta bölgelerden anlamlı şekilde düşük bulunmuştur ($p < 0.017$). Kuronal ve orta bölgedeki boyalı alan yüzdeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0.017$) (Tablo 7).

Tablo 7. Grupların ikili karşılaştırma sonuçları

	Kuronal/Orta	Kuronal/Apikal	Orta/Apikal
	p Değeri	p Değeri	p Değeri
Kontrol	0,101	0,000*	0,000*
Deney 1	0,917	0,000*	0,000*
Deney 2	0,419	0,000*	0,001*
Deney 3	0,604	0,040	0,014*
Deney 4	0,141	0,000*	0,003*

Bonferroni Düzeltmeli Mann Whitney U Test * $p < 0.017$



Grafik 3. Bölgelerin boyalı alan yüzdeleri açısından değerlendirilmesi

Deney 2 grubunda; bölgeler arasında boyalı alan yüzdeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p:0.000$; $p < 0.05$) (Tablo 6). Anlamlılığın tespiti için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; apikal bölgedeki boyalı alan yüzdesi, kuronal ve orta bölgelerden anlamlı şekilde düşük bulunmuştur ($p < 0.017$). Kuronal ve orta bölgedeki boyalı alan yüzdeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0.017$) (Tablo 7).

Deney 3 grubunda; bölgeler arasında boyalı alan yüzdeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p:0.000$; $p < 0.05$) (Tablo 6). Anlamlılığın tespiti için

yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; apikal bölgedeki boyalı alan yüzdesi, orta bölgeden anlamlı şekilde düşük bulunmuştur ($p<0.017$). Diğer bölgelerdeki boyalı alan yüzdeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.017$) (Tablo 7).

Deney 4 grubunda; bölgeler arasında boyalı alan yüzdeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p:0.000$; $p<0.05$) (Tablo 6). Anlamlılığın tespiti için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; apikal bölgedeki boyalı alan yüzdesi, kural ve orta bölgelerden anlamlı şekilde düşük bulunmuştur ($p<0.017$). Kural ve orta bölgedeki boyalı alan yüzdeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.017$) (Tablo 7).

4.4 SEM Analizi Bulguları

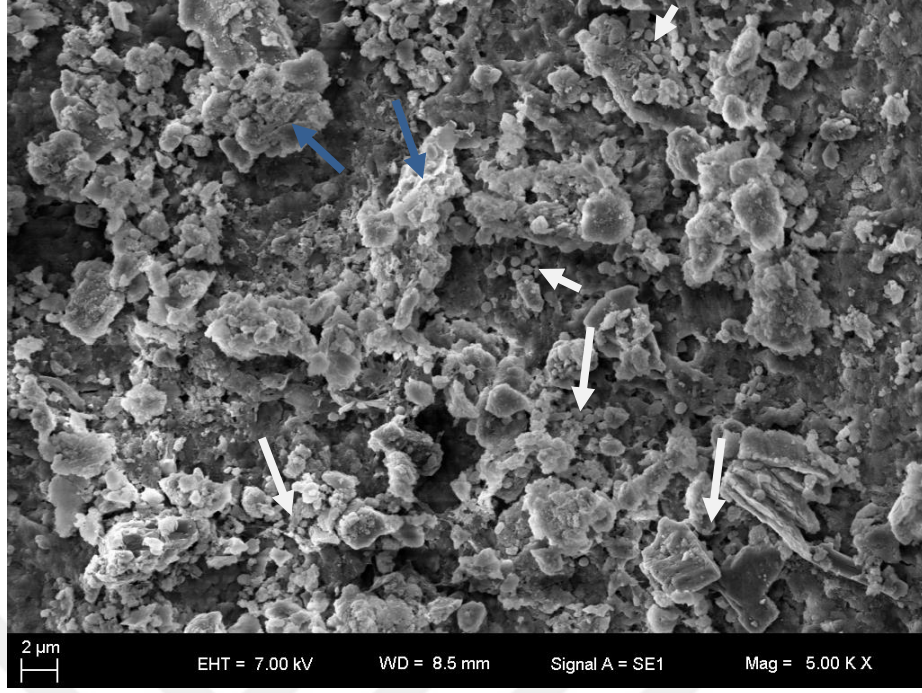
Sem ile dezenfeksiyon sonrası bakteriyel kolonizasyonun görüntülenmesi için pozitif kontrol grubundan 2, negatif kontrol grubundan 1 deney gruplarından ise 3 diş olacak şekilde hazırlanan örneklerin kural 1/3, orta 1/3 ve apikal 1/3 bölgeleri SEM ile incelenmiş ve görüntüler alınmıştır.

4.4.1 Pozitif Kontrol Grubunun İncelenmesi

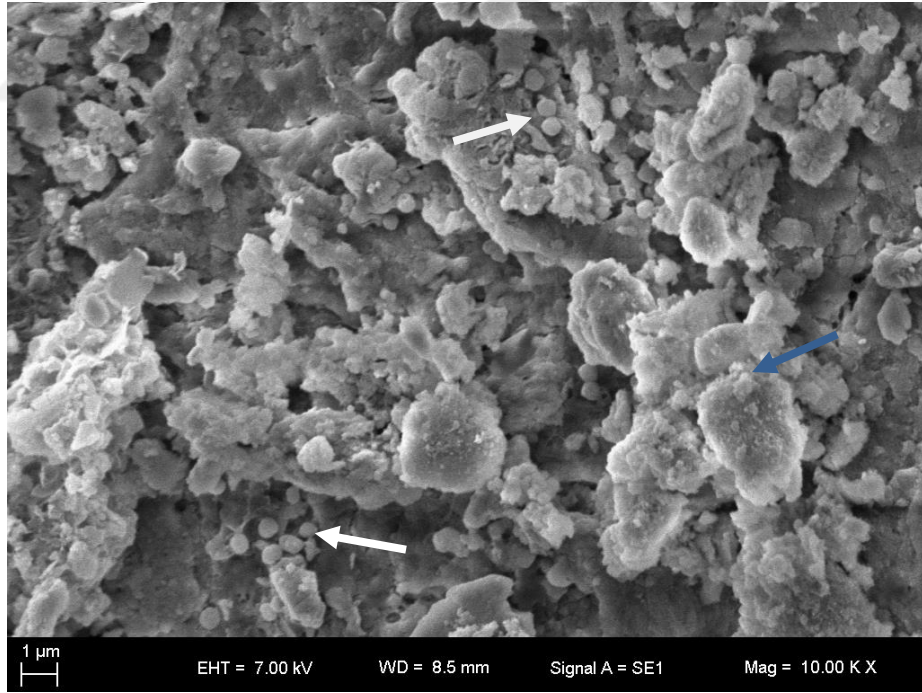
Herhangi bir dezenfeksiyon işleminin uygulanmadığı pozitif kontrol grubunda kural 1/3, orta 1/3 ve apikal 1/3 bölgelerinden alınan görüntülerin hepsinde yoğun smear tabakası ile birlikte yüksek oranda bakteriyel kolonizasyon gözlenmiştir (Şekil 8-9-10-11-12).

4.4.2 Negatif Kontrol Grubunun İncelenmesi

Negatif kontrol grubunun incelenmesi amacıyla seçilen diş örneğinin kural 1/3, orta 1/3 ve apikal 1/3 bölgeleri incelenmiş ve alınan görüntülerin hepsinde yoğun smear tabakası ile örtülü dentin yüzeyi görüntülenmiş, bakteriyel kolonizasyona ise rastlanmamıştır (Şekil 13-14-15).

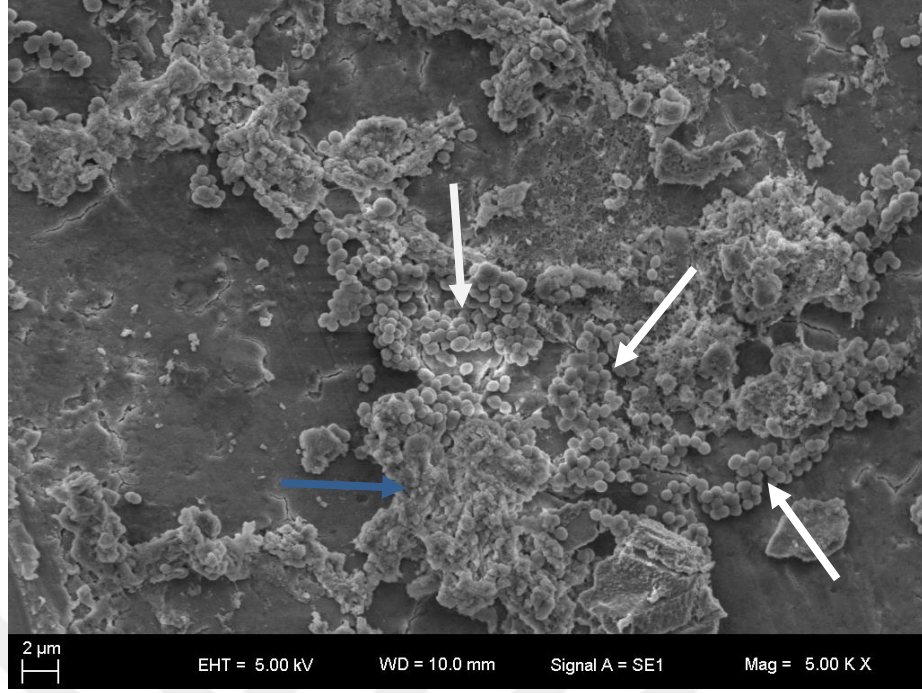


Şekil 8. Pozitif kontrol grubu, kuronal 1/3 (500 büyütme)

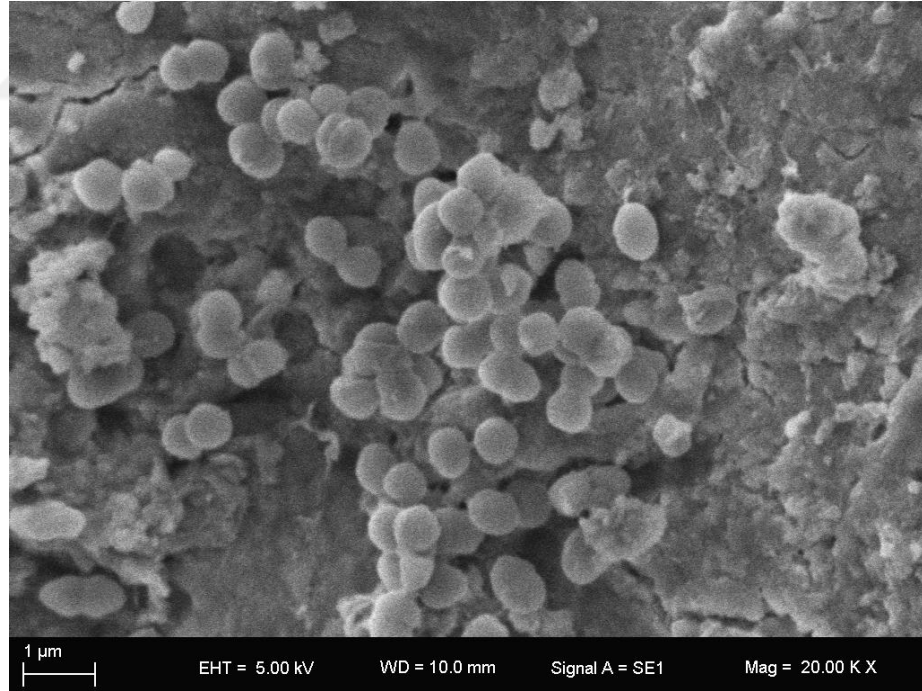


Şekil 9. Pozitif kontrol grubu, kuronal 1/3 (10000 büyütme)

*Beyaz ok: Bakteriyel kolonizasyon
Mavi ok: Yoğun smear ile kaplı alanlar

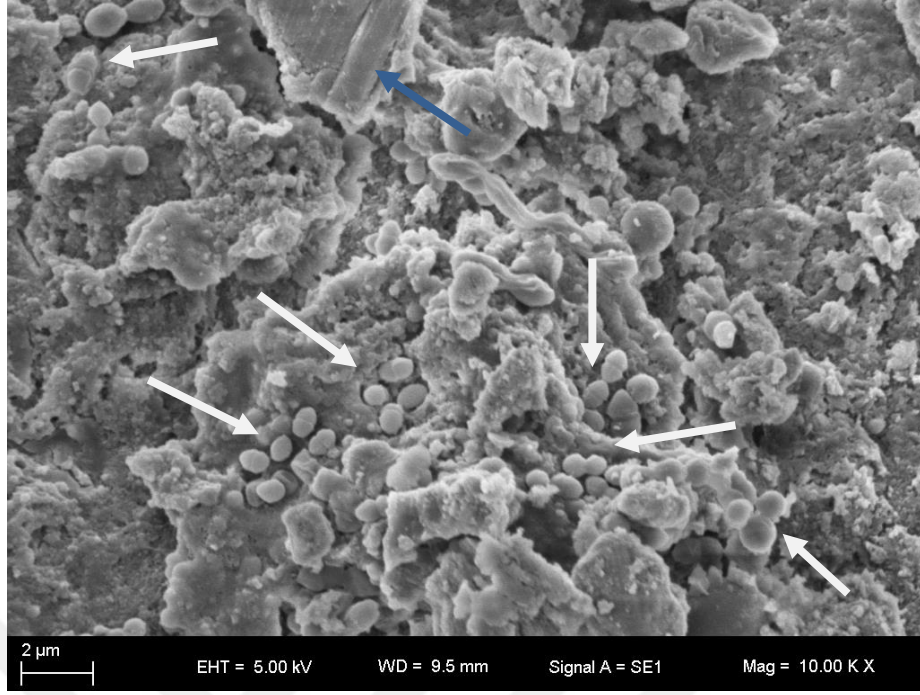


Şekil 10. Pozitif kontrol grubu, orta 1/3 (500 büyütme)

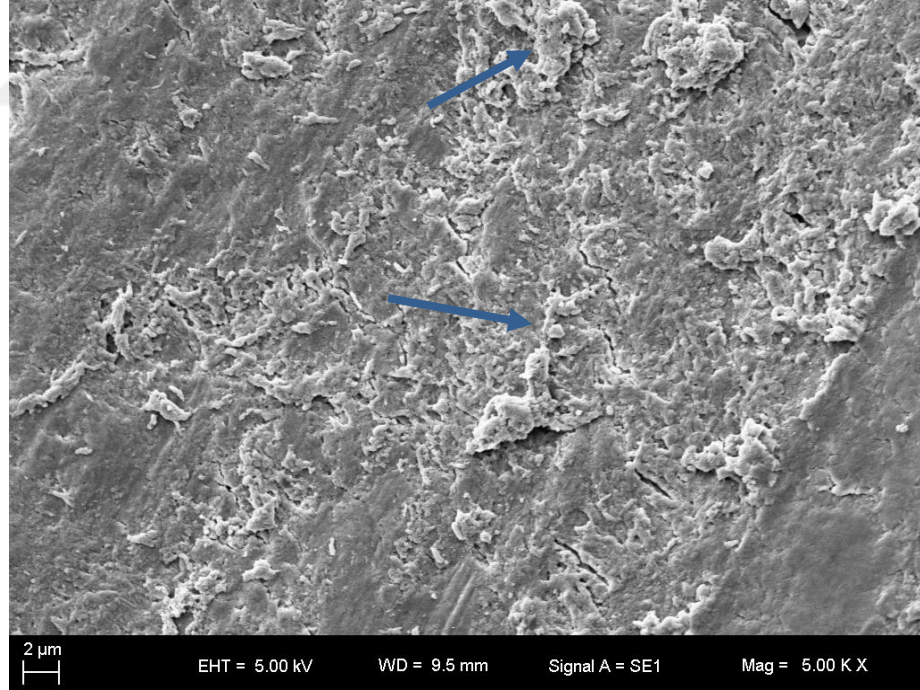


Şekil 11. Pozitif kontrol grubu, orta 1/3 (20000 büyütme)

*Beyaz ok: Bakteriyel kolonizasyon
Mavi ok: Yoğun smear ile kaplı alanlar

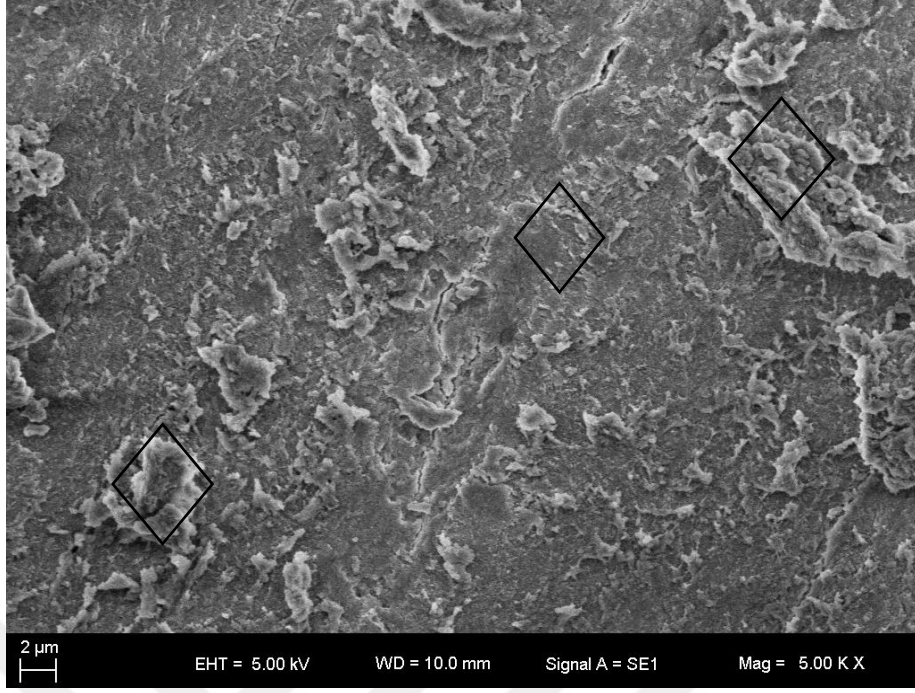


Şekil 12. Pozitif kontrol grubu, apikal 1/3 (500 büyütme)

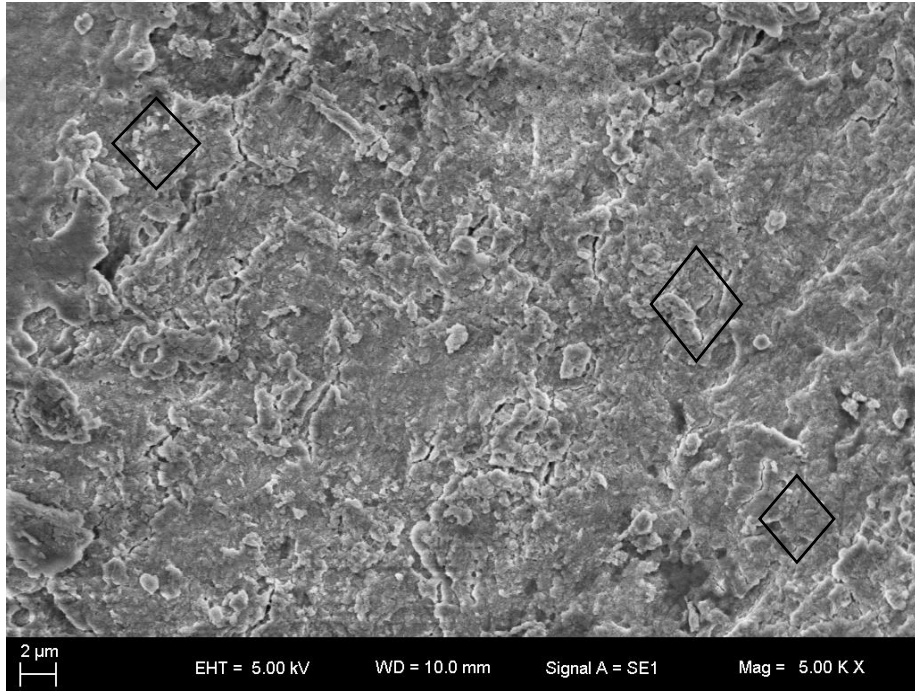


Şekil 13. Negatif kontrol grubu, kuronal 1/3 (500 büyütme)

*Beyaz ok: Bakteriyel kolonizasyon
Mavi ok: Yoğun smear ile kaplı alanlar



Şekil 14. Negatif kontrol grubu, orta 1/3 (500 büyütme)

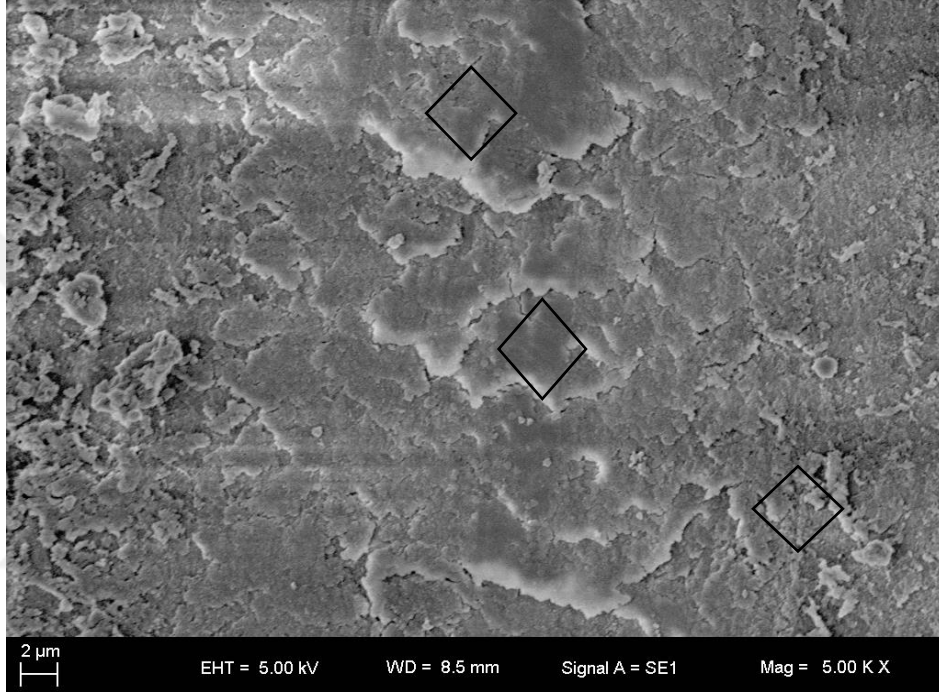


Şekil 15. Negatif kontrol grubu, apikal 1/3 (500 büyütme)

* Siyah dörtgen: Yoğun smear tabakası ile kaplı yüzey

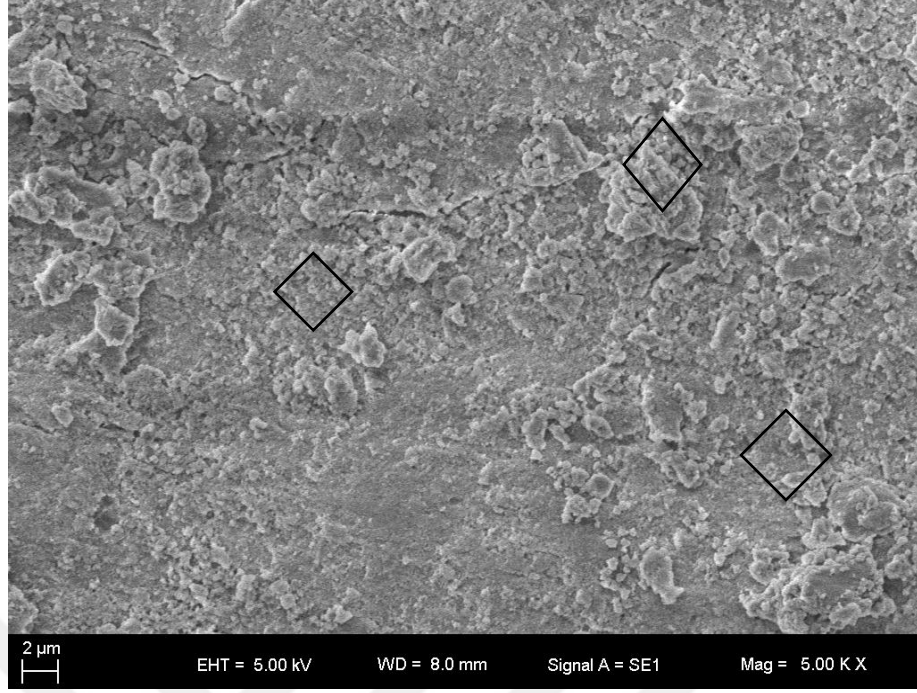
4.4.3 NaOCl Uygulanan Grubun İncelenmesi

NaOCl uygulanan grupta kural 1/3, orta 1/3 ve apikal 1/3 bölgelerinden alınan görüntülerde bakteriyel kolonizasyona rastlanmamıştır. Görüntülerde yoğun smear ile kaplı dentin yüzeyi görüntülenmiştir. Bu gruptan negatif kontrol grubuna benzer görüntüler elde edilmiştir (Şekil 16-17-18).

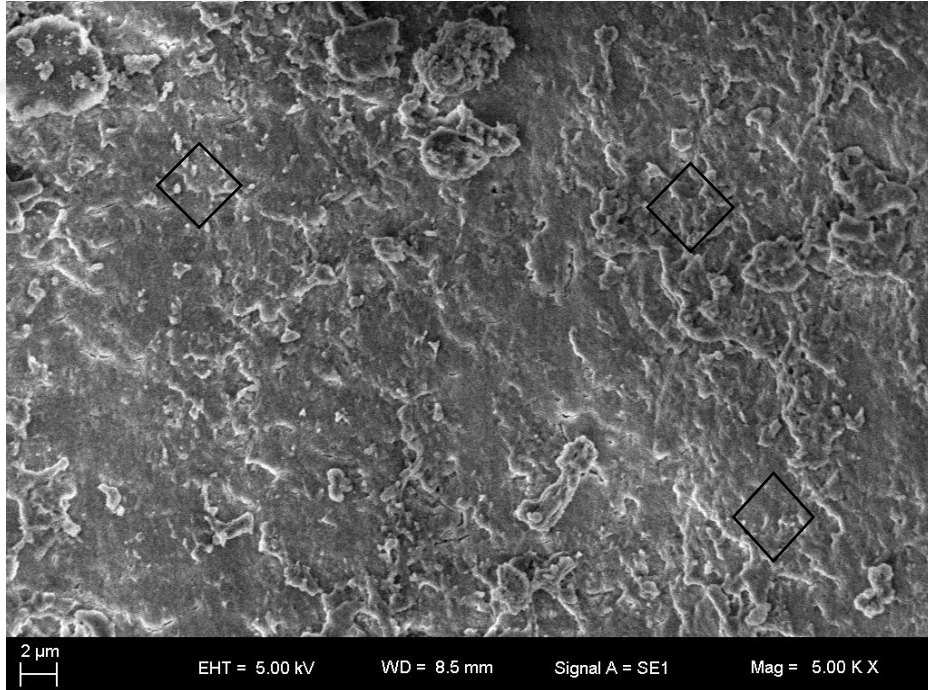


Şekil 16. NaOCl grubu, kural 1/3 (500 büyütme)

* Siyah dörtgen: Yoğun smear tabakası ile kaplı yüzey



Şekil 17. NaOCl grubu, orta 1/3 (500 büyütme)

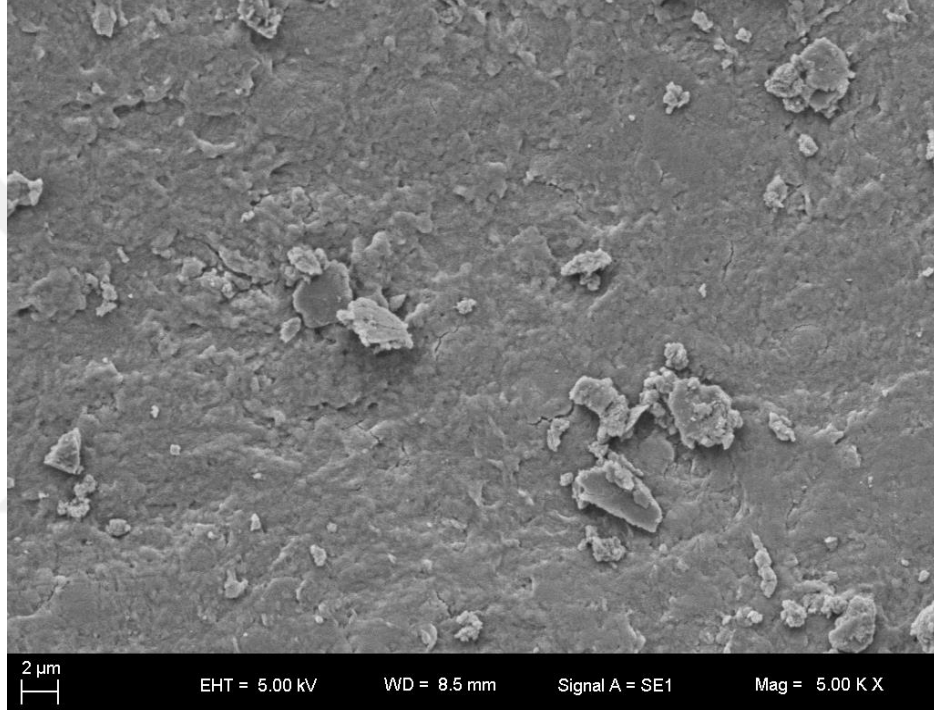


Şekil 18. NaOCl grubu, apikal 1/3 (500 büyütme)

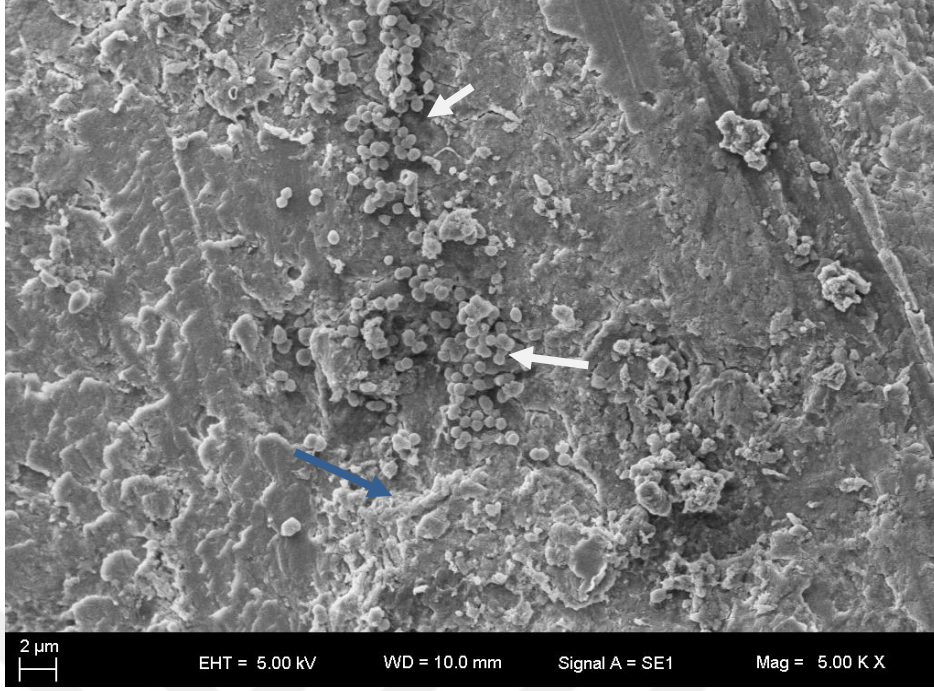
* Siyah dörtgen: Yoğun smear tabakası ile kaplı yüzey

4.4.4 Er,Cr:YSGG Lazer Uygulanan Grubun İncelenmesi

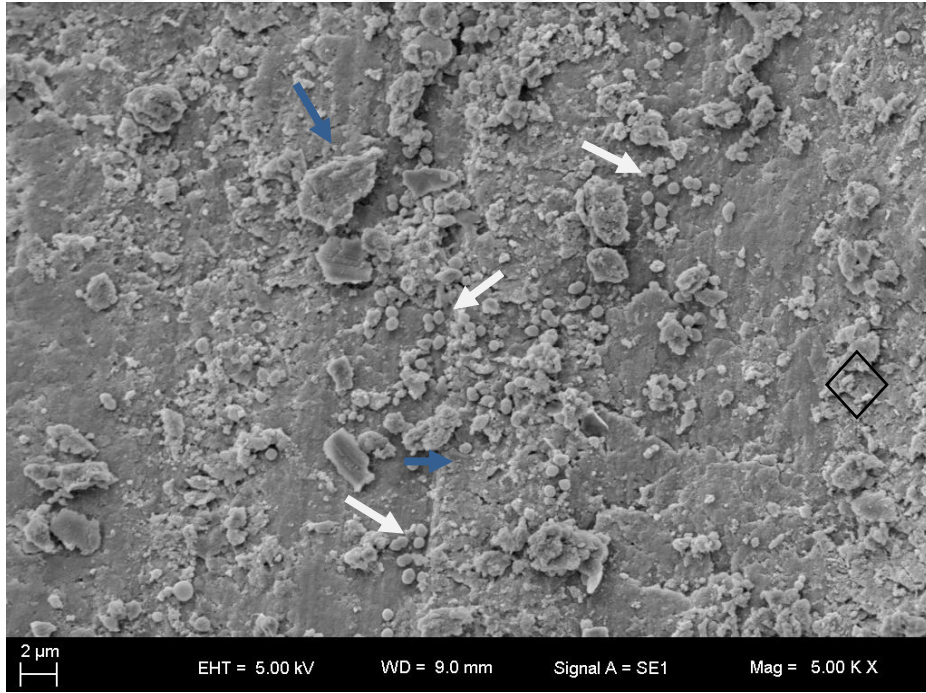
Er,Cr:YSGG lazer uygulanan gruptan alınan görüntülerde orta 1/3 ve apikal 1/3 bölgelerde bakteriyel kolonizasyon görüntülenmiştir. Kural bölgede ise bakteriyel kolonizasyon gözlenmemiştir. Kural bölgede orta ve apikal bölgelere göre daha temiz bir dentin yüzeyi gözlenirken, apikal bölgede smear tabakasının etkili bir şekilde kaldırılamadığı tespit edilmiştir (Şekil 19-20-21).



Şekil 19. Er,Cr:YSGG lazer uygulanan grup, kural 1/3 (500 büyütme)



Şekil 20. Er,Cr:YSGG lazer uygulanan grup, orta 1/3 (500 büyütme)

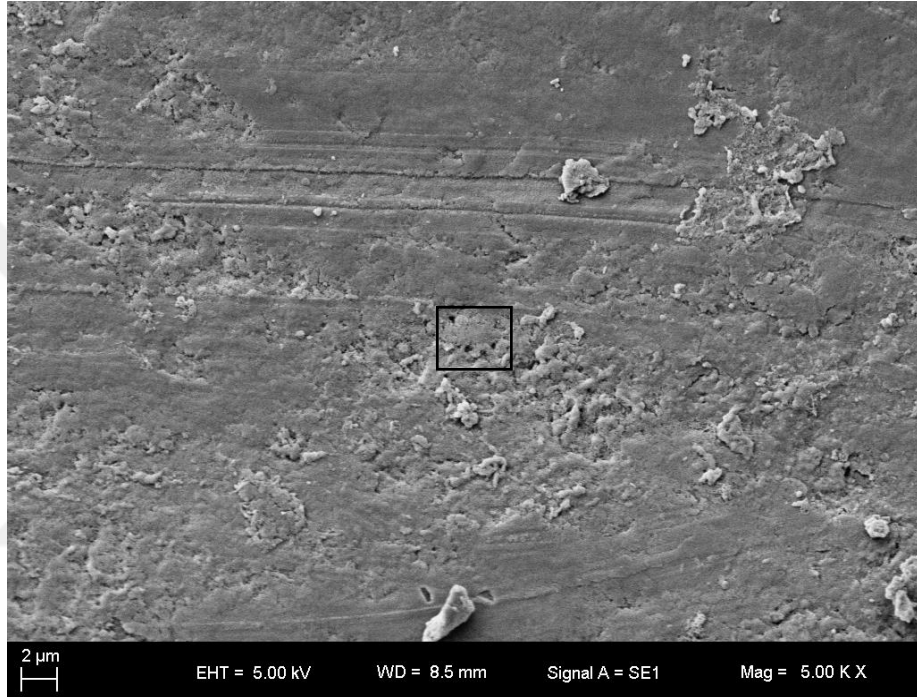


Şekil 21. Er,Cr:YSGG lazer uygulanan grup, apikal 1/3 (500 büyütme)

- *Beyaz ok: Bakteriyel kolonizasyon
- Mavi ok: Yoğun smear ile kaplı alan
- Siyah dörtgen: Yoğun smear tabakası ile kaplı yüzey

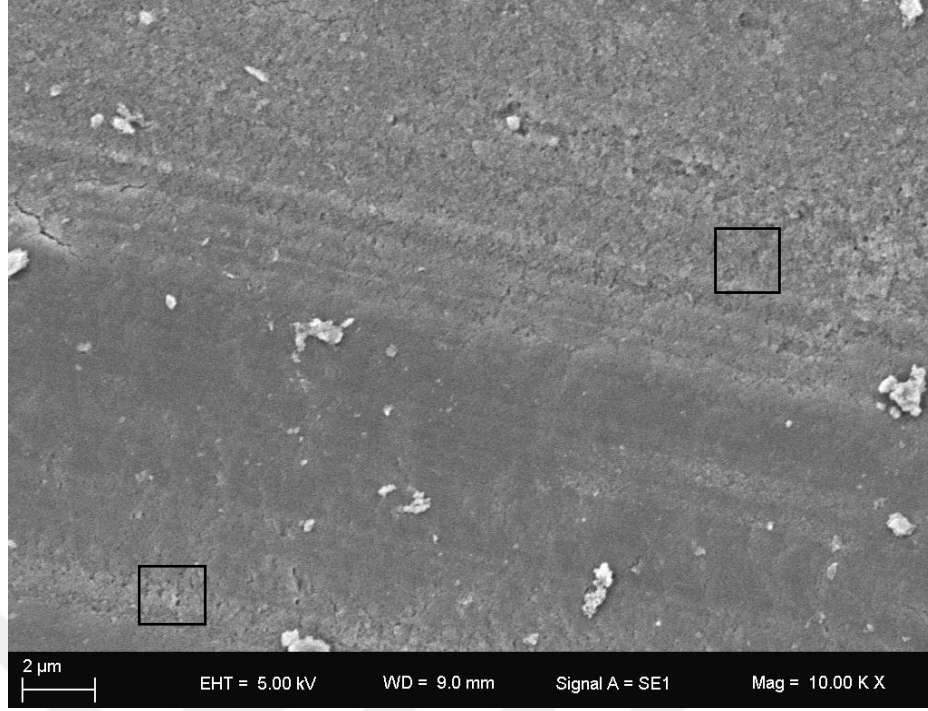
4.4.5 Er,Cr:YSGG ve NaOCl Uygulanan Grubun İncelenmesi

NaOCl'nin Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği grupta kural 1/3, orta 1/3 ve apikal 1/3 bölgelerinden alınana görüntülerde bakteriyel kolonizasyona rastlanmamıştır. Bu grupta kural 1/3, orta 1/3 ve apikal 1/3'ten alınan görüntülerde daha temiz bir dentin yüzeyine rastlanmış ve smear tabakasının homojen bir şekilde kaldırıldığı tespit edilmiştir (Şekil 22-23-24).



Şekil 22. Er,Cr:YSGG + NaOCl grubu, kural 1/3 (500 büyütme)

*Siyah kare: Smear tabakasının kaldırıldığı alan



Şekil 23. Er,Cr:YSGG + NaOCl grubu, orta 1/3 (500 büyütme)

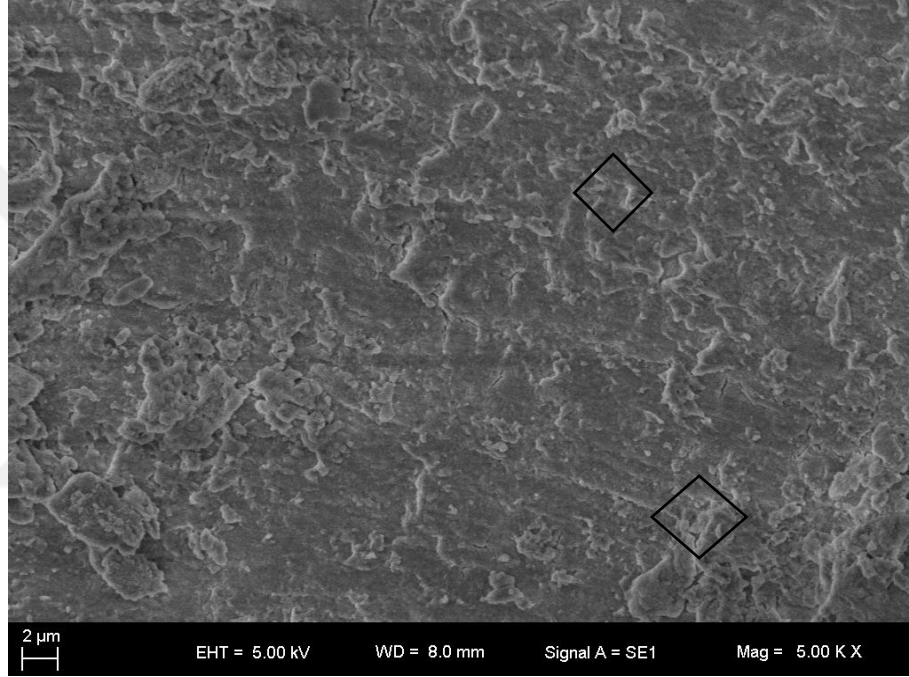


Şekil 24. Er,Cr:YSGG + NaOCl grubu, apikal 1/3 (500 büyütme)

*Siyah kare: Smear tabakasının kaldırıldığı alan

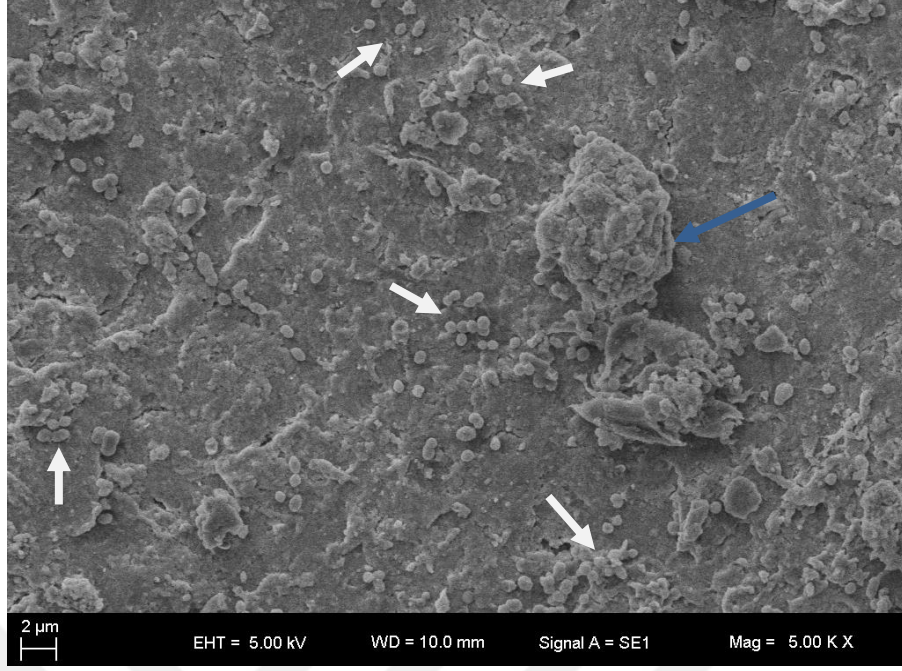
4.4.6 Er,Cr:YSGG ve Diode Lazer Uygulanan Grubun İncelenmesi

Er,Cr:YSGG + Diode lazer uygulanan gruptan alınan görüntüler Er,Cr:YSGG lazer uygulanan gruptan alınan örneklerle benzerlik göstermiştir. Kural 1/3'te bakteriyel kolonizasyon gözlenmezken orta ve apikal 1/3'ten alınan görüntülerde bakteriyel kolonizasyon gözlenmiştir. Smear tabakası varlığı ise apikal 1/3'te en fazla iken kural 1/3'te en az olarak görülmüştür (Şekil 25-26-27).

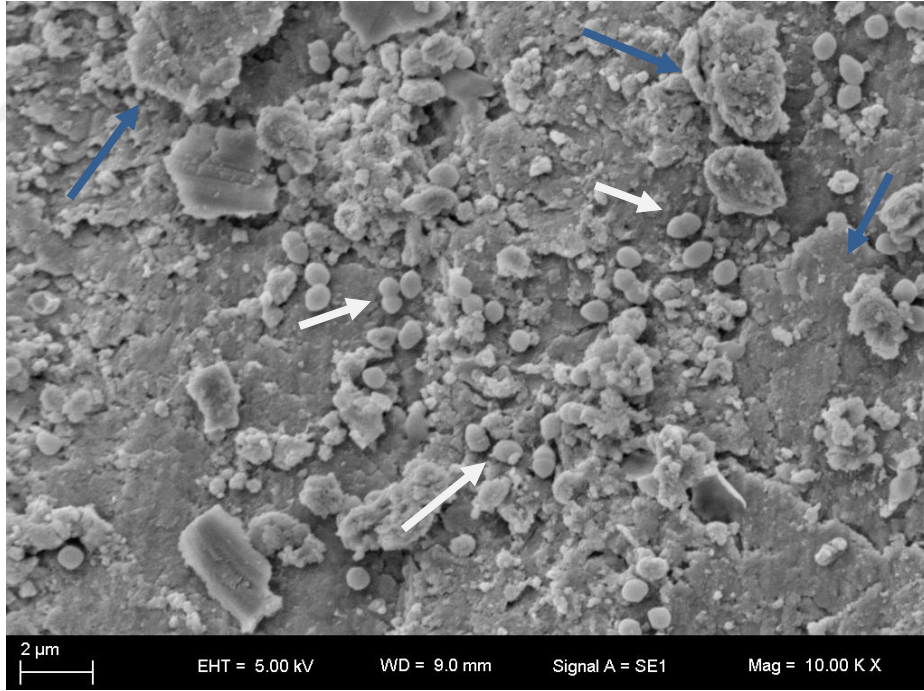


Şekil 25. Er,Cr:YSGG + Diode lazer, kural 1/3 (500 büyütme)

* Siyah dörtgen: Yoğun smear tabakası ile kaplı yüzey



Şekil 26. Er,Cr:YSGG + Diode lazer, orta 1/3 (500 büyütme)



Şekil 27. Er,Cr:YSGG + Diode lazer, apikal 1/3 (10000 büyütme)

*Beyaz ok: Bakteriyel kolonizasyon
Mavi ok: Yoğun smear ile kaplı alan

5 TARTIŞMA

Pulpal ve periodontal hastalıkların temel nedeni çeşitli yollarla pulpaya ulaşan bakteri ve bakteri ürünleridir. Aynı zamanda kök kanal tedavisindeki başarısızlıkların temelini de bakteriyel enfeksiyonlar oluşturmaktadır. Kanal tedavisi sırasında kanal içindeki bazı bakteriler endodontik dolumdan sonra bile varlığını sürdürebilmekte ve tekrarlayan enfeksiyonlara neden olabilmektedir. Bu nedenle uzun süreli endodontik başarı için kök kanal dezenfeksiyonunun etkili bir şekilde sağlanması önem taşımaktadır. Ancak geleneksel yöntemler ile tam bir endodontik dezenfeksiyon sağlamak; kullanılan irrigasyon solüsyonlarının derin dentin tübüllerine ve apikal bölgeye penetre olamaması, kök kanallarının kompleks anatomik yapısı ve bakterilerin biyofilm oluşturmaları nedeniyle mümkün olamamaktadır. Mikroorganizmalar dentin tübüllerinde 1 mm derinliğe kadar penetre olabilirken, irrigasyon solüsyonları ancak 100 µm'ye kadar penetre olabilmektedir. Aynı zamanda kök kanalının apikal 1/3'ünde kanal çapının dar olması yüksek yüzey gerilimi oluşmasına ve irrigasyon solüsyonlarının o bölgede etkili bir temizlik sağlayamamasına neden olur [9, 83, 154-156].

Kemomekanik preparasyon sırasında kök kanal dezenfeksiyonu için en çok kullanılan ajan NaOCl'dir. Ancak sitotoksik özellikleri, kötü tad ve kokuya sahip olması ve smear tabakasını kaldırmada yetersiz kalması gibi olumsuz özellikleri nedeniyle ideal bir irrigasyon ajanı olamamaktadır. Günümüzde dentin tübüllerine yüksek penetrasyon özelliği gösteren, tüm mikroorganizmalar üzerinde etkili ve ideal özelliklere sahip bir irrigasyon ajanı veya yöntem henüz bildirilmemiştir [10].

Geleneksel endodontik tedavi ile elde edilen sonuçları geliştirmek ve iyileştirmek amacıyla hızla gelişen lazer teknolojisi kullanılmaya başlanmıştır. Kök kanallarında ulaşılamayan bölgelere lazerlerin ince esnek optik uçları ile lazer ışınının nüfuz etmesi sağlanmaktadır. Aynı zamanda geleneksel yöntemlerle birlikte kullanılan lazer teknolojisi ile irrigasyon solüsyonlarının penetrasyon derinliği arttırılabilmektedir [108].

Antibakteriyel etkinliklerin incelendiği çalışmalar *in vivo* veya *in vitro* olarak planlanmaktadır. *In vivo* olarak planlanan çalışmalarda kanal tedavisi sırasında kök

kanallarından mikrobiyolojik örnekler alınmakta ve çeşitli kültür teknikleri kullanılarak test edilen dezenfeksiyon yöntemlerinin etkinlikleri kıyaslanmaktadır.

İn vitro olarak planlanan antimikrobiyal çalışmalarda direkt kontakt testi, agar difüzyon testi, insan veya hayvan diş modelleri gibi yöntemler kullanılmaktadır. Agar difüzyon ve direkt kontakt testlerinde mikroorganizmaların test edilen materyal ile direkt teması sonucu oluşan inhibisyon alanı ölçülerek antimikrobiyal etkinlik değerlendirilmektedir. Ancak bu yöntemlerde dentinin tamponlayıcı etkisi, diş dokularının savunma hücreleri, kök morfolojisi gibi antibakteriyel etkinliği azaltabilecek organik faktörler göz ardı edildiğinden bu yöntemlerin in vivo koşulları taklit etmede yetersiz kaldığı düşünülmektedir [156].

İnsan veya hayvan diş modelleri ile yapılan çalışmalarda endodontik mikroflorada etkili olduğu bilinen mikroorganizmaların hazır suşlarının kullanıldığı görülmektedir. Çekilmiş insan veya hayvan dişlerinin kök kanallarına hazır suşların inkübasyonu ile elde edilen kültürler inoküle edilerek test edilen yöntemlerin antimikrobiyal etkinlikleri incelenmektedir [157, 158]. Deneyimizde hazır olarak alınan *E.faecalis* ATCC 29212 suşundan hazırlanan bakteriyel süspansiyon kök kanallarını enfekte etmek amacıyla kullanılmıştır.

Yapılan *in vitro* çalışmalarda dentin tübüllerinin sayı, boyut, çap, morfoloji ve yoğunluğu açısından insan dişlerine olan benzerliği ve çalışma kolaylığı sağlaması açısından sığır dişleri kullanılabilse de [159, 160], çoğunlukla insan dişleri tercih edilmektedir [128, 141, 161-164]. İnsan dişleri seçilerek yapılan çalışmalarda ise sıklıkla tek kök, tek kanallı kesici ya da premolar dişler tercih edilmektedir [128, 159, 161].

Çalışmamızda gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edebilmek amacıyla ve periodontal nedenlerle çekim kararı verilmiş tek kök, tek kanallı insan kesici dişleri kullanılmıştır. Kök kanalları tıkalı olan, kök rezorbsiyonu olan veya çürüğü bulunan dişler çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışmada kullanılacak dişlerin hepsi kullanım zamanına kadar steril serum fizyolojik içinde aynı koşullarda saklanmıştır.

Araştırmada kullanılacak dişler seçilirken düz, eğimli olmayan kökü olan dişler tercih edilmiştir. Ancak klinik koşullarda eğimli kök kanallarına sahip dişler bulunmaktadır. Bu dişlerde özellikle apikal bölüme irrigasyon iğnesinin veya lazerin fiber ucunun ulaşması

düz kök kanallarına sahip dişlere göre daha zordur ve dezenfeksiyonun etkinliği azalabilir. Nathan ve ark. [165] düz ve eğimli kök kanallarına sahip dişlerde %5.25'lik konsantrasyondaki NaOCl solüsyonu ile Er,Cr:YSGG lazerin dezenfeksiyon etkinliklerini karşılaştırmışlardır. 0.06 taper ve apikal genişlik ISO 40 olacak şekilde hazırladıkları *E.faecalis* ile enfekte edilmiş kök kanallarına lazer ışını RFT2 fiber ucuyla 0.75 W güç, 20 Hz atım sıklığında, hava ve su spreyi kapalı şekilde 4 saniye aralıklarda 10 saniye boyunca uygulamışlar ve bu işlemi 3 kez tekrarlamışlardır. Çalışmanın sonucunda dezenfeksiyon yöntemlerinin hepsini hem düz hem de eğri kanallarda başarılı bulmuşlar ve dezenfeksiyon etkinliğinin yeterli mekanik şekillendirmeye bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmamızın bir sonraki basamağında da yöntemlerimizin eğimli kök kanallarına sahip dişlerde test edilmesi düşünülebilir.

Kök kanallarının standardizasyonunun sağlanması için dişler kök boyu 12 mm olacak şekilde su soğutması altında kesilerek kök boyları eşitlenmiştir. Peeters ve ark. [139] debrisin uzaklaştırılmasını kolaylaştırmak ve etkili bir irrigasyon sağlamak amacıyla apikal genişletmenin en az ISO 30 veya 40'a kadar yapılmasını önermiştir. Bu nedenle çalışmamızda kök kanalları step back tekniği ile apikal genişlik ISO 40 olacak şekilde ISO 55'e kadar K file eğeler ile şekillendirilmiştir.

Yapılan çalışmalarda kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında her eğe değişiminden sonra yapılan irrigasyonlarda sıklıkla serum fizyolojik kullanıldığı görülmekle birlikte [154, 157, 162, 166] NaOCl kullanılan çalışmalar da bulunmaktadır [155, 163, 164]. Çalışmamızda şekillendirme sırasında serum fizyolojik solüsyonu kullanılmıştır. Örnekler yapılan çalışmalarla uyumlu olarak otoklavda steril edileceğinden ayrıca NaOCl kullanılmasına gerek duyulmamıştır. Aynı zamanda bu aşamada tüm örneklerde NaOCl kullanılmasının gruplar üzerinde etkili olabileceği ve sonuçları etkileyebileceği düşünülmüştür.

Nakamura ve ark. [167], Wang ve ark. [141], Cheng ve ark. [161] çalışma yöntemleri göz önünde bulundurularak kanal içerisine transfer edilen bakteri süspansiyonunun apikalden taşmasının önlenmesi ve örnek alımı sırasında bakteriyel kontaminasyonun önlenmesi amacıyla kullanılan diş köklerinin uçlarının kompozit rezinle kapatılıp tüm kök yüzeyleri tırnak cilası ile izole edilmiştir. Çalışma kolaylığının sağlanması için mikrobiyolojik inceleme yapılacak örneklerin akrilik bloklara, SEM görüntülemesi yapılacak örneklerin ise silikon

bloklara gömülmesi ile yapılan çalışmalara uyumlu bir biçimde örnek hazırlığı tamamlanmıştır.

Bu tez çalışmasında kök kanal sistemi gram pozitif fakültatif anaerobik bakteri olan aynı zamanda endodontik patojen olarak da bilinen *E.faecalis* ile enfekte edilmiştir. *E.faecalis* 'in çalışmamızda tercih edilme nedeni antimikrobiyal ajanlara yüksek direnç göstermesi ve başarısız tedavilerde kök kanallarında en sık rastlanılan bakteri olmasıdır. *E.faecalis* dentin tübüllerine 300 µm'ye kadar penetre olabilir, dentin tübüllerine invaze olabilmesi ve insan serum kollajenine adhezyon gösterebilmesi sayesinde derin dentin tübüllerinde canlılığını koruyabilir. Döner aletler ve kimyasal ajanlar kullanılarak yapılan enstrümantasyonlarda bile *E.faecalis* kök kanal sisteminden tamamen elimine edilmemektedir. Bu nedenle kullanılan dezenfeksiyon yöntemlerinin *E.faecalis* gibi dirençli mikroorganizmalar üzerinde etkili olması önem taşımaktadır [3, 141, 162, 168].

Antibakteriyel etkinliğin değerlendirilmesi amacıyla yapılan çalışmalarda 24 saat boyunca kültüre edilmiş hazır enterokok suşları kullanılmıştır [141, 157, 161-163]. *E.faecalis*'in kök kanallarındaki inkübasyon süresi ile ilgili farklı görüşler bulunmaktadır. Licata [163], Queiroz [169] ve Kuvvetli [157] *in vitro* koşullarda *E.faecalis*'in kök kanallarındaki inkübasyon süresini 24 saat, Eldeniz ve ark. [162] ise 48 saat olarak belirlemiş ancak bu süreler gerçek fizyopatolojik durumu taklit edemediği gerekçesi ile bazı araştırmacılar tarafından yetersiz bulunmuştur [128]. Gomes ve ark. [63] ile Souza ve ark. [164] 7 gün, Cheng ve ark. [161] 3 hafta, Wang ve ark. [141] ise 4 haftalık inkübasyon sürelerini tercih etmişler ve bu süre içinde bakterilerin canlılığını koruyabilmeleri için belirli aralıklarla kök kanallarına taze besiyeri eklemişlerdir. Bu çalışmada da Souza ve ark.[164] benzer şekilde inkübasyon süresi 1 hafta olarak belirlenmiş ve kök kanallarına 2. ve 5. günlerde taze besiyeri eklenmiştir. Yapılan pilot çalışmada 1 haftalık inkübasyon süresi sonucunda kanallarda 1.8×10^9 CFU/ml konsantrasyonda *E.faecalis* ürediği görülmüştür. Peciulienė [47] kronik apikal periodontitisli 40 dişin kök kanallarından aldığı örneklerde 7×10^7 ile 40×10^7 CFU/ml arasında değişen sayılarda bakteri kolonisi tespit etmiştir. Bu bilgi göz önünde bulundurularak kök kanallarına ekilmek üzere üretilen bakteri yoğunluğu çalışmamız için uygun bulunmuştur. Kök kanallarının bakteriyel kolonizasyonu SEM ile görüntülenerek kontrol edilmiştir.

Antimikrobiyal etkinliğin değerlendirildiği çalışmalarda çeşitli mikrobiyolojik yöntemlerle kök kanallarından elde edilen örneklerdeki canlı kalmış mikroorganizmaların tespitinin yapıldığı mikrobiyolojik sayım yöntemleri kullanılmaktadır. Mikrobiyolojik örnekler kağıt konlar yardımıyla [128], numunelerin içinde besiyeri ya da serum fizyolojik içeren tüplerin içine alınması ile toplanmaktadır [127, 170, 171]. Ancak Orstavik ve Haapsalo [83] bu yöntemler ile alınan bakteri kültürlerinden yeterli sonuçlar elde edilemediğini, alınan örneklerin kanal duvarından elde edilecek dentin talaşlarını da içermesi gerektiğini iddia etmişlerdir. Peters ve ark. [172] kanal duvarından kültür alınmasıyla enfeksiyonun durumu ile ilgili daha iyi kantitatif bilgiler elde edildiğini ifade etmişlerdir. Bu nedenle örnek alımı sırasında serum fizyolojik ile yıkanmış kanal duvarının eğelenmesi ile eğe üzerinde kalan dentin talaşları içinde steril serum fizyolojik bulunan tüpe alınmıştır. Daha sonra kanal içine kağıt kon yerleştirilmiş, 20 saniye temas süresi beklendikten sonra kağıt konun da aynı tüpün içine alınması ile örnek alımı gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamızda antibakteriyel etkinlik değerlendirilirken kullanılan kök kanallarında canlı kalan bakterilerin agarda oluşturduğu koloniler sayılmıştır. Bu yöntem mikrobiyal örneklerdeki canlı bakterilerin sayımını sağlayan metodlardan biridir. Koloni sayım methodunun dezavantajları arasında çok sayıda örnek varlığında kullanılan iş gücünün fazla olması, uzun süre alması, insan gözü ile değerlendirme yapılması buna bağlı olarak standardizasyon sağlamanın zorluğu sayılabilir. Ancak ucuz olması ve ulaşılabilirliğinin kolay olması, elde edilen sonuçların bilimsel açıdan kabul edilebilir olması nedeniyle çalışmamızda bu yöntem tercih edilmiştir.

İrrigasyon solüsyonları pulpal dokunun çıkarılması, kök kanal sistemindeki bakterilerin, bakteri yan ürünlerinin ve debrisin temizlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Güçlü antimikrobiyal etkinliği, vital ve nekrotik doku çözücü özelliği nedeniyle günümüzde en sık kullanılan irrigasyon solüsyonu NaOCl'dir [9, 91, 162]. Ancak vital dokular üzerinde toksik etki göstermesi, kötü tadı, kıyafetlerde ağartma yapması, metalleri korozyona uğratması gibi olumsuz özellikleri nedeniyle NaOCl'ye alternatif olabilecek dezenfeksiyon yöntemleri araştırılmaya devam edilmektedir. [10, 79].

Literatürler incelendiğinde NaOCl'nin %0.5 ile %5.25 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanıldığı görülmektedir. NaOCl'nin hangi konsantrasyonda kullanılması gerektiğiyle ilgili farklı görüşler bulunmaktadır. Farklı konsantrasyonlardaki

NaOCl'nin antibakteriyel etkinliğinin incelendiği çalışmalarda %5.25'lik NaOCl'nin en etkin konsantrasyon olduğu bildirilmektedir [90-92]. Radcliffe ve ark. [9] %5.25'lik NaOCl'nin *E.faecalis* üzerinde 2 dakikada etkili olabildiğini göstermişlerdir. Shih ve ark. [173] NaOCl'nin en etkili antimikrobiyal ajan olduğunu ve dezenfeksiyon etkinliği test edilecek herhangi bir materyalin NaOCl ile kıyaslanması gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu nedenle çalışmamızda lazer yöntemlerinin dezenfeksiyon etkinliği kıyaslanırken grupların birinde %5'lik Wizard marka NaOCl solusyonu kullanılmış ve işlem sırasında solusyonun kök kanallarında 2 dakikalık temas süresi beklenmiştir. Ancak bizim alışmamızda Radcliff ve ark. [9]'dan farklı olarak %100 bakteriyel eliminasyon sağlanamamıştır. Bu farklılığın kullanılan mikrobiyal test yöntemlerine bağlı olduğu düşünülmektedir.

1971 yılında lazerlerin endodontide kullanım alanı bulmasıyla birlikte birçok araştırmacı farklı tipteki lazerlerin kök kanal tedavisindeki etkinliğini incelemeye başlamıştır. Lazer işınının antibakteriyel etkinliğinin yüksek olması, sitotoksik etkiye yol amaması ve kanal içinde kullanımının kolay olması nedeniyle kök kanal dezenfeksiyonunda lazer kullanımı önerilmektedir. Geleneksel yöntemlerle dezenfeksiyonun sağlanmasının zor olduğu lateral kanallar, isthmus, apikal delta gibi bölgelere lazer işını ulaşabilmektedir [108, 162].

Er,Cr:YSGG lazer 2780 nm dalga boylu lazerlerdir. Er,Cr:YSGG lazerlerin su molekülleri ve hidroksiapetit kristalleri tarafından absorbe edilmesi nedeniyle çürük temizleme ve kavite preparasyonlarındaki etkinliği daha çok araştırma konusu olmuştur. Ancak son zamanlarda yapılan çalışmalarda kök kanal tedavisi sırasında bakterisidal etkinlik gösterdiği de bildirilmiştir [142].

Biolase firması tarafından “radial firing tips (RFT)” adı verilen 60°'lik açıyla konik bir forma verilen endodontik uçlar piyasaya srlmştir. Schoop ve ark. [174] konik forma sahip bu lazer uçlarının kök kanal sisteminin formuna daha uygun olduğunu ve tüm kök kanal duvarında homojen bir işınlama sağladığını bildirmişlerdir. Bu nedenle çalışmamızda kesici dişlerin kanal çapı ve boyuna en uygun olan 21 mm uzunluğa, 200 m çapa sahip fiber uç kullanılmıştır.

Wang ve ark. [141] Er,Cr:YSGG lazeri 1 W ve 1.5 W ıkış gücünde deneysel olarak *E.faecalis* ile enfekte edilmiş kök kanallarına uygulamışlardır. Lazer ucu aktive edilerek kuronalden apikale ve tekrar apikalden kuronale hareket ettirilecek şekilde 10 saniye boyunca

aktive edilmiş ve 15 saniye aralıklarla aynı işlem 4 kez tekrarlanmıştır. Her iki grupta da kontrol grubuna göre *E.faecalis* sayısında azalma gözlenmiştir. 1 W güçle uygulanan grupta %77, 1.5 W güçte uygulanan grupta %96 oranında bakteriyel azalma tespit edilse de iki grup arasında istatistiksel anlamda fark bulunamamıştır. 2 ml %2.5'lik NaOCl'nin 2 dakika temas süresi beklenerek uygulandığı grupta ise %100 eliminasyon sağlanmıştır.

Arnabat ve ark. [17] % 5 ve %0,5'lik konsantrasyonlarda NaOCl ile farklı güç ve saniyelerde Er,Cr:YSGG lazer uygulamasının dezenfeksiyon etkinliğini *E.faecalis* üzerindeki eliminasyon yeteneği ile değerlendirmişlerdir. Er,Cr:YSGG lazeri 20 Hz atım hızında 1W ve 2 W güçlerde 30 ve 60 saniye boyunca kök kanallarına uygulamışlardır. Çalışma sonucunda diğer çalışmalarla uyumlu olarak en yüksek bakteriyel eliminasyonu %5'lik NaOCl uygulamasında elde etmişlerdir. Tüm lazer gruplarının antibakteriyel etkinliği ise %0.5'lik NaOCl uygulamasından yüksek bulunmuştur. Lazer grupları kendi arasında değerlendirildiğinde 2 W güç ile 60 saniye yapılan uygulamada en iyi sonuçlar elde edilirken diğer gruplar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. % 3 NaOCl ile Er,Cr:YSGG lazerin (0.5 W %20 hava ve su) antibakteriyel etkinliklerinin değerlendirildiği başka bir çalışmada ise Er,Cr:YSGG lazer uygulaması ile bakteriyel azalma görülürken NaOCl ile tam bir eliminasyon sağlanmıştır [136].

Cheng ve ark. [161] çalışmamızla benzer yöntemler kullanarak Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG lazerler ile antimikrobiyal fotodinamik terapinin (aPDT) dezenfeksiyon etkinliğini incelemişlerdir. Araştırmacılar kök kanalları *E.faecalis* ile deneysel olarak enfekte edilmiş tek kök, tek kanallı insan kesici dişleri kullanmışlardır. Nd:YAG lazer 15 Hz atım hızında, 1.5 W gücünde uygulanmış, ışınlama 15 saniye aralıklarla 4 saniye boyunca yapılmış ve 4 kez tekrar edilmiştir. Er:YAG lazer grubunda kanallar %5.25'lik NaOCl, serum ve distile su ile doldurulduktan sonra 0.3 W gücünde 15 Hz atım hızında 20 saniye boyunca ışınlama yapılmıştır. Er,Cr:YSGG lazer 1 W gücünde, 20 Hz atım hızında uygulanmıştır. 415 µm çapa sahip fiber uç çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde yerleştirilmiş, 1 mm/sn hızla yukarı doğru çekilerek 15 saniye boyunca ışınlama yapılmıştır. 15 saniye aralıklarla aynı işlem 4 kez tekrarlanmıştır. aPDT grubunda kanallar ışığa duyarlı metilen mavisi ile doldurulmuş 20 Hz atım hızında, 60 saniye boyunca LED ışığı ile aktive edilmiştir. Negatif kontrol grubunda 5 ml %5.25'lik NaOCl solüsyonunu 60 saniye boyunca kök kanallarına uygulamışlardır. Pozitif kontrol grubunda ise 5 ml %0.9'luk salin solüsyonunu kök kanallarına

60 saniye boyunca uygulamışlardır. Araştırmacılar Er,YAG lazer ile NaOCl kombinasyonunda %100, tek başına NaOCl uygulamasında ise %99 oranında bakteriyel eliminasyon tespit etmişlerdir. Er,Cr:YSGG lazer ise tek başına yeterli antibakteriyel etkinlik gösterememiştir.

Bu tez çalışmasında Er,Cr:YSGG lazerin tek başına, NaOCl ile veya Diode lazer ile birlikte kullanımının *E.faecalis* üzerine antimikrobiyal etkinliğinin en sık kullanılan irrigasyon ajanı olan NaOCl ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmamızın sonucunda en etkili antimikrobiyal etkinlik Er,Cr:YSGG lazerin NaOCl ile birlikte kullanılmasıyla elde edilmiştir. Bu sonuçlar Cheng ve ark. [161] sonuçlarını destekler niteliktedir. Er,Cr:YSGG lazer kullanılan grupta ise, daha önce yapılan çalışmaları destekler nitelikte, pozitif kontrol grubuna göre belirgin şekilde bakteriyel eliminasyon sağlansa da NaOCl grubuna kıyasla daha zayıf antimikrobiyal etkinlik tespit edilmiştir [17, 141, 162, 171].

Gordon ve ark. [175] ise *E.faecalis* ile enfekte edilmiş dentin silindir modelleri üzerinde 0.175 W ve 0.35 W güçlerinde 30, 60, 120, 240 saniyelerde RFT uç ile uyguladıkları Er,Cr:YSGG lazerin dezenfeksiyon etkinliğini %2.5'lik NaOCl solüsyonu ile kıyaslamışlardır. Çalışmanın sonucunda konik formlu uçlarla uygulanan Er,Cr:YSGG lazer ile %99.7 oranında bakteriyel eliminasyon sağlamışlar ve bu yöntemin NaOCl'ye göre daha başarılı olduğunu tespit etmişlerdir. Bizim uyguladığımız 1.25 W güçten daha az güçte lazer uygulaması yapmalarına rağmen böyle bir sonuç elde etmiş olmaları dikkat çekicidir. Elde ettiğimiz sonuçlar arasındaki bu farklılığın, değişik mikrobiyal test yöntemlerinin kullanılmasına bağlı olduğunu düşünülmektedir.

NaOCl'nin antibakteriyel etkinliğini gösterebilmesi için bakteri ile direkt temas etmesi gerekmektedir. Ancak *E.faecalis* dentin tübüllerinde 1000 µm ve daha derinlere penetre olabilirken NaOCl en fazla yaklaşık 130 µm derinliğe penetre olabilmektedir [61-63]. Çalışmamızda NaOCl'nin tek başına kullanıldığı grupta antibakteriyel etkinliğin Er,Cr:YSGG lazer ile kombine kullanıldığı gruba göre daha düşük olmasının nedeninin bu olduğu düşünülmektedir.

Enfekte kök kanallarında antibakteriyel etkinliğin araştırılması ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde Er,Cr:YSGG lazerin hangi güç, atım sıklığı ve sürelerde

uygulanması gerektiği ile ilgili bir fikir birliğine rastlanmamıştır. Bu nedenle Er,Cr:YSGG lazer, firmanın önerdiği parametrelerde ve şekilde uygulanmıştır. Dişte meydana gelebilecek termal hasarın önlenmesi amacıyla yine firmanın önerisi doğrultusunda %34 hava ve %24 su ayarları ile kullanılmıştır. Hava ve su spreyi sadece %5'lik NaOCl'nin lazer ile aktive edildiği grupta kanal içindeki solüsyonun etkinliğini azaltmamak amacıyla kapalı tutulmuştur.

Geleneksel irrigasyon yönteminde en iyi etkinin elde edilebilmesi için NaOCl grubunda uyguladığımız gibi irrigasyon iğnesi çalışma boyundan 1-2 mm kısa olacak şekilde yerleştirilmeli ve irrigasyon solüsyonu tüm kök kanal duvarına temas ettirilmelidir. Bu teknikte en temel problem kök kanal genişliği ve morfolojisine bağlı olarak irrigasyon iğnesinin yeterli penetrasyon derinliğine ulaşamaması ve irrigasyon solüsyonunun kök kanallarına eşit ve etkili dağılımının sağlanamamasıdır. Etkili bir irrigasyon için yıkama sırasında uygulanan basınç da önemlidir. Solüsyon az basınçla uygulanırsa apikal bölgeye ulaşamaz; fazla basınçla uygulanırsa kök ucundan taşabilir ve doku hasarına, ağrıya, ilgili bölgede şişliğe yol açabilir. Literatürlerde bildirilen NaOCl kazaları en sık bu şekilde oluşmaktadır [176].

Lazerle aktive edilen irrigasyon yöntemi erbiyum lazerler ile irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonunun yapıldığı bir yöntem olarak bildirilmiştir. Bu yöntemin temeli ablasyon yaratacak güçlerde ayarlanan lazerin su moleküllerinde genişliğin patlayan geniş eliptik buhar kabarcıkları oluşturmaya bağlıdır. Buhar kabarcıklarının orjinal hacimlerinden 1.600 kat fazla genişlemesiyle solüsyon kanal içerisine yayılır; 100-200 µs sonra büzülmeleriyle ise basınç düşer ve solüsyon kanal içine geri gelir. Lazerin bu sekonder kavite etkisi sırasında artan kanal içi basınç nedeniyle solüsyonun apekten taşma riski ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle konvansiyonel yöntemlerde tüm kanal duvarının lazer enerjisine maruz kalması için önerilen, lazer ucunun helikoidal hareketler ile kanal içinde uygulanması bu yöntemde tercih edilmemektedir [177]. Matsuoka [178] 200-300 µm çapındaki fiber uçlarının bu yöntemde anatomik apekten 2-3 mm uzakta tutulması gerektiğini bildirmiştir. George ve Walsh [179] fiber ucun kök ucundan 4 mm kısa yerleştirilmesiyle kök ucundan taşan solüsyon miktarının 5 mm uzakta yerleştirilmesine göre iki kat daha fazla olduğunu ifade etmiştir. Blanken [138] %2.5'lik NaOCl ile doldurduğu kanallara 200 µm çaplı lazer ucunu bir grupta helikoidal, diğer grupta ise çalışma boyundan 5 mm uzakta ve sabit tutarak uygulamıştır. Çalışma sonucunda lazer ucunun hareket ettirilerek

uygulanmasıyla kök ucundan taşan boya miktarının daha fazla olduğunu gözlemlemiştir. Bu bilgiler ışığında NaOCl'nin lazer ile aktive edildiği grup 3 'te diğer lazer gruplarından farklı olarak 200 µm çaplı fiber uç çalışma boyundan 5 mm kısa yerleştirilerek ışınlama süresince sabit tutulmuştur.

Literatülerde lazer ile aktive edilen irrigasyon yönteminin daha çok Er,YAG lazer ile uygulandığı görülmektedir. Er,Cr:YSGG lazer ile yapılan kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Balic ve ark. [180] Er,YAG lazer ile aktive edilen %2.5'lik NaOCl solüsyonunun deneysel olarak *E.faecalis* ile enfekte edilmiş kök kanallarının dezenfeksiyonunda %2.5'lik NaOCl ile yapılan konvansiyonel irrigasyona göre daha etkili olduğunu bildirmiştir. Ordinola-Zapata ve ark. [181] da sığır dişleri ile yaptıkları çalışmada 0.30 W güç, 15 Hz atım sıklığında uyguladıkları Er:YAG lazer ile %6'lık NaOCl solüsyonunu pulpa odasından aktive etmişlerdir. %6'lık NaOCl'nin lazer ile aktive edilmesiyle, irrigasyon iğnesi ile yapılan geleneksel irrigasyon yöntemine göre daha fazla bakteriyel eliminasyon sağlanmıştır.

Bago Juric ve ark. [182] %2.5'lik NaOCl solüsyonunu Er,Cr:YSGG lazer ile 1.25 W güç, 20 Hz atım sıklığında, 5 saniye aralıklarla 5 saniye boyunca aktive etmiş ve bu işlemi 4 kez tekrarlamıştır. Bu yöntemin %2.5'lik NaOCl'nin şırınga irrigasyonuna göre *E.faecalis* üzerinde daha başarılı olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada bizim kullandığımız parametrelerin aynısı kullanılmış ancak daha kısa süre ışınlama yapılmıştır. Bu farklılığa rağmen elde edilen sonuçlar benzerdir. Araştırmamızın sonucuna göre %5'lik NaOCl solüsyonunun Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edilmesiyle antibakteriyel etkinlikte artış tespit edilmiş ve %5'lik NaOCl ile yapılan geleneksel irrigasyona göre daha başarılı bulunmuştur.

Lazerler kök kanal dezenfeksiyonunda, smear ve debris tabakasının kaldırılmasında alternatif bir yöntem olarak önerilmektedir. Er,Cr:YSGG lazer su tarafından absorbe edilen lazerlerdir. Er,Cr:YSGG lazerin 1-3 W arasında değişen güçlerde kullanıldığında kök kanallarını debris ve smear tabakasından temizlemede etkili olduğu bildirilmiştir [142, 149, 183]. Altundasar ve ark. [149] Er,Cr:YSGG lazerin kök kanal duvarında yaptıkları morfolojik ve histolojik incelemeler sonucunda 3 W güçte uygulanan Er,Cr:YSGG lazerin, smear tabakasını kaldırmada başarılı olduğunu ancak kanal duvarında termal hasar meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Bolhari ve ark. [183] 2.5 W güçte uygulanan Er,Cr:YSGG lazeri smear kaldırmada başarılı bulurken, 1.5 W güçte uygulanan lazerin smear kaldırma etkinliğini ethylenediaminetetraasetik asit (EDTA) ve NaOCl kullanılan grupla aynı bulmuştur. Soares

ve ark. [142] süt dişleri kök kanallarında Er,Cr:YSGG lazerin smear kaldırmadaki etkinliğini değerlendirmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre; 1.5 W güçte uygulanan Er,Cr:YSGG lazerin kök kanallarını temizlenme etkinliği döner aletlerle yapılan preparasyona benzer, geleneksel preparasyona göre ise üstün bulunmuştur.

Diode lazerler bakterisidal özellikleri nedeniyle endodontik tedavide kullanılmaktadır. Aynı zamanda cihazın küçük boyutlarda olması, maliyetinin diğer lazerlere göre düşük olması, farklı çıkış güçleri ve operasyon modlarının olması nedeniyle de araştırmacılar tarafından ilgi konusu olmuştur [184]. Diode lazerlerin antibakteriyel etkinliği bakteri hücreleri tarafından absorbe edilmesine bağlıdır. Sert dokular tarafından absorbe edilmediğinden derin dentin tübüllerine penetre olabilir. Romeo ve ark. [154] 980 nm diode lazerin dentinde 750 µm derinlikte yer bakterilerin %63'ünde azalma sağladığı bildirmiştir. Gutknecht ve ark. [185] ise 980 nm dalga boylu Diode lazerin *in vitro* koşullarda 500 mikron derinliğe penetre olmuş *E.faecalis* bakterisi üzerinde etkili olduğunu tespit etmiştir.

Kuvvetli ve ark. [157] Er:YAG lazer, 810 nm dalga boylu Diode lazer ve NaOCl solüsyonunun antibakteriyel etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmada; 300 mW güç ve devamlı modda uygulanan Diode lazer etkinliğini, 50 mJ güçte uygulanan Er:YAG lazere göre üstün bulunmuştur. Ancak en başarılı sonucun %5.25'lik NaOCl ile geleneksel olarak irrigasyon edilen kanallardan elde edildiğini bildirmişlerdir. Romeo ve ark. [154] 2.5 W güçte uygulanan 980 nm dalga boylu lazerin *E.faecalis*'i elimine etmede başarılı bulunduğunu bildirmiştir.

Endodontide dalga boyları 810 nm [157], 830 nm [186], 940 nm [166], 980 nm [187] dalga boylarına sahip Diode lazerler kullanılabilmektedir. Araştırmamızda kullanılan Diode lazer 940 nm dalga boylu, kalem şeklinde, uygulaması ve taşınması kolay bir cihazdır. Çalışmamızda Beer ve ark. [166] tarafından *E.faecalis* üzerine etkili olduğu iddia edilen lazer parametreleri tercih edilmiştir. Yapılan çalışmada 810 nm ve 940 nm dalga boyuna sahip iki Diode lazerin *E.faecalis* ve *E.coli* üzerindeki antibakteriyel etkinliği değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda 940 nm dalga boylu Diode lazerin 1.5 W ortalama güç ile uygulandığı grupta başarılı sonuç elde edilmiş ve %99,66 oranında bakteri eliminasyonu sağlanmıştır.

Derin dentin tübülleri içinde varlığını sürdüren bakterilerin eliminasyonu için mekanik enstrümantasyon sırasında oluşan smear tabakasının kaldırılması kök kanal tedavisinin başarısında büyük önem taşımaktadır. İstenilen bu etki 2780 nm dalga boyuna

sahip Er,Cr:YSGG lazerin ablyasyon etkisi ile Diod lazerin dentin dokusunda derinlere penetre olabilme özelliğinin birleştirilmesiyle elde edilebilir.

Er,Cr:YSGG lazer ile kombine Diode lazer uygulaması 2015 yılında diş hekimliği literatürüne girmiş yeni bir yöntemdir. Bu yöntemle ilgili olarak yapılan ilk çalışmalar güvenli bir kullanım sağlayacak parametrelerin geliştirilmesine yönelik yapılan çalışmalardır. Araştırmacılar kanal içine farklı parametrelerle uyguladıkları Er,Cr:YSGG lazer ile birlikte Diod lazer uygulamışlar ve kökün dış yüzeyinde meydana gelen ısı değışikliklerini test etmişlerdir [188, 189]. 2015 yılında Al-Karadaghi ve ark. [190] iki farklı dalga boyuna sahip bu lazer uygulama yönteminin kök kanallarında meydana getirdiğı değışikliğı SEM görüntüleriyle birlikte incelemişlerdir. Çalışmamızın planlandığı tarihlerde bu yöntemin kök kanal dezenfeksiyonunda test edildiğı herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak 2016 yılında Gutknecht ve ark. [117] *E.faecalis* ile enfekte edilmiş sığır dişlerinden elde edilmiş farklı kalınlıklardaki dentin diskleri üzerinde 1,06 W güç, 50 Hz atım sıklığında Er,Cr:YSGG lazer ile 0.51 W güç ve atımlı modda Diode lazer uygulamasının antibakteriyel etkinliğini değerlendirdikleri bir araştırma yayınlamışlardır. Bu yöntemin 1000 µm kalınlığındaki dentin diskinde aynı güçte uygulanan Er,Cr:YSGG lazere göre daha başarılı olduğunu bildirmişlerdir. İnsan diş modellemesi ile yaptığımız bu tez çalışmasında ise Er,Cr:YSGG lazer ile Diode lazer uygulamasının Er,Cr:YSGG lazer uygulamasına göre üstünlüğü tespit edilmemiştir.

Endodontik alanda lazerlerin kök kanallarının dezenfeksiyonuna olan etkisi en çok araştırılan konu olmuştur. Kullanılan farklı dalga boyuna sahip lazerler dokuda farklı doku reaksiyonlarına yol açmaktadır. Tedavide kullanılacak lazerin belirlenmesinde gösterdiği dezenfeksiyon etkinliğinin yanında kök kanal morfolojisinde ve dentin geçirgenliğinde meydana getirdiğı değışiklikler de göz önünde bulundurulmalıdır [191].

McComb ve Smith [74] mekanik preparasyon sonrası kanal duvarlarında smear tabakası ve pulpa artıklarının dentin duvarlarında biriktiğini ve dentin tübüllerini tıkadığını rapor eden ilk araştırmacılarıdır. Preparasyon sırasında kimyasal ajanlar kullanılsa bile oluşan bu tabakanın dentin geçirgenliğini azaltarak irrigasyon solüsyonlarının dentine penetrasyonunu engellediğı tespit edilmiştir [192].

Yüksek yoğunluklu lazerler, kök kanallarında var olan mikroorganizmaları azaltması, smear tabakasını kaldırarak dentin geçirgenliğini artırması nedeniyle geleneksel endodontik tedaviye yardımcı araçlar olarak önerilmektedir. Geçirgenlik dentinin tübüler yapısından kaynaklanan, tübüllerin sayı ve genişliğine bağlı olarak değişen bir özelliktir. Geçirgenliği artmış dentin boyunca irrigasyon solüsyonları açık dentin tübüllerine yayılır ve solüsyonun etkinliği artar. Geçirgenlik artışı hem kök kanal dezenfeksiyonu hem de dolum patı ile kanal duvarı arasında yüksek mekanik direncin sağlanabilmesi açısından önemli bir faktördür [193, 194]. Bu nedenle çeşitli dezenfeksiyon yöntemlerinin antimikrobiyal etkinliğinin değerlendirildiği bu çalışmada dentin geçirgenliği analizinin de yapılmasının önemli olduğu düşünülmüştür. Geçirgenlik analizi mikrobiyal test yapılan örnekler üzerinden yapılmış ayrı örnek hazırlığı yapılmamıştır. Bu modelleme klinik duruma daha yakın sonuçlar vereceği tercih edilmiştir.

Literatürde Er,Cr:YSGG lazerin kanal dentin geçirgenliğine olan etkisinin incelendiği az sayıda çalışma bulunmaktadır. Esteves-Oliveira ve ark. [191] Nd:YAG, Er:YAG ve Diode lazerin kök kanal duvar morfolojisi ve geçirgenliğinde meydana getirdiği değişiklikleri incelemişlerdir. %1'lik NaOCl kullanarak ISO 40'a kadar apikal genişletme yaptıkları kök kanallarını 4 gruba ayırmışlar ve bir grubu kontrol grubu olarak belirlemişlerdir. Diğer gruplara 1.5 W güç ve 15 Hz atım sıklığında Er:YAG lazer; 2.5 W güç ve sürekli moda Diode lazer; 1.5 W güç ve 15 Hz atım sıklığında Nd:YAG lazer uygulaması yapmışlardır. Kök kanallarını %2'lik metilen mavisi ile boyayan araştırmacılar sonrasında örnekleri uzun aksına paralel olacak şekilde iki eşit parçaya ayırmışlardır. Yüksek çözünürlüklü kamera ile fotoğrafını çektikleri kesitlerin dijital ortamda analizini yapmışlar ve boyalı alanların boyalı olmayan alanlara oranını hesaplamışlardır. Çalışma sonucunda apikal bölgede gruplar arası istatistiksel anlamda fark bulunamamıştır. Orta bölgede Diode ve Er:YAG lazer başarılı bulunurken, kural bölgede tüm gruplar içinde Nd:YAG lazer en başarısız bulunmuştur.

Silva ve ark. [193] geleneksel endodontik enstrümantasyon sonrası 0.75 W, 1.5 W, ve 2 W güçlerde uyguladıkları Er,Cr:YSGG lazerin kök kanal morfolojisi ve geçirgenliğine olan etkisini incelemişlerdir. Kök kanallarını boyayıcı ajan olarak kanal medikamanı olan deksametazon fosfat, paramonoklorofenol, polietilenglikol (NDP) içerisinde çözdükleri rhodamine B boya solüsyonunu kullanmışlardır. Sonuçları apikal, orta ve kural olacak

şekilde üç ayrı bölgeden alınan kesitlerde değerlendirilmiştir. Apikal ve kuronal kesitlerde lazerin 2 W güçte uygulandığı grup en başarılı bulunurken orta kısımda 1.5 W ve 2 W güçte uygulanan gruplar başarı göstermiştir. 0.75 W güçte lazer uygulanan grupta ise her üç bölgede de kontrol grubundan istatistiksel anlamda farklılık gözlenmemiştir.

Al-Karadaghi ve ark. [190] Er,Cr:YSGG lazer ile Diode lazerin birlikte kullanılması ile dentin geçirgenliğinde meydana gelen değişikliği incelediği çalışmada 51 tek köklü diş kullanmıştır. Er,Cr:YSGG lazeri RFT tip uçla 1.25 W güç, 50 Hz atım sıklığı ile; Diod lazeri ise 2 W güçte uygulanmıştır. Er,Cr:YSGG lazer uygulanan grupta 54 sn ışınlama yapılmıştır. Her iki lazerin uygulandığı grupta ise toplam 162 sn ışınlama yapılmıştır. Işınlama yapılmayan grup ise kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Er,Cr:YSGG uygulanan grup ile kontrol grubunda apikal, orta ve kuronal bölgelerden alınan kesitlerde istatistiksel anlamda farklılık bulunamamıştır. İki lazerin birlikte uygulandığı grupta ise tüm bölgelerde dentin geçirgenliğinde artış tespit edilmiştir. Tüm gruplarda ise apikal bölgede diğer bölgelere göre en az boya penetrasyonu görülmüştür.

Dentin geçirgenliği analizinde boyayıcı madde olarak çalışmalarda farklı solüsyonların kullanıldığı görülmektedir. Kullanılan solüsyonlar arasında herhangi bir üstünlük bulunmamaktadır. Çalışmamızda ulaşılabilirliğinin kolay, maliyetinin ucuz olması nedeniyle Esteves-Oliveira [191] ile Al-Karadaghi ve ark. [190] çalışmalarında kullandığı boyayıcı ajan olan metilen mavisi tercih edilmiştir. Kesitlerin yüksek çözünürlüklü fotoğraflarının elde edilmesi ve dijital ortama aktarılmasında ise önceki çalışmalara benzer şekilde stereomikroskop kullanılmıştır [190, 193]. Görüntü Adobe Photoshop CS 6 (Adobe Systems Software, İrlanda) yazılımı tercih edilmiştir. Bunun nedeni Adobe Photoshop CS 6 programının görüntü analizinde daha gelişmiş özelliklere sahip olması ve mavi boyalı alanların seçiminin daha doğru şekilde yapılabilmesidir.

Çalışmamızın sonuçları incelendiğinde smear kaldırma etkinliğinin zayıf olduğu bilinen NaOCl solüsyonunun kullanıldığı grupta kontrol grubuyla aynı sonuçlar elde edilmiştir.

1.25 W güç ile Er,Cr:YSGG lazer uygulanan grupta kuronal kesitlerde boyalı alan yüzdelерinde artış olduğu görülmesine rağmen kontrol grubu ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır. Orta ve apikal kesitlerde ise kontrol grubuna göre dentin

geçirgenliğinde artış tespit edilmiştir. Çalışmamızdan elde ettiğimiz bu sonuç Silva'nın [193] 1.5 W güçte uyguladığı Er,Cr:YSGG lazer ile kontrol grubuna göre kural bölgede dentin geçirgenliğinde artış sağlayamadığı, orta ve apikal bölgede ise artış sağladığı bulgularını destekler niteliktedir.

%5'lik NaOCl'nin Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği grupta orta ve apikal bölgede dentin geçirgenliğinde belirgin artış sağlanmıştır. Bu bulgular irrigasyon solüsyonlarının, farklı güçlerde Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edilerek, solüsyonun smear kaldırma etkinliğinin arttırıldığını bildiren çalışmaları destekler niteliktedir [177, 195, 196]. Aynı zamanda bu grupta özellikle orta ve apikal bölgelerde başarılı sonuç elde edilmesinde diğer gruplardan farklı şekilde lazer ucunun çalışma boyundan 5 mm kısa ve sabit bir şekilde tutulmasının da etkili olduğu düşünülmektedir.

Er,Cr:YSGG lazer ile Diode lazerin birlikte uygulandığı grupta ise Er,Cr:YSGG lazer uygulanan grup ile aynı sonuçlar elde edilmiştir. Bu bulgular konu ile ilgili tek literatür olan Al-Karadaghi ve ark. [190] çalışması ile çelişmektedir. Bunun nedeninin iki çalışmanın ışılama süreleri arasındaki farktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Araştırmacılar Er,Cr:YSGG lazer ile Diode lazeri birlikte uyguladıkları grupta, Er,Cr:YSGG lazer uyguladıkları grubun üç katı süresince ışılama yapmışlardır. Bu süre bizim uyguladığımız sürenin yaklaşık iki katıdır.

Her üç bölge değerlendirildiğinde ise diğer çalışmalarla benzer şekilde tüm gruplarda en az boya penetrasyonu apikal kesitlerde gözlenmiştir [190, 191, 193].

Taramalı elektron mikroskobu, *in vitro* koşullarda kanal içerisinde oluşturulan bakteriyel kolonizasyonun görüntülenmesi amacıyla çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Taramalı elektron mikroskobu, kök kanallarındaki bakteriler ile birlikte yüksek çözünürlük ve büyütmede kanal duvarının da topografik olarak incelenmesini sağlar [161, 162]. Ancak SEM ile elde edilen görüntüler 2 boyutludur. Bu nedenle bakteri kolonilerinin ve dentin tübüllerinin 3 boyutlu yapısı bu teknik ile incelenememektedir. SEM incelemesi öncesi örneklerin iletken bir madde ile kaplanması gerekmektedir. Bu durum örnekler üzerinde hassas referans noktalarının belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Gözlemci tarafından kökün benzer bölgelerinin incelenebilmesi amacıyla; örnekler üzerinde önceden kökü kural, orta ve apikal 3 eşit parçaya bölecek şekilde horizontal işaretlemeler yapılmıştır. Görüntüleme bu bölgelerin içerisindeki rastgele alanlardan yapılmıştır. Bu metotta görüntülenen alanlar tüm kök

yüzeyindeki bakteriyel dağılımı yansıtmasa da, çok fazla görüntüleme yapılmış olması bu durumu kompanse etmektedir [197].

Pozitif kontrol grubundaki örneklerden alınan SEM görüntülerinde yoğun smear tabakası ile kaplı kanal duvarlarında bakteriyel kolonizasyon görüntülenmiştir. NaOCl grubu ile NaOCl'nin lazer ile aktive edildiği grupta yapılan incelemelerde kök kanal duvarındaki bakterilerin elimine edildiği görülmüştür. NaOCl grubundan alınan örneklerin semar tabakası ile kaplı olduğu, NaOCl'nin lazer ile aktive edildiği gruptan alınan örneklerde ise kanal yüzeyinin daha temiz olduğu görülmüştür. Er,Cr:YSGG lazerin tek başına ve Diode lazer ile birlikte uygulandığı gruplarda ise *E.faecalis*'in kısmen elimine edildiği tespit edilmiştir.

Enfeksiyon ve kronik inflamasyonun ortadan kaldırılmasına yönelik yapılan endodontik tedavi prensipleri çocuk ve yetişkin hastalarda aynı olmasına rağmen çocuk hastalarda endodontik tedavi sırasında bir takım zorluklarla karşılaşmaktadır [198]. Peretz ve ark. [199] yaşları 8 ile 16 arasında değişen hastalarda alt birinci molar dişe yapılan endodontik tedavilerin başarısını takip ettikleri çalışmada, 24 ay ve 77 aylık değişen takip süreleri sonucunda sadece 10 dişe yapılan tedaviyi hem klinik hem de radyografik olarak başarılı bulmuştur. Kök kanal tedavisinin başarısını arttırmak için etkili bir dezenfeksiyon sağlanması gerektiği bilinmektedir. Çocuk hastada dezenfeksiyon amacıyla kullanılan yöntem ve irrigasyon solüsyonu ayrı bir önem taşımaktadır. Çünkü her hastada rubber dam izolasyonu altında endodontik tedavi yapmak mümkün olmamaktadır [200]. Bu nedenle işlem sırasında toksik özelliği olan NaOCl gibi irrigasyon solüsyonlarının kullanımı, solüsyonun hasta tarafından yutulmasına, çevre dokulara temas etmesine ve vital dokuların zarar görmesine neden olabilmektedir [10]. Çocuk hastalarda yetişkinlerden farklı olarak süt dişleri ve genç daimi dişlere de endodontik tedaviler uygulanmaktadır. Süt dişlerinin mine ve dentin yapısının daimi dişlerden ince olması, fizyolojik kök rezorbsiyonu nedeniyle apikal açıklığın geniş olması; genç daimi dişlerde ise kök formasyonunun tamamlanmamış olması nedeniyle endodontik tedavide dezenfeksiyon amacıyla kullanılacak yöntem ve irrigasyon solüsyonu dikkatli seçilmelidir. Geleneksel şırınga yöntemi ile irrigasyon solüsyonunun apikale yakın ve basınçlı verilmesi durumunda solüsyonun periapikal dokulara taşma riski oldukça fazladır [10, 198]. Bu nedenle kök kanal dezenfeksiyonda lazer kullanımının özellikle çocuk hastalarda avantaj sağlayacağı düşünüldüğü bu tez çalışması planlanmıştır. Ancak sadece lazer kullanılan hiçbir grupta istenilen antimikrobiyal etki sağlanamamıştır. Bu konuda farklı

parametreler ve ışınlama süreleri ile çalışmalar yapılması gerekmektedir. Araştırma sonucunda en başarılı bulunan %5'lik NaOCl'nin Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edilmesi yönteminin ise bu dişlerde güvenle kullanılabilmesine dair herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Özellikle apikal forameni geniş dişlerde; düşük konsantrasyonlardaki NaOCl'nin lazer ile aktivasyonunun, antimikrobiyal etkinliğinin ve solüsyonun kök ucundan taşma miktarının değerlendirildiği *in vitro* çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.



6 SONUÇLAR

Er,Cr:YSGG lazer ile kombine Diode lazer uygulamasının antibakteriyel etkinliğinin ve dentin geçirgenliğine olan etkisinin karşılaştırmalı olarak incelendiği bu çalışmanın limitasyonları dahilinde elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

1. Antimikrobiyal test sonuçlarına göre;

Tüm gruplar kontrol grubu ile karşılaştırıldığında *E.faecalis* eliminasyonunda başarılı bulunmuştur.

E.faecalis eliminasyonunda en başarılı sonuç %5'lik NaOCl'nin Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği gruptan elde edilmiştir.

Lazer uygulanan diğer gruplar *E.faecalis* eliminasyonunda %5'lik NaOCl solüsyonuna göre başarısız olmuştur.

E.faecalis eliminasyonunda; Er,Cr:YSGG lazerin tek başına veya Diod lazer ile birlikte uygulanması arasında istatistiksel anlamda fark bulunamamıştır.

2. Dentin analizi sonuçlarına göre;

Örneklerin kuronalinden alınan kesitlerde; lazer uygulanan gruplarda boyalı alan yüzdelerinde artış gözlenirse de gruplar arasında istatistiksel anlamda fark bulunamamıştır.

Örneklerin orta bölgesinden alınan kesitlerde;

- %5'lik NaOCl'nin Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği grupta NaOCl ve kontrol grubuna göre dentin geçirgenliğinde artış tespit edilmesine rağmen diğer gruplar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Apikal bölgeden alınan kesitlerde;

- %5'lik NaOCl'nin Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği grupta dentin geçirgenliğinde artış tespit edilmiştir.

Er,Cr:YSGG lazerin tek başına veya Diode ile uygulanması geçirgenlik artışında herhangi bir farklılık yaratmamış, iki grup tüm bölgelerde aynı sonuçları vermiştir.

NaOCl'nin Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği grupta en fazla geçirgenlik artışı orta bölgede sağlanmıştır. Diğer gruplarda ise en az boya penetrasyonunun apikal bölgede olduğu tespit edilmiştir.

3. SEM ile elde edilen görüntülerin incelenmesi sonucu;

Kontrol grubundan alınan görüntülerde smear tabakası ile kaplı kök kanal duvarları boyunca yoğun bakteriyel kolonizasyon görüntülenmiştir.

NaOCl grubunda yapılan incelemelerde bakteri varlığına rastlanmamıştır. Tüm kanal duvarının ise smear tabakası ile kaplı olduğu grlmştir.

NaOCl'nin lazer ile aktive edildiği grup kanal duvarlarının en temiz olarak görüntülendiği gruptur. Her üç bölgeden alınan görüntülerde de bakteri varlığına rastlanmamıştır.

Er,Cr:YSGG lazerin tek başına ve Diode lazer ile uygulandığı gruplarda *E.faecalis*'in kısmen elimine edildiği grlmştir.

7 KAYNAKLAR

1. Torabinejad, M. and R.E. Walton, *Endodontics: Principles and Practice*. 2012.
2. Pinheiro, E.T., et al., *Evaluation of root canal microorganisms isolated from teeth with endodontic failure and their antimicrobial susceptibility*. Oral Microbiol Immunol, 2003. **18**(2): p. 100-3.
3. Pinheiro, E.T., et al., *Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions*. Int Endod J, 2003. **36**(1): p. 1-11.
4. Fabricius, L., et al., *Influence of residual bacteria on periapical tissue healing after chemomechanical treatment and root filling of experimentally infected monkey teeth*. Eur J Oral Sci, 2006. **114**(4): p. 278-85.
5. Narayanan, L.L. and C. Vaishnavi, *Endodontic microbiology*. J Conserv Dent, 2010. **13**(4): p. 233-9.
6. Sundqvist, G., et al., *Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 1998. **85**(1): p. 86-93.
7. Sundqvist, G. and D. Figdor, *Life as an endodontic pathogen*. Endodontic Topics, 2003. **6**(1): p. 3-28.
8. Çalışkan, M.K., *Endodontide tanı ve tedaviler*. 2006: Nobel Tıp Kitabevleri.
9. Radcliffe, C.E., et al., *Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms Actinomyces israelii, A. naeslundii, Candida albicans and Enterococcus faecalis*. Int Endod J, 2004. **37**(7): p. 438-46.
10. Hulsmann, M. and W. Hahn, *Complications during root canal irrigation--literature review and case reports*. Int Endod J, 2000. **33**(3): p. 186-93.
11. Peters, L.B., et al., *Effects of instrumentation, irrigation and dressing with calcium hydroxide on infection in pulpless teeth with periapical bone lesions*. Int Endod J, 2002. **35**(1): p. 13-21.
12. Oguntebi, B.R., *Dentine tubule infection and endodontic therapy implications*. Int Endod J, 1994. **27**(4): p. 218-22.
13. Matsumoto, K., *Lasers in endodontics*. Dent Clin North Am, 2000. **44**(4): p. 889-906, viii.
14. Kimura, Y., P. Wilder-Smith, and K. Matsumoto, *Lasers in endodontics: a review*. Int Endod J, 2000. **33**(3): p. 173-85.
15. Smith, M.L., *3 - Laser-Assisted Nonsurgical Periodontal Therapy A2 - Convissar, Robert A, in Principles and Practice of Laser Dentistry*. 2011, Mosby: Saint Louis. p. 27-52.
16. Ebihara, A., et al., *Er:YAG laser modification of root canal dentine: influence of pulse duration, repetitive irradiation and water spray*. Lasers Med Sci, 2002. **17**(3): p. 198-207.
17. Arnabat, J., et al., *Bactericidal activity of erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser in root canals*. Lasers Med Sci, 2010. **25**(6): p. 805-10.
18. Schoop, U., et al., *The use of the erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser in endodontic treatment: the results of an in vitro study*. J Am Dent Assoc, 2007. **138**(7): p. 949-55.
19. Miller, W.D., *The micro-organisms of the human mouth; the local and general diseases which are caused by them*. 1973, Basel, New York,: S. Karger. xx, 364 p.
20. Kakehashi, S., H.R. Stanley, and R.J. Fitzgerald, *The Effects of Surgical Exposures of Dental Pulp in Germ-Free and Conventional Laboratory Rats*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1965. **20**: p. 340-9.
21. Moller, A.J., *Microbiological examination of root canals and periapical tissues of human teeth. Methodological studies*. Odontol Tidskr, 1966. **74**(5): p. Suppl:1-380.

22. Sundqvist, G., *Taxonomy, ecology, and pathogenicity of the root canal flora*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1994. **78**(4): p. 522-30.
23. Bergenholtz, G., *Micro-organisms from necrotic pulp of traumatized teeth*. Odontol Revy, 1974. **25**(4): p. 347-58.
24. Moller, A.J., et al., *Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissue in monkeys*. Scand J Dent Res, 1981. **89**(6): p. 475-84.
25. Sundqvist, G., *Ecology of the root canal flora*. J Endod, 1992. **18**(9): p. 427-30.
26. Cvek, M., et al., *Pulp reactions to exposure after experimental crown fractures or grinding in adult monkeys*. J Endod, 1982. **8**(9): p. 391-7.
27. Langeland, K., H. Rodrigues, and W. Dowden, *Periodontal disease, bacteria, and pulpal histopathology*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1974. **37**(2): p. 257-70.
28. Bergenholtz, G. and J. Lindhe, *Effect of experimentally induced marginal periodontitis and periodontal scaling on the dental pulp*. J Clin Periodontol, 1978. **5**(1): p. 59-73.
29. Hampp, E.G., *Isolation and identification of spirochetes obtained from unexposed canals of pulp-involved teeth*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1957. **10**(10): p. 1100-4.
30. Love, R.M. and H.F. Jenkinson, *Invasion of dentinal tubules by oral bacteria*. Crit Rev Oral Biol Med, 2002. **13**(2): p. 171-83.
31. Siqueira, J.F., Jr., *Endodontic infections: concepts, paradigms, and perspectives*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2002. **94**(3): p. 281-93.
32. Siqueira, J.F., Jr., *Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail*. Int Endod J, 2001. **34**(1): p. 1-10.
33. Siqueira, J.F., Jr., I.N. Rocas, and H.P. Lopes, *Patterns of microbial colonization in primary root canal infections*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2002. **93**(2): p. 174-8.
34. Shah, H.N. and D.M. Collins, *Prevotella, a new genus to include Bacteroides melaninogenicus and related species formerly classified in the genus Bacteroides*. Int J Syst Bacteriol, 1990. **40**(2): p. 205-8.
35. Conrads, G., et al., *The use of a 16s rDNA directed PCR for the detection of endodontopathogenic bacteria*. J Endod, 1997. **23**(7): p. 433-8.
36. Munson, M.A., et al., *Molecular and cultural analysis of the microflora associated with endodontic infections*. J Dent Res, 2002. **81**(11): p. 761-6.
37. Baumgartner, J.C., S.U. Khemleelakul, and T. Xia, *Identification of spirochetes (treponemes) in endodontic infections*. J Endod, 2003. **29**(12): p. 794-7.
38. Tronstad, L. and P.T. Sunde, *The evolving new understanding of endodontic infections*. Endodontic Topics, 2003. **6**(1): p. 57-77.
39. Hubble, T.S., et al., *Influence of Enterococcus faecalis proteases and the collagen-binding protein, Ace, on adhesion to dentin*. Oral Microbiol Immunol, 2003. **18**(2): p. 121-6.
40. Glick, M., et al., *Human immunodeficiency virus infection of fibroblasts of dental pulp in seropositive patients*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1991. **71**(6): p. 733-6.
41. Hargreaves, K.M., S. Cohen, and L.H. Berman, *Cohen's Pathways of the Pulp*. 2011: Mosby Elsevier.
42. Grenier, D. and D. Mayrand, *Nutritional relationships between oral bacteria*. Infect Immun, 1986. **53**(3): p. 616-20.
43. Siqueira, J.F., Jr. and I.N. Rocas, *Polymerase chain reaction-based analysis of microorganisms associated with failed endodontic treatment*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2004. **97**(1): p. 85-94.
44. Chavez de Paz, L.E., A. Molander, and G. Dahlen, *Gram-positive rods prevailing in teeth with apical periodontitis undergoing root canal treatment*. Int Endod J, 2004. **37**(9): p. 579-87.
45. Rocas, I.N., J.F. Siqueira, Jr., and K.R. Santos, *Association of Enterococcus faecalis with different forms of periradicular diseases*. J Endod, 2004. **30**(5): p. 315-20.

46. Sedgley, C., et al., *Real-time quantitative polymerase chain reaction and culture analyses of Enterococcus faecalis in root canals*. J Endod, 2006. **32**(3): p. 173-7.
47. Peciuliene, V., et al., *Isolation of yeasts and enteric bacteria in root-filled teeth with chronic apical periodontitis*. Int Endod J, 2001. **34**(6): p. 429-34.
48. Waltimo, T.M., et al., *In vitro susceptibility of Candida albicans to four disinfectants and their combinations*. Int Endod J, 1999. **32**(6): p. 421-9.
49. Hornef, M.W., et al., *Bacterial strategies for overcoming host innate and adaptive immune responses*. Nature immunology, 2002. **3**(11): p. 1033-1040.
50. Happonen, R.P., et al., *Immunocytochemical demonstration of Actinomyces species and Arachnia propionica in periapical infections*. J Oral Pathol, 1985. **14**(5): p. 405-13.
51. Tronstad, L., et al., *Extraradicular endodontic infections*. Endod Dent Traumatol, 1987. **3**(2): p. 86-90.
52. Lewis, C.M. and M.J. Zervos, *Clinical manifestations of enterococcal infection*. Eur J Clin Microbiol Infect Dis, 1990. **9**(2): p. 111-7.
53. Lin, Y.H., A.K. Mickel, and S. Chogle, *Effectiveness of selected materials against Enterococcus faecalis: part 3. The antibacterial effect of calcium hydroxide and chlorhexidine on Enterococcus faecalis*. J Endod, 2003. **29**(9): p. 565-6.
54. Franzen, R., et al., *Bactericidal effect of a Nd:YAG laser on Enterococcus faecalis at pulse durations of 15 and 25 ms in dentine depths of 500 and 1,000 µm*. Lasers Med Sci, 2011. **26**(1): p. 95-101.
55. Pladisai, P., R.S. Ampornaramveth, and P. Chivatxaranukul, *Effectiveness of Different Disinfection Protocols on the Reduction of Bacteria in Enterococcus faecalis Biofilm in Teeth with Large Root Canals*. J Endod, 2016. **42**(3): p. 460-4.
56. Molander, A., et al., *Microbiological status of root-filled teeth with apical periodontitis*. Int Endod J, 1998. **31**(1): p. 1-7.
57. Hancock, H.H., 3rd, et al., *Bacteria isolated after unsuccessful endodontic treatment in a North American population*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2001. **91**(5): p. 579-86.
58. George, S., A. Kishen, and K.P. Song, *The role of environmental changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by Enterococcus faecalis*. J Endod, 2005. **31**(12): p. 867-72.
59. Lleo, M.M., et al., *Resuscitation rate in different enterococcal species in the viable but non-culturable state*. J Appl Microbiol, 2001. **91**(6): p. 1095-102.
60. Dahlen, G., et al., *Identification and antimicrobial susceptibility of enterococci isolated from the root canal*. Oral Microbiol Immunol, 2000. **15**(5): p. 309-12.
61. Siren, E.K., et al., *In vitro antibacterial effect of calcium hydroxide combined with chlorhexidine or iodine potassium iodide on Enterococcus faecalis*. Eur J Oral Sci, 2004. **112**(4): p. 326-31.
62. Siqueira, J.F., Jr. and M. de Uzeda, *Disinfection by calcium hydroxide pastes of dentinal tubules infected with two obligate and one facultative anaerobic bacteria*. J Endod, 1996. **22**(12): p. 674-6.
63. Gomes, B.P., et al., *In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of Enterococcus faecalis*. Int Endod J, 2001. **34**(6): p. 424-8.
64. D'Arcangelo, C., G. Varvara, and P. De Fazio, *An evaluation of the action of different root canal irrigants on facultative aerobic-anaerobic, obligate anaerobic, and microaerophilic bacteria*. J Endod, 1999. **25**(5): p. 351-3.
65. Sassone, L.M., et al., *Antimicrobial activity of different concentrations of NaOCl and chlorhexidine using a contact test*. Braz Dent J, 2003. **14**(2): p. 99-102.

66. Stuart, C.H., et al., *Enterococcus faecalis: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment*. J Endod, 2006. **32**(2): p. 93-8.
67. Torabinejad, M., et al., *Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2002. **94**(6): p. 658-66.
68. Mader, C.L., J.C. Baumgartner, and D.D. Peters, *Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls*. J Endod, 1984. **10**(10): p. 477-83.
69. Czonstkowsky, M., E.G. Wilson, and F.A. Holstein, *The smear layer in endodontics*. Dent Clin North Am, 1990. **34**(1): p. 13-25.
70. McComb, D. and D.C. Smith, *A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures*. Journal of Endodontics. **1**(7): p. 238-242.
71. Boyde, A. and A.D. Stewart, *A study of the etching of dental tissues with argon ion beams*. J Ultrastruct Res, 1962. **7**: p. 159-72.
72. Brannstrom, M. and G. Johnson, *Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: a scanning electron microscopic investigation*. J Prosthet Dent, 1974. **31**(4): p. 422-30.
73. Gilboe, D.B., et al., *Dentinal smearing: an investigation of the phenomenon*. J Prosthet Dent, 1980. **44**(3): p. 310-6.
74. McComb, D. and D.C. Smith, *A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures*. J Endod, 1975. **1**(7): p. 238-42.
75. Vojinovic, O., H. Nyborg, and M. Brannstrom, *Acid treatment of cavities under resin fillings: bacterial growth in dentinal tubules and pulpal reactions*. J Dent Res, 1973. **52**(6): p. 1189-93.
76. Michelich, V.J., G.S. Schuster, and D.H. Pashley, *Bacterial penetration of human dentin in vitro*. J Dent Res, 1980. **59**(8): p. 1398-403.
77. Yang, S.E. and K.S. Bae, *Scanning electron microscopy study of the adhesion of Prevotella nigrescens to the dentin of prepared root canals*. J Endod, 2002. **28**(6): p. 433-7.
78. Nissan, R., et al., *Ability of bacterial endotoxin to diffuse through human dentin*. J Endod, 1995. **21**(2): p. 62-4.
79. Pashley, E.L., et al., *Cytotoxic effects of NaOCl on vital tissue*. J Endod, 1985. **11**(12): p. 525-8.
80. Williams, S. and M. Goldman, *Penetrability of the smeared layer by a strain of Proteus vulgaris*. J Endod, 1985. **11**(9): p. 385-8.
81. Perez, F., et al., *Migration of a Streptococcus sanguis strain through the root dentinal tubules*. J Endod, 1993. **19**(6): p. 297-301.
82. Bystrom, A. and G. Sundqvist, *The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy*. Int Endod J, 1985. **18**(1): p. 35-40.
83. Orstavik, D. and M. Haapasalo, *Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules*. Endod Dent Traumatol, 1990. **6**(4): p. 142-9.
84. Kennedy, W.A., W.A. Walker, 3rd, and R.W. Gough, *Smear layer removal effects on apical leakage*. J Endod, 1986. **12**(1): p. 21-7.
85. Saleh, I.M., et al., *The effects of dentine pretreatment on the adhesion of root-canal sealers*. Int Endod J, 2002. **35**(10): p. 859-66.
86. Gencoglu, N., S. Samani, and M. Gunday, *Dentinal wall adaptation of thermoplasticized gutta-percha in the absence or presence of smear layer: a scanning electron microscopic study*. J Endod, 1993. **19**(11): p. 558-62.
87. Shahravan, A., et al., *Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis*. J Endod, 2007. **33**(2): p. 96-105.
88. Brannstrom, M. and H. Nyborg, *Cavity treatment with a microbicidal fluoride solution: growth of bacteria and effect on the pulp*. J Prosthet Dent, 1973. **30**(3): p. 303-10.
89. Marending, M., et al., *Effect of sodium hypochlorite on human root dentine--mechanical, chemical and structural evaluation*. Int Endod J, 2007. **40**(10): p. 786-93.

90. Yesilsoy, C., et al., *Antimicrobial and toxic effects of established and potential root canal irrigants*. J Endod, 1995. **21**(10): p. 513-5.
91. Berber, V.B., et al., *Efficacy of various concentrations of NaOCl and instrumentation techniques in reducing Enterococcus faecalis within root canals and dentinal tubules*. Int Endod J, 2006. **39**(1): p. 10-7.
92. Siqueira, J.F., Jr., et al., *Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite*. J Endod, 2000. **26**(6): p. 331-4.
93. Waltimo, T., et al., *Clinical efficacy of treatment procedures in endodontic infection control and one year follow-up of periapical healing*. J Endod, 2005. **31**(12): p. 863-6.
94. Lester, K.S. and A. Boyde, *Scanning electron microscopy of instrumented, irrigated and filled root canals*. Br Dent J, 1977. **143**(11): p. 359-67.
95. Baumgartner, J.C. and P.R. Cuenin, *Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation*. J Endod, 1992. **18**(12): p. 605-12.
96. Haapasalo, M., et al., *Irrigation in endodontics*. Dent Clin North Am, 2010. **54**(2): p. 291-312.
97. Goldman, L., et al., *Impact of the Laser on Dental Caries*. Nature, 1964. **203**: p. 417.
98. Stern, R.H. and R.F. Sognnaes, *Laser Effect on Dental Hard Tissues. A Preliminary Report*. J South Calif Dent Assoc, 1965. **33**(1): p. 17-9.
99. Gordon, T.E., Jr., *Laser interactions with extracted human teeth: a preliminary report*. Dent Dig, 1966. **72**(4): p. 154-8.
100. Vahl, J., [*Laser and its application in dentistry*]. Hippokrates, 1971. **42**(4): p. 488-506.
101. Kantola, S., *Laser-induced effects on tooth structure. V. Electron probe microanalysis and polarized light microscopy of dental enamel*. Acta Odontol Scand, 1972. **30**(4): p. 475-84.
102. Pick, R.M., B.C. Pecaro, and C.J. Silberman, *The laser gingivectomy. The use of the CO2 laser for the removal of phenytoin hyperplasia*. J Periodontol, 1985. **56**(8): p. 492-6.
103. Weichman, J.A. and F.M. Johnson, *Laser use in endodontics. A preliminary investigation*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1971. **31**(3): p. 416-20.
104. Weichman, J.A., F.M. Johnson, and L.K. Nitta, *Laser use in endodontics. II*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1972. **34**(5): p. 828-30.
105. Coluzzi, D.J. and R.A. Convissar, *2 - Laser Fundamentals*, in *Principles and Practice of Laser Dentistry*. 2011, Mosby: Saint Louis. p. 12-26.
106. Flint, P.W., et al., *Cummings Otolaryngology - Head and Neck Surgery: Head and Neck Surgery, 3-Volume Set*. 2010: Elsevier Health Sciences.
107. Pick, R.M., *Using lasers in clinical dental practice*. J Am Dent Assoc, 1993. **124**(2): p. 37-4.
108. Miller, M. and T. Truhe, *Lasers in dentistry: an overview*. J Am Dent Assoc, 1993. **124**(2): p. 32-5.
109. Zakariasen, K.L. and D.N. Dederich, *Dental lasers and science*. J Calif Dent Assoc, 1991. **19**(11): p. 31-4, 36.
110. Vogel, A. and V. Venugopalan, *Mechanisms of pulsed laser ablation of biological tissues*. Chem Rev, 2003. **103**(2): p. 577-644.
111. Convissar, R.A., *The biologic rationale for the use of lasers in dentistry*. Dent Clin North Am, 2004. **48**(4): p. 771-94, v.
112. Coluzzi, D.J., *An overview of laser wavelengths used in dentistry*. Dent Clin North Am, 2000. **44**(4): p. 753-65.
113. Coluzzi, D.J., *Lasers in dentistry*. J Am Dent Assoc, 2004. **135**(6): p. 698, 700, 702; author reply 702, 704, 706.
114. Visuri, S.R., J.T. Walsh, Jr., and H.A. Wigdor, *Erbium laser ablation of dental hard tissue: effect of water cooling*. Lasers Surg Med, 1996. **18**(3): p. 294-300.
115. *Laser-assisted bleaching: an update*. ADA Council on Scientific Affairs. J Am Dent Assoc, 1998. **129**(10): p. 1484-7.

116. Anic, I., et al., *Permeability, morphologic and temperature changes of canal dentine walls induced by Nd: YAG, CO2 and argon lasers*. Int Endod J, 1996. **29**(1): p. 13-22.
117. Gutknecht, N., et al., *The Bactericidal Effect of 2780 and 940 nm Laser Irradiation on Enterococcus faecalis in Bovine Root Dentin Slices of Different Thicknesses*. Photomed Laser Surg, 2016. **34**(1): p. 11-6.
118. Pirnat, S., M. Lukac, and A. Ihan, *Study of the direct bactericidal effect of Nd:YAG and diode laser parameters used in endodontics on pigmented and nonpigmented bacteria*. Lasers Med Sci, 2011. **26**(6): p. 755-61.
119. Julian, J., *7 - Lasers in Implant Dentistry A2 - Convissar, Robert A, in Principles and Practice of Laser Dentistry*. 2011, Mosby: Saint Louis. p. 114-138.
120. Yamada, Y., et al., *Removal of carious dentin by Er:YAG laser irradiation with and without carisolv*. J Clin Laser Med Surg, 2001. **19**(3): p. 127-31.
121. Pedulla, E., et al., *Decontamination efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming (PIPS) of irrigants using low-energy laser settings: an ex vivo study*. Int Endod J, 2012. **45**(9): p. 865-70.
122. Zhu, X., et al., *Comparison of the antibacterial effect and smear layer removal using photon-initiated photoacoustic streaming aided irrigation versus a conventional irrigation in single-rooted canals: an in vitro study*. Photomed Laser Surg, 2013. **31**(8): p. 371-7.
123. Yamazaki, R., et al., *Effects of erbium,chromium:YSGG laser irradiation on root canal walls: a scanning electron microscopic and thermographic study*. J Endod, 2001. **27**(1): p. 9-12.
124. Hossain, M., et al., *Effects of Er,Cr:YSGG laser irradiation in human enamel and dentin: ablation and morphological studies*. J Clin Laser Med Surg, 1999. **17**(4): p. 155-9.
125. Asnaashari, M. and N. Safavi, *Disinfection of Contaminated Canals by Different Laser Wavelengths, while Performing Root Canal Therapy*. J Lasers Med Sci, 2013. **4**(1): p. 8-16.
126. Rooney, J., M. Midda, and J. Leeming, *A laboratory investigation of the bactericidal effect of a NdYAG laser*. Br Dent J, 1994. **176**(2): p. 61-4.
127. Moritz, A., et al., *Morphologic changes correlating to different sensitivities of Escherichia coli and enterococcus faecalis to Nd:YAG laser irradiation through dentin*. Lasers Surg Med, 2000. **26**(3): p. 250-61.
128. Moshonov, J., et al., *Nd:YAG laser irradiation in root canal disinfection*. Endod Dent Traumatol, 1995. **11**(5): p. 220-4.
129. Piccolomini, R., et al., *Bacteriologic evaluation of the effect of Nd:YAG laser irradiation in experimental infected root canals*. J Endod, 2002. **28**(4): p. 276-8.
130. Moritz, A., et al., *In vitro irradiation of infected root canals with a diode laser: results of microbiologic, infrared spectrometric, and stain penetration examinations*. Quintessence Int, 1997. **28**(3): p. 205-9.
131. Gutknecht, N., et al., *Diode laser radiation and its bactericidal effect in root canal wall dentin*. J Clin Laser Med Surg, 2000. **18**(2): p. 57-60.
132. Kaiwar, A., et al., *The efficiency of root canal disinfection using a diode laser: in vitro study*. Indian J Dent Res, 2013. **24**(1): p. 14-8.
133. de Souza, E.B., et al., *High-power diode laser in the disinfection in depth of the root canal dentin*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2008. **106**(1): p. e68-72.
134. Perin, F.M., et al., *Evaluation of the antimicrobial effect of Er:YAG laser irradiation versus 1% sodium hypochlorite irrigation for root canal disinfection*. Aust Endod J, 2004. **30**(1): p. 20-2.
135. Dostalova, T., et al., *Endodontic treatment with application of Er:YAG laser waveguide radiation disinfection*. J Clin Laser Med Surg, 2002. **20**(3): p. 135-9.
136. Lee, M.T., P.S. Bird, and L.J. Walsh, *Photo-activated disinfection of the root canal: a new role for lasers in endodontics*. Aust Endod J, 2004. **30**(3): p. 93-8.
137. Meire, M.A., et al., *Effectiveness of different laser systems to kill Enterococcus faecalis in aqueous suspension and in an infected tooth model*. Int Endod J, 2009. **42**(4): p. 351-9.

138. Blanken, J., et al., *Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study*. Lasers Surg Med, 2009. **41**(7): p. 514-9.
139. Peeters, H.H. and R.J. De Moor, *Measurement of pressure changes during laser-activated irrigant by an erbium, chromium: yttrium, scandium, gallium, garnet laser*. Lasers Med Sci, 2015. **30**(5): p. 1449-55.
140. Vezzani, M.S., et al., *Disinfection of root canals using Er:YAG laser at different frequencies*. Photomed Laser Surg, 2006. **24**(4): p. 499-502.
141. Wang, Q.Q., C.F. Zhang, and X.Z. Yin, *Evaluation of the bactericidal effect of Er,Cr:YSGG, and Nd:YAG lasers in experimentally infected root canals*. J Endod, 2007. **33**(7): p. 830-2.
142. Soares, F., et al., *Impact of Er,Cr:YSGG laser therapy on the cleanliness of the root canal walls of primary teeth*. J Endod, 2008. **34**(4): p. 474-7.
143. Khan, M.A., et al., *Effect of laser treatment on the root canal of human teeth*. Endod Dent Traumatol, 1997. **13**(3): p. 139-45.
144. Takeda, F.H., et al., *Effect of Er:YAG laser treatment on the root canal walls of human teeth: an SEM study*. Endod Dent Traumatol, 1998. **14**(6): p. 270-3.
145. Takeda, F.H., et al., *Comparative study about the removal of smear layer by three types of laser devices*. J Clin Laser Med Surg, 1998. **16**(2): p. 117-22.
146. Wang, X., et al., *Effects of diode laser irradiation on smear layer removal from root canal walls and apical leakage after obturation*. Photomed Laser Surg, 2005. **23**(6): p. 575-81.
147. Sousa-Neto, M.D., et al., *Ex vivo study of the adhesion of an epoxy-based sealer to human dentine submitted to irradiation with Er : YAG and Nd : YAG lasers*. Int Endod J, 2005. **38**(12): p. 866-70.
148. Alfredo, E., et al., *Bond strength of AH Plus and Epiphany sealers on root dentine irradiated with 980 nm diode laser*. Int Endod J, 2008. **41**(9): p. 733-40.
149. Altundasar, E., et al., *Ultramorphological and histochemical changes after ER,CR:YSGG laser irradiation and two different irrigation regimes*. J Endod, 2006. **32**(5): p. 465-8.
150. Turkmen, C., et al., *Effect of CO₂, Nd:YAG, and ArF excimer lasers on dentin morphology and pulp chamber temperature: an in vitro study*. J Endod, 2000. **26**(11): p. 644-8.
151. da Costa Ribeiro, A., et al., *Effects of diode laser (810 nm) irradiation on root canal walls: thermographic and morphological studies*. J Endod, 2007. **33**(3): p. 252-5.
152. Koba, K., et al., *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, 1998. **31**(6): p. 415-20.
153. Machida, T., et al., *Root canal preparation using the second harmonic KTP:YAG laser: a thermographic and scanning electron microscopic study*. J Endod, 1995. **21**(2): p. 88-91.
154. Romeo, U., et al., *Effectiveness of KTP laser versus 980 nm diode laser to kill Enterococcus faecalis in biofilms developed in experimentally infected root canals*. Aust Endod J, 2015. **41**(1): p. 17-23.
155. Christo, J.E., et al., *Efficacy of low concentrations of sodium hypochlorite and low-powered Er,Cr:YSGG laser activated irrigation against an Enterococcus faecalis biofilm*. Int Endod J, 2016. **49**(3): p. 279-86.
156. Davis, J.M., J. Maki, and J.K. Bahcall, *An in vitro comparison of the antimicrobial effects of various endodontic medicaments on Enterococcus faecalis*. J Endod, 2007. **33**(5): p. 567-9.
157. Kuvvetli, S.S., et al., *Antibacterial efficacy of diode and Er:YAG laser irradiation in experimentally contaminated primary molar root canals*. J Clin Pediatr Dent, 2009. **34**(1): p. 43-8.
158. Shabahang, S. and M. Torabinejad, *Effect of MTAD on Enterococcus faecalis-contaminated root canals of extracted human teeth*. J Endod, 2003. **29**(9): p. 576-9.

159. Krause, T.A., F.R. Liewehr, and C.L. Hahn, *The antimicrobial effect of MTAD, sodium hypochlorite, doxycycline, and citric acid on Enterococcus faecalis*. J Endod, 2007. **33**(1): p. 28-30.
160. Rossi-Fedele, G., et al., *Evaluation of the antimicrobial effect of super-oxidized water (Sterilox(R)) and sodium hypochlorite against Enterococcus faecalis in a bovine root canal model*. J Appl Oral Sci, 2010. **18**(5): p. 498-502.
161. Cheng, X., et al., *Evaluation of the bactericidal effect of Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG laser radiation, and antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) in experimentally infected root canals*. Lasers Surg Med, 2012. **44**(10): p. 824-31.
162. Eldeniz, A.U., et al., *Bactericidal efficacy of Er,Cr:YSGG laser irradiation against Enterococcus faecalis compared with NaOCl irrigation: an ex vivo pilot study*. Int Endod J, 2007. **40**(2): p. 112-9.
163. Licata, M.E., et al., *Effectiveness of a new method of disinfecting the root canal, using Er, Cr:YSGG laser to kill Enterococcus faecalis in an infected tooth model*. Lasers Med Sci, 2015. **30**(2): p. 707-12.
164. Souza, L.C., et al., *Photodynamic therapy with two different photosensitizers as a supplement to instrumentation/irrigation procedures in promoting intracanal reduction of Enterococcus faecalis*. J Endod, 2010. **36**(2): p. 292-6.
165. Dewsnup, N., et al., *Comparison of bacterial reduction in straight and curved canals using erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser treatment versus a traditional irrigation technique with sodium hypochlorite*. J Endod, 2010. **36**(4): p. 725-8.
166. Beer, F., et al., *Comparison of two diode lasers on bactericidity in root canals--an in vitro study*. Lasers Med Sci, 2012. **27**(2): p. 361-4.
167. Nakamura, V.C., et al., *Ex vivo evaluation of the effects of several root canal preparation techniques and irrigation regimens on a mixed microbial infection*. Int Endod J, 2013. **46**(3): p. 217-24.
168. Skucaite, N., et al., *Susceptibility of endodontic pathogens to antibiotics in patients with symptomatic apical periodontitis*. J Endod, 2010. **36**(10): p. 1611-6.
169. Queiroz, A.M., et al., *Antibacterial activity of root canal filling materials for primary teeth: zinc oxide and eugenol cement, Calen paste thickened with zinc oxide, Sealapex and EndoREZ*. Braz Dent J, 2009. **20**(4): p. 290-6.
170. Zakariasen, K.L., et al., *Bactericidal action of carbon dioxide laser radiation in experimental dental root canals*. Can J Microbiol, 1986. **32**(12): p. 942-6.
171. Schoop, U., et al., *Bactericidal effect of different laser systems in the deep layers of dentin*. Lasers Surg Med, 2004. **35**(2): p. 111-6.
172. Peters, L.B., et al., *Viable bacteria in root dentinal tubules of teeth with apical periodontitis*. J Endod, 2001. **27**(2): p. 76-81.
173. Shih, M., F.J. Marshall, and S. Rosen, *The bactericidal efficiency of sodium hypochlorite as an endodontic irrigant*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1970. **29**(4): p. 613-9.
174. Schoop, U., et al., *The impact of an erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial-firing tips on endodontic treatment*. Lasers Med Sci, 2009. **24**(1): p. 59-65.
175. Gordon, W., et al., *The antimicrobial efficacy of the erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial emitting tips on root canal dentin walls infected with Enterococcus faecalis*. J Am Dent Assoc, 2007. **138**(7): p. 992-1002.
176. Peeters, H.H. and L. Mooduto, *Radiographic examination of apical extrusion of root canal irrigants during cavitation induced by Er,Cr:YSGG laser irradiation: an in vivo study*. Clin Oral Investig, 2013. **17**(9): p. 2105-12.
177. De Moor, R.J., et al., *Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs*. J Endod, 2010. **36**(9): p. 1580-3.

178. Matsuoka, E., J.A. Jayawardena, and K. Matsumoto, *Morphological study of the Er,Cr:YSGG laser for root canal preparation in mandibular incisors with curved root canals*. Photomed Laser Surg, 2005. **23**(5): p. 480-4.
179. George, R., I.A. Meyers, and L.J. Walsh, *Laser activation of endodontic irrigants with improved conical laser fiber tips for removing smear layer in the apical third of the root canal*. J Endod, 2008. **34**(12): p. 1524-7.
180. Balic, M., et al., *The efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming and sonic-activated irrigation combined with QMiX solution or sodium hypochlorite against intracanal E. faecalis biofilm*. Lasers Med Sci, 2016. **31**(2): p. 335-42.
181. Ordinola-Zapata, R., et al., *Biofilm removal by 6% sodium hypochlorite activated by different irrigation techniques*. Int Endod J, 2014. **47**(7): p. 659-66.
182. Bago Juric, I., V. Plecko, and I. Anic, *Antimicrobial efficacy of Er,Cr:YSGG laser-activated irrigation compared with passive ultrasonic irrigation and RinsEndo((R)) against intracanal Enterococcus faecalis*. Photomed Laser Surg, 2014. **32**(11): p. 600-5.
183. Bolhari, B., et al., *Efficacy of Er,Cr:YSGG laser in removing smear layer and debris with two different output powers*. Photomed Laser Surg, 2014. **32**(10): p. 527-32.
184. Marchesan, M.A., et al., *Effect of 980-nanometer diode laser on root canal permeability after dentin treatment with different chemical solutions*. J Endod, 2008. **34**(6): p. 721-4.
185. Gutknecht, N., et al., *Bactericidal effect of a 980-nm diode laser in the root canal wall dentin of bovine teeth*. J Clin Laser Med Surg, 2004. **22**(1): p. 9-13.
186. Habiboallah, G., et al., *Bactericidal effect of visible light in the presence of erythrosine on Porphyromonas gingivalis and Fusobacterium nucleatum compared with diode laser, an in vitro study*. Laser Ther, 2014. **23**(4): p. 263-71.
187. Kanumuru, N.R. and R. Subbaiah, *Bacterial Efficacy of Ca(OH)₂ Against E.faecalis Compared with three Dental Lasers on Root Canal Dentin- An Invitro Study*. J Clin Diagn Res, 2014. **8**(11): p. ZC135-7.
188. Haidary, D., R. Franzen, and N. Gutknecht, *Root Surface Temperature Changes During Root Canal Laser Irradiation with Dual Wavelength Laser (940 and 2780 nm): A Preliminary Study*. Photomed Laser Surg, 2016. **34**(8): p. 336-44.
189. Al-Karadaghi, T.S., et al., *Evaluation of Temperature Elevation During Root Canal Treatment with Dual Wavelength Laser: 2780 nm Er,Cr:YSGG and 940 nm Diode*. Photomed Laser Surg, 2015. **33**(9): p. 460-6.
190. Al-Karadaghi, T.S., et al., *Investigations of radicular dentin permeability and ultrastructural changes after irradiation with Er,Cr:YSGG laser and dual wavelength (2780 and 940 nm) laser*. Lasers Med Sci, 2015. **30**(8): p. 2115-21.
191. Esteves-Oliveira, M., et al., *Comparison of dentin root canal permeability and morphology after irradiation with Nd:YAG, Er:YAG, and diode lasers*. Lasers Med Sci, 2010. **25**(5): p. 755-60.
192. Pecora, J.D., et al., *Evaluation of dentin root canal permeability after instrumentation and Er:YAG laser application*. Lasers Surg Med, 2000. **26**(3): p. 277-81.
193. Silva, A.C., et al., *Analysis of permeability and morphology of root canal dentin after Er,Cr:YSGG laser irradiation*. Photomed Laser Surg, 2010. **28**(1): p. 103-8.
194. Varella, C.H. and R. Pileggi, *Obturation of root canal system treated by Cr, Er: YSGG laser irradiation*. J Endod, 2007. **33**(9): p. 1091-3.
195. Peeters, H.H. and K. Suardita, *Efficacy of smear layer removal at the root tip by using ethylenediaminetetraacetic acid and erbium, chromium: yttrium, scandium, gallium garnet laser*. J Endod, 2011. **37**(11): p. 1585-9.
196. Rald, D.P. and J.L. Lage-Marques, *In vitro evaluation of the effects of the interaction between irrigating solutions, intracanal medication and Er:YAG laser in dentin permeability of the endodontic system*. Pesqui Odontol Bras, 2003. **17**(3): p. 278-85.

197. Bhuva, B., et al., *The effectiveness of passive ultrasonic irrigation on intraradicular Enterococcus faecalis biofilms in extracted single-rooted human teeth*. *Int Endod J*, 2010. **43**(3): p. 241-50.
198. Carrotte, P., *Endodontic treatment for children*. *Br Dent J*, 2005. **198**(1): p. 9-15.
199. Peretz, B., O. Yakir, and A.B. Fuks, *Follow up after root canal treatment of young permanent molars*. *J Clin Pediatr Dent*, 1997. **21**(3): p. 237-40.
200. Soldani, F. and J. Foley, *An assessment of rubber dam usage amongst specialists in paediatric dentistry practising within the UK*. *Int J Paediatr Dent*, 2007. **17**(1): p. 50-6.



8 EKLER

Ek 1. Bezmialem Vakıf Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Karar Onam Formu

BEZMIALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU (2011-KAEK-42) KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Kök Kanal Tedavisinde Er. Cr.YSGG Lazer ile Kombine Diod Lazer Kullanımının Antimikrobiyal Etkinliğinin ve Dentin Geçirgenliği Üzerine Etkisinin in vitro Koşullarda Değerlendirilmesi
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	
BEZMIALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Prof. Dr. Reha ERKOÇ

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
			E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Reha ERKOÇ	İç Hastalıkları	Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Orhan ÖZTURAN	Kulak Burun ve Boğaz Hastalıkları	Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Faruk ÖKTEM	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Özcan KARAMAN	İç Hastalıkları	Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Adem KIRIŞ	Radyoloji	Mehmet Akif Ersoy G.K.D.C Eğitim Araştırma Hastanesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Ahmet MIHMANLI	Ağız-Diş ve Çene Cerrahisi	Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Hayrullah KÖSE	Biyofizik	Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Ertuğrul KAYA	Tıbbi Farmakoloji	Düzce Üniversitesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. Ömer UYSAL	Bioistatistik ve Tıp Bilişimi	Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. İbrahim TOPÇU	Deontoloji ve Tıp Tarihi	Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Mehmet AKHOROZ	Emekli	Kurum Dışı	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Avukat Aybüke EKİCİ	Hukuk	Bezmialem Vakıf Üniversitesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	

* Toplantıda Bulunma

Karar: Onaylandı Reddedildi

Sayfa 3 / 3

Etik Kurul Başkanı
Prof. Dr. Reha ERKOÇ

9 ÖZGEÇMİŞ

1. **Adı Soyadı:** Müge YAVAŞ
2. **Doğum Tarihi:** 26.03.1990
3. **Ünvanı:** Diş Hekimi
4. **Öğrenim Durumu:**

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans / Yüksek Lisans	Diş Hekimliği	İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2013
Doktora			
Uzmanlık	Pedodonti	Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2013-

6.1. Yüksek Lisans Tezleri:

Oral kanserlerde erken teşhis yöntemleri

6.2. Doktora Tezleri Yönetilen Doktora Tezleri/Sanatta Yeterlik Çalışmaları:

5. Yayınlar

7.1. (A) Uluslararası hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

5.2. (B) Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceedings) basılan bildiriler:

B1.Sözlü Bildiriler

C. Yazılan uluslararası kitaplar veya kitaplarda bölümler:

D. Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

E. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

E1. Sözlü Bildiriler

E2. Poster Bildirileri

1. YAVAŞ M., ÖZALP Ş: D vitamini intoksikasyonuna bağlı daimi dişlerde görülen çoklu diş anomalileri: olgu sunumu.

F. Diğer yayınlar

G. Alınan Atıflar (27.10.2009 tarihi itibari ile 'ISI Web of Knowledge'e göre)

H. Katıldığı Bilimsel Etkinlikler

Kongre, Sempozyumlar ve Bilimsel Toplantılar

**8. Uluslararası Akdeniz Ülkeleri Pedodonti Dernekleri Kongresi ve 21. Türk Pedodonti Derneği Bilimsel Kongresi
Dental İstanbul 2013**

Bilimsel Kuruluşlara Üyelikler:

- 1. Türk Pedodonti Derneği**
- 2. Estetik Diş Hekimleri Akademisi Derneği**