



**T. C.  
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**Eğri Kök Kanallarında  
Er:YAG ve Nd:YAG Lazerin Kombine Kullanımının  
*Enterococcus Faecalis*'e karşı Antibakteriyel Etkinliğinin  
İncelenmesi**

**Arş. Grv. Özge GÜNGÖR**

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI  
UZMANLIK TEZİ**

**ARALIK 2015  
BOLU**



**T. C.**  
**ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ**  
**DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**Eğri Kök Kanallarında**  
**Er:YAG ve Nd:YAG Lazerin Kombine Kullanımının**  
***Enterococcus Faecalis*'e karşı Antibakteriyel Etkinliğinin**  
**İncelenmesi**

**Arş. Grv. Özge GÜNGÖR**

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI**  
**UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI**  
**Prof. Dr. Hasan ORUÇOĞLU**

**Bu çalışma Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. ( Proje numarası: 2015. 06. 02. 831)**

**ARALIK 2015**  
**BOLU**

T.C.  
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
Tez Onay Belgesi

Tezin Başlığı : Eğri Kık Kapsülünde Erişim ve Nödyan Laren Kombine  
Tezin Savunma Tarihi : Kullanımın Enterococcus Faecalis'e karşı Antibiyotik Etkinliğinin  
28.12.2015  
Tezin Danışmanı : Prof. Dr. Hasan ORUĞOĞLU

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Hasan Oruğoğlu  
Üye : Doç. Dr. Aysun Kara Tuncer  
Üye : Yrd. Doç. Dr. İsmail Özkocak

---

DEKANLIK ONAYI

Bu tez Uzmanlık Tezi standartlarına uygun bulunmuştur.

Prof. Dr. İsmet DURAN

DEKANLIK

## ÖZET

Bu çalışmanın amacı; eğri kök kanallarında Er:YAG ve Nd:YAG lazerin kombine kullanımının *Enterococcus Faecalis*'e karşı antibakteriyel etkinliğinin incelenmesidir.

Çalışmamızda, 65 adet insan üst ve alt çene daimi büyük azı dişleri kullanılmıştır. Araştırmanın amacına uygun olacak şekilde eğimleri 15<sup>0</sup>-30<sup>0</sup> arasında değişen dişler çalışmaya dahil edilip, diğer dişler çalışmadan çıkarılmıştır. Dişlerin kronları ile kökleri birbirinden ayrılarak kök boyları 12-14 mm olacak şekilde ayarlanmıştır. Kök kanallarının şekillendirilmesi amacıyla ProTaper kanal aletleri kullanılmıştır. Kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında oluşan smear tabakasını kaldırmak için kök kanalları 10 ml % 17'lik EDTA, 10 ml % 5'lik NaOCl solüsyonları ve 10 ml distile suyla yıkanmıştır. Daha sonra çalışmada kullanılacak kökler 121°C'de 20 dk süreyle otoklavda steril edilmiştir. Çalışma şartlarının sterilizasyonunu denetlemek için steril BHI besiyeri ekilen 5 örnek daha çalışmaya dahil edilmiştir. Kökler rastgele 5 deney (n=10) ve 1 kontrol grubuna (n=10) ayrılmıştır. Tüm gruplar *E. faecalis* (ATCC 29212) suşu kullanılarak 3 hafta süresince inkübe edilmiştir. Kontrol grubu örneklerinde kök kanallarında herhangi bir tedavi protokolü uygulanmamıştır. Deney gruplarında uygulanan tedavi protokolleri ise şu şekildedir; Grup 1: % 5'lik NaOCl; Grup 2: Salin ve Er:YAG lazer; Grup 3: % 5'lik NaOCl ve Er:YAG lazer; Grup 4: % 2'lik CHX ve Er:YAG lazer ve Grup 5: Salin, Er:YAG lazer ve Nd:YAG lazer. Kök kanallarından mikrobiyolojik örnek toplamak için kanalların hepsine 1 ml steril salin uygulanmıştır. Kök kanallarına sırasıyla #20 K-file ve #20 H-file eğe ile dentin talaşları oluşturulmuş, bu dentin talaşlarını toplamak için steril paper pointler kök kanallarında 60 saniye bekletilmiştir. Kök kanallarından toplanan örnekler 1ml serum fizyolojik içeren steril santrifüj tüplerine aktarılmıştır.

Alınan örnekler mikroorganizma sayısındaki değişimin değerlendirilmesi için mikrobiyoloji laboratuvarına gönderilmiştir. Mikrobiyolojik değerlendirme sonrası her kök kanal örneği için koloni oluşturan birimler (CFU) sayılmış, elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, % 5'lik NaOCl, % 5'lik NaOCl ve Er:YAG lazer ile % 2'lik CHX ve Er:YAG lazer grupları *E.Faecalis'e* karşı en etkili antibakteriyel özelliği gösterdiği bulunmuştur. Salin ve Er:YAG lazer ile Salin, Er:YAG lazer ve Nd:YAG lazer gruplarının kontrol grubuna göre iyi oldukları ancak etkili bir antibakteriyel özellik gösteremedikleri tespit edilmiştir.

Bu sonuçlarla beraber, eğri kök kanallarında % 5'lik NaOCl'in Er:YAG lazer ile etkinleştirilmesi tek başına kullanılmasına göre antibakteriyel etkiyi artırmadığı sonucuna varılmıştır. Çalışmada kullanılan PIPS yönteminin ise tek başına ve Nd:YAG lazer ile beraber kullanımının (Çiftışık yöntemi) eğri kök kanallarındaki antibakteriyel etkisini belirlemek için bu çalışmadan daha fazla ileri araştırmalara ihtiyaç olduğu kanaatine varılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Eğri kök kanalları, *E. faecalis*, Er:YAG lazer, Nd:YAG lazer, Kök kanal dezenfeksiyonu

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate Er:YAG laser combined with Nd:YAG laser's bactericidal effect against *Enterococcus Faecalis* biofilm in curved root canals.

In our study 65 human permanent maxillary molar and mandibular molar teeth were used. So that the tilt was included for the purposes of research work in changing teeth 15 to 30 degrees, the other teeth were eliminated. Crowns and roots of the teeth were separated and root length were determined to be 12-14 mm. ProTaper root canal instruments were used for preparing root canals. The smear layer, which was produced by preparation, was removed by 10 ml 17% EDTA, 10 ml 5% NaOCl solutions and 10 ml distilled water irrigation. Thereafter specimens were sterilized by autoclaving 121°C for 20 minutes. 5 root canals samples, which were inoculated with sterile BHI, were used for determining sterilization of working conditions. The roots were randomly divided into 5 test groups (n=10) and 1 control group (n=10). All roots were infected for 3 weeks with *E. faecalis* (ATCC 29212) strain. No treatment was applied to samples of control group. Treatment protocols applied in the experimental groups; Group 1: 5% NaOCl; Group 2: Saline and Er:YAG laser; Group 3: %5 NaOCl and Er:YAG laser; Group 4: %2 CHX and Er:YAG laser and Group 5: Saline, Er:YAG laser and Nd:YAG laser. Each root canals were irrigated with 1 ml physiologic saline to collect microbiologic samples from root canals. Dentine chips were created using in sequence #20 K-file and #20 H-file, sterile paper points will be held in root canals for 60 seconds to collect dentin chips. Samples, which was collecting root canals, transferred to sterile centrifuge tubes containing 1 ml sterile saline.

The received samples were sent to microbiology laboratory for evaluation of quantitative changes in microorganisms. After the microbiological evaluation CFU were enumerated for every root canal sample, the data was analyzed statistically.

As a result of analysis performed, 5% NaOCl, %5 NaOCl and Er:YAG laser and %2 CHX and Er:YAG laser groups were found to be the most efficient antibacterial effect againts *E. faecalis* biofilm. Saline and Er:YAG laser and Saline,

Er:YAG laser and Nd:YAG laser groups were found to show inefficient antibacterial characteristics even if they were slightly better than control group.

Additionally, it was concluded using of 5% NaOCI with Er:YAG laser activation did not improve antibacterial efficacy with respect to using of 5% NaOCI alone on curved root canals. It was concluded there is a need further studies to determine the antibacterial effectiveness of PIPS system alone or along with Nd:YAG laser (Twilight Endodontic Treatments) on curved root canals.

**Keywords:** Curved root canals, *E. faecalis*, Er:YAG laser, Nd:YAG laser, Root canal disinfection

## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren, hoşgörüsünü hiç esirgemeyen değerli danışman hocam Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Hasan ORUÇOĞLU'na,

Tezimin laboratuvar kısmının yürütülmesindeki yardımlarından ve gösterdikleri dostluktan ötürü Abant İzzet Baysal Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Tekin TAŞ ve Arş.Grv. Duygu Tekin'e,

Çalışmamın istatistik bölümünde yardımını esirgemeyen Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Sayın Dr. Doğukan ÖZEN'e,

Berber klinikte çalışmayı keyifli hale getirdiğimiz, hastane içerisinde ve dışarısında güzel paylaşımlarda bulunduğumuz ve tez çalışmamda desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen tüm mesai arkadaşlarıma,

Hayatım boyunca yanımda olan ve her zaman beni gönülden destekleyen sevgili annem Filiz GÜNGÖR, babam Suat Cumali GÜNGÖR ve nişanlım Faruk ÖZCAN'a

En içten teşekkürlerimi sunarım.



# İÇİNDEKİLER

<b>ONAY SAYFASI</b>	iii
<b>ÖZET</b>	iv
<b>ABSTRACT</b>	vi
<b>TEŞEKKÜR</b>	viii
<b>İÇİNDEKİLER</b>	ix
<b>TABLolar</b>	xi
<b>FOTOĞRAFLAR</b>	xii
<b>ŞEKİLLER</b>	xiv
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b>	xv
<b>1. GİRİŞ</b>	1
<b>2. GENEL BİLGİLER</b>	3
2.1. Kök kanallarına bakteri invazyonu	3
2.1.1. <i>E. faecalis</i>	5
2.2. Kök kanal dezenfeksiyonunda kullanılan yöntemler	5
2.2.1. Sodyum hipoklorit (NaOCl)	6
2.2.2. Klorheksidin (CHX)	7
2.3. Kök kanal dezenfeksiyonunu etkileyen faktörler	9
2.3.1. Kök kanal anatomisi	9
2.3.1.1. Eğri Kök Kanalları	9
2.3.2. Dentinin yapısı ve bileşenleri	11
2.3.3. Kök kanalında irrigasyon dinamikleri	11
2.4. Lazerler	13
2.4.1. Lazer apareylerinin tarihçesi	13
2.4.2. Lazer ışını	14
2.4.3. Lazerin dokulara etkisi	16
2.4.4. Lazerin tıp ve diş hekimliği alanında kullanımı	17
2.4.5. Düşük güçlü lazerler	18
2.4.6. Yüksek güçlü lazerler	18
2.4.7. Lazer destekli kök kanal dezenfeksiyonu	21
2.4.7.1. Nd:YAG Lazer	22
2.4.7.2. Erbiyum Lazerler	24
<b>3. GEREÇ ve YÖNTEM</b>	33
3.1. Örneklerin hazırlanması	33
3.2. Kök kanallarının enfekte edilmesi	35
3.3. Dezenfeksiyon yöntemleri	41
3.3.1. % 5'lik NaOCl grubu "Geleneksel yöntem"	41
3.3.2. Salin ve Er:YAG lazer grubu (Er:YAG lazerin salin ile birlikte kullanımı)	43
3.3.3. % 5'lik NaOCl ve Er:YAG lazer grubu (Er:YAG lazerin % 5'lik NaOCl ile birlikte kullanımı)	43
3.3.4. % 2'lik CHX ve Er:YAG lazer grubu (Er:YAG lazerin % 2'lik CHX ile birlikte kullanımı)	43

3.3.5. Salin, Er:YAG ve Nd:YAG lazer grubu (Salin uygulanmış kök kanallarına Er:YAG lazerin Nd:YAG lazer ile kombine kullanımı)	45
3.3.6. Kontrol Grubu	46
3.4. Bakteriyolojik değerlendirme	46
3.5. İstatistiksel analiz	47
<b>4. BULGULAR</b>	48
4.1. Mikrobiyolojik ve İstatistiksel Bulgular	48
4.2. İstatistiksel Bulguların Değerlendirilmesi	52
<b>5. TARTIŞMA</b>	54
<b>6. SONUÇ ve ÖNERİLER</b>	65
<b>7. KAYNAKLAR</b>	66
<b>8. ÖZGEÇMİŞ</b>	75

## TABLolar

Tablo	Sayfa
Tablo 4.1. Deney ve kontrol gruplarında yer alan kök kanal eğriliklerinin ortalama ve standart sapma değerleri.	48
Tablo 4.2. <i>E.faecalis</i> ile enfekte edilen diş köklerinde deney ve kontrol gruplarındaki mikroorganizma miktarına (CFU) ilişkin tablo.	50
Tablo 4.3. Deney ve kontrol gruplarındaki mikroorganizma ( <i>E. faecalis</i> ) miktarlarının ortanca değerleri, aritmetik ortalamaları ve standart sapma değerleri.	50
Tablo 4.4. Deney ve kontrol gruplarında saptanan CFU değerlerinin Dunn's çoklu karşılaştırma testi ile ikili karşılaştırılmaları.	52

## FOTOĞRAFLAR

Fotoğraf	Sayfa
Fotoğraf 3.1. Kök kanal eğriliklerini belirlemek için paralel teknik ile radyografların alınması.	34
Fotoğraf 3.2. Alt çene büyükazı dışından paralel teknik ile bukkal (a), mezial (b) ve distal (c) yönden radyografların alınması.	34
Fotoğraf 3.3. Diş köklerinin ucu kesilmiş tüpe sıkıştırılıp dişlerin apikal kısmı tüp içinde kalacak şekilde konumlandırılması.	35
Fotoğraf 3.4. <i>E. faecalis</i> ekimi yapılan BHI agar katı besiyeri.	36
Fotoğraf 3.5. BHI broth sıvı besiyeri.	36
Fotoğraf 3.6. Bakteri süspansiyonu hazırlamak için öze yardımıyla <i>E. faecalis</i> suşundan alınan örnek.	37
Fotoğraf 3.7. Kök kanallarına ekim için hazırlanan bakteri süspansiyonu.	37
Fotoğraf 3.8. Fotoğraf 3.7.deki süspansiyonun vorteks cihazı kullanılarak homojen hale getirilmesi.	38
Fotoğraf 3.9. Bakteri süspansiyonunun fotospektrometrik yöntemle 0,5 MacFarland bulanıklığına ayarlanması.	38
Fotoğraf 3.10. Bakteri ekimi için hazırlanan kök kanal örnekleri.	39
Fotoğraf 3.11. Bakteri süspansiyonunun kök kanallarına inoküle edilmesi.	39
Fotoğraf 3.12. Anaerobik koşulların oluşturulması için örneklerin paketlenmesi.	40
Fotoğraf 3.13. Etüvde 35±2°C'de örneklerin inkübasyona bırakılması.	40
Fotoğraf 3.14. Kök kanalına 30 G enjektör ucu ile % 5'lik NaOCl uygulanması.	41
Fotoğraf 3.15. Fotona Lightwalker AT Expert, Er:YAG ve Nd:YAG lazeri içinde barındıran lazer sistemi.	42

<b>Fotoğraf</b>	<b>Sayfa</b>
Fotoğraf 3.16. PIPS etkisini oluşturmak için kullanılan Er:YAG lazer değerleri.	42
Fotoğraf 3.17. PIPS ucu.	43
Fotoğraf 3.18 PIPS ucu ile Er:YAG lazerin kök kanallarında kullanılması.	44
Fotoğraf 3.19. Kök kanal dezenfeksiyonu için kullanılan Nd:YAG lazer değerleri.	44
Fotoğraf 3.20. Nd:YAG lazerin kullanıldığı 200 µm çapında fiber optik uç (sağdaki).	45
Fotoğraf 3.21. 200 µm'lik fiber optik uçla Nd:YAG lazer uygulaması.	46

## ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Schneider yöntemi ile belirlenen kök kanal eğriliğinin şematik görünümü.	11
Şekil 4.1. Deney ve kontrol gruplarında kök kanal eğriliklerinin dağılımı.	49
Şekil 4.2. Deney ve kontrol gruplarındaki mikroorganizma ( <i>E. faecalis</i> ) miktarlarının dağılımı.	51

## SİMGELER VE KISALTMALAR

ark.	arkadaşları
aPDT Therapy)	Antimikrobiyal Fotodinamik Tedavi (antimicrobial Photodynamic Therapy)
ATCC	Amerikan Tıp Kültür Koleksiyonu
BHI	Brain Heart İnfüzyon
CFU	Koloni Oluşturan Birimler (Colony Forming Units)
CHX	Klorheksidin
CLSM Microscopy)	Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop (Confocal Laser Scanning Microscopy)
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
DB	Distobukkal
EDTA	Etilendiamintetraasetik Asit
<i>E. coli</i>	<i>Esherichia coli</i>
<i>E. faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
EPS	Ektraselüler Polimerik Matriks
Er,Cr:YSGG	Erbium, Chromium-doped:Yttrium, Scandium, Gallium ve Garnet
Er:YAG	Erbiyum:Yttrium-Aluminyum-Garnet
FDA	Food and Drug Administration (Amerikan İlaç ve Gıda Dairesi)
G	Gauge
Ga-As	Galyum Arsenik
Ga-Al-As	Galyum Alüminyum Arsenik
He-Ne	Helyum-Neon
Ho:YAG	Holmium:Yttrium-Aluminyum-Garnet
Hz	Hertz
In-Ga-Al-P	İndiyum Galyum Alüminyum Fosfor
IBM	International Business Machines (Uluslararası İş Makineleri)
KTP	Potasyum Titanil Fosfat
LAI	Lazerin etkinleştirdiği irrigasyon (Laser Activated Irrigation)

LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Raddition
MB	Meziyobukkal
mJ	MiliJoule
ml	Mililitre
ms	Milisanıye
NaOCl	Sodyum Hipoklorit
Nd:YAG	Neoymium:Yttrium-Aluminium-Garnet
NiTi	Nikel Titanyum
nm	Nanometre
PIPS	İşıkla Başlatılan Fotoakustik Akım (Photon Induced Photoacoustic Streaming)
pH	Hidrojenin Gücü (Power of Hydrogen)
pps	Pulse per Second
PUI	Pasif Ultrasonik İrrigasyon
s	Saniye
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscopy)
W	Watt
$\mu$ m	Mikrometre
$^{\circ}$ C	Santigrat derece
%	Yüzde



## 1.GİRİŞ

Kök kanal sisteminin bakteriyel kontaminasyonu pulpal ve periapikal lezyonların gelişmesinde ana etiyolojik faktörlerden biridir. Kanal tedavisinin en büyük hedefi kök kanal sistemindeki iritanları tamamen uzaklaştırmak olsa da kök kanal sisteminin karmaşık yapısı yüzünden biyomekanik preparasyonla ilgili alanda kalan debrisin tamamen uzaklaştırılıp mikroorganizmalardan arındırılmış kök kanal sistemi elde etmek zordur (1).

İyi yapılmış kök kanal tedavisiyle elde edilebilecek genel başarı oranı % 85-90'a kadar çıkabilmektedir (2, 3). Buna rağmen kök kanal tedavisinden sonra iyileşmeyen bir kök kanalında çeşitli mikroorganizmalar tespit edilmiştir. Bunların arasında en önemlisi *E. faecalis*'tir . *E.faecalis* gibi ısrarcı mikroorganizmaların kök kanalında yaşamını sürdürmesi ve tam olarak uzaklaştırılamaması bu mikroorganizmaya olan ilgiyi arttırmış ve konu ile ilgili pek çok araştırma yapılmıştır.

Mikroorganizmaların uzaklaştırılması, kök kanal sistemindeki organik ve inorganik dokuların çözündürülmesi, kanal aletleriyle çalışılırken aletlerin daha rahat bir şekilde kök kanalı içerisinde hareket ettirilmesi vb. amaçlarla günümüzde pek çok irrigasyon solüsyonu kullanılmaktadır. Bunların arasında sodyum hipoklorit (NaOCl) ve klorheksidin (CHX) bulunmaktadır. Endodontik irrigasyon solüsyonu olarak, NaOCl % 0.5-6 arasındaki yoğunluklarda kullanılır (4). CHX'in kanal tedavisi alanında, kök kanalı yıkama solüsyonu olarak genellikle % 2'lik yoğunlukta kullanıldığı görülmektedir (5).

NaOCl organik dokuları çözme ve etkili dezenfeksiyon sağlama özellikleri nedeniyle en sık kullanılan irrigasyon solüsyonudur (6). Hedef bakteri üzerine dezenfeksiyon etkisi doğrudan temas ile olmaktadır (7). Solüsyon antimikrobiyal etkisini hücre proteinlerini oksitleyerek ve hidrolize ederek gösterir ve hipertonikliği nedeniyle ozmotik olarak hücrelerin sıvılarını çeker. pH'sı yaklaşık 11-12'dir ve proteinlerle temas ettiğinde kısa sürede azot, formaldehit ve asetaldehit oluşur ve proteinlerin eritmesi sonucu peptit bağları kopar (8).

Kullanılan diğ er irrigasyon solüsyonu CHX, mikroorganizmalar üzerine geniş etkili spektruma sahip olması ve irritasyon özelliğ inin çok az olması gibi üstün özelliklerinin yanında etkinliğ inin pH'ya bağlı oluşu, ortamda organik maddenin olmasıyla etkinliğ inin azalması ve nekrotik dokuları çözememesi gibi dezavantajları vardır (9, 10). Kök kanal sistemi mikroskopik olarak incelendiğ inde pek çok yan kanal, isthmus gibi ulaşılması çok güç alanların bulunduğ u görülmüştür. NaOCl ve CHX'in etkisi ancak doğrudan temas ile olduğ undan bu alanlarda kalabilen mikroorganizmalar yaşamlarını sürdürebileceklerdir. Bu başarısızlığın önüne geçebilmek için ultasoniklerle irrigasyonun etkinleştirilmesi, antibakteriyel nanopartiküllerin kullanılması ve ozon uygulaması gibi çeşitli yöntemlerin kullanılarak söz konusu mikroorganizmaların yok edilmesi düşünölmüştür (11-13). Bunlardan biri günümüzde geçerli olan dezenfeksiyon yöntemlerine ek olarak çeşitli lazer sistemlerinin kullanımındır (14, 15).

Lazer sistemleri ile yapılan araştırmalarda, lazerin enfekte kök kanallarında tek başına ya da irrigasyon solüsyonlarıyla beraber kullanımının bakteri sayısını önemli derecede azalttığı yönünde olumlu sonuçlar alınmıştır (16-18).

Her kök kanalı tamamen düz değildir. Eğrilik derecesi çok farklı olan kök kanalları da bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda lazer cihazları genellikle düz kanallarda denenmiştir. Kanal tedavisi gereken çoğ u diş eğri kanal kurvatürüne sahiptir. Bu kanal kurvatürü ve apikal çap kök kanal irrigasyonunun etkin bir şekilde yapılmasını etkilemektedir. Bu nedenle eğri kanal kurvatürüne sahip olan ve enfekte pulpa dokusu bulunan bir dişte pulpayı çıkartmak ve etkin bir irrigasyon yapmak düz kanallara sahip bir dişe oranla çok daha zor olacaktır (19).

Bu gibi nedenlerden dolayı bu çalışmada eğri kök kanallarında Er:YAG ve Nd:YAG lazerin kombine kullanımının, *E.faecalis*'e karşı antibakteriyel etkinliklerinin incelenmesi amaçlanarak literatürdeki boşluğ un doldurulması hedeflenmiştir.

## 2.GENEL BİLGİLER

### 2.1. Kök kanallarına bakteri invazyonu

Yüzyılı aşkın süre önce Miller, çürük ve çürük olmayan dentin kanalcıklarında bakteri invazyonunu ilk kez göstermiştir ve dentin kanal mikro florasının kok ve çubuklardan oluştuğunu bildirmiştir (20). Keyes steril hayvanların zengin içerikli diyet ile beslediğinde diş çürüğünün gelişmediğini göstermiştir (21). Kakehashi ve arkadaşları (ark.) ratlarda molar diş pulpası ağız ortamına açık hale getirildiğinde bakteri varlığında pulpa ve periapikal hastalıkların oluştuğunu göstermişlerdir. Steril ratlarda ağız ortamına açılan pulpa sağlıklı kalmıştır ve açılan alanda dentin köprüsü tamiri başlamıştır (22). Bu çalışmaların sonucunda dentin çürüğü, pulpa ve periapikal hastalıkların gelişme ve ilerlemesindeki ana faktörün bakteriler olduğu kesin olarak anlaşılmıştır (23).

Kök kanal sistemine mikroorganizmaların invazyonları zamana ve bakteriyel türlere bağlıdır. Pulpaya bakteri istilası başladığında bakterilerin kök pulpasını tamamen istila etmeleri birkaç gün sonra tamamlanır. Bakteriler pulpada ilerlerken tam merkezden gitmezler, dentin duvarlarını izlerler. Çürük kavitesinden pulpa odasına girer girmez pulpodental membranı izler ve kanal ağızlarına gelirler. Pulpa merkezi hala dekontaminedir fakat pulpada iltihapsal cevap, eksuda birikimi ve mikro apseler bulunur. Dış kaynaklı antijenik veya fizikokimyasal uyarı giderilmezse iltihapsal reaksiyon pulpanın alt tabakalarına doğru giderek yayılır, kök pulpası ve periapikal dokularda da kron pulpasındakine benzer değişimler görülür. Kök kanalı içerisinde bakterilerin izledikleri yol, kanalın vestibül ve lingual/palatinal duvarları boyuncadır. Bakteriler kanal duvarlarında yığılmış kümeler şeklinde yerleşirler. Tek veya çok katlı yığılımlar yapabilirler. Bu yapılar incelendiğinde saf olmadıkları, birden fazla bakteri cinsi içerdikleri görülür. Kron ve kök pulpası tamamen parçalandığında pulpa odasında çok miktarda bakteri vardır. Dentin kanalcıkları tamamen kontaminedir. Dentin kanalcıklarına yerleşen mikroorganizmalar kök kanalı, çevre dokuların enfeksiyonları ve tekrarlayan enfeksiyonlar için bir kaynak oluşturur (8).

Enfekte kök kanalı biyofilm halinde üreyen aerobik, anaerobik, Gram pozitif ve Gram negatif birçok farklı bakteri türü tarafından istila edilir (24). Ricucci & Siqueria tedavi edilmeyen kanallarda % 80, tedavi edilen kanallarda % 74 oranında bakteriyel biyofilmin yaygınlığını göstermişlerdir. Ayrıca biyofilmin yapısının vakadan vakaya göre değiştiğini ve kök kanal enfeksiyonu için tek bir modelin olmadığını belirlemişlerdir (25).

Olgun bakteriyel biyofilm, ekstraselüler polimerik matriks (EPS) içine gömülmüş çok katlı bakteri tabakası bileşenidir. Bakteriyel biyofilmin antimikrobiyal ajanlara karşı direnç mekanizması aşağıdaki gibidir:

1. **Ekstraselüler polimerik matriksle ilişkili direnç:** EPS, antimikrobiyallerin biyofilme nüfuz etme oranını belirler. Antimikrobiyallerin kimyasal etkisine karşın "geçirgenlik kalkanı" ve "etkisini engelleyici" olarak davranır.
2. **Besin kullanılabilirliği ve üreme oranı ile ilişkili direnç:** Besinlerin bitmesi ve artık ürünlerin birikmesi ile bakterinin üremesi durmaktadır. Antimikrobiyaller üremeyen mikroorganizmalara karşı etki gösteremezler (inatçı hücreler).
3. **Direnç fenotip adaptasyonu ile ilişkili direnç:** Bakteriler arası etkileşim biyofilme yarar sağlayacak türlerin gelişmesine ortam hazırlar. Genetik bilgilerin diğer bakterilere aktarılması konakçı savunma sistemi ve antimikrobiyal ajanlara karşı yüksek düzeyde dirençli fenotipler oluşturur (8).

Endodontik bakteriyel biyofilmin tamamen uzaklaştırılması ya da belirgin azalması ve tedavi sonrası tekrar bulaşmanın engellenmesi başarılı bir kanal tedavisi için gerekli olan şartlardan birkaç tanesidir. Bununla beraber titiz bir şekilde kök kanal şekillendirmesi, temizlenmesi ve kanal dolgusu yapılmış olsa bile yine de bakterilerin kök kanallarının ulaşamayan alanlarında kaldığını çeşitli araştırmalar göstermiştir (26-28).

Dirençli kök kanal enfeksiyonlarındaki türler değişen çevre şartlarına uyum sağlamaktadır. Bu tür bakterilerin ortak özellikleri arasında dentine nüfuz etme

yeteneği, zincirler halinde ya da yapışkan lifler halinde üremeleri, kanal tedavisinde kullanılan antimikrobiyallere karşı dirençli olmaları, tek tür enfeksiyonlar halinde üreme yetenekleri, açlığa dayanmaları ve doku cevabından saklanmaları sayılabilir. İnatçı apikal periodontitisli dişlerde mikrobiyal flora çoğunlukla Gram pozitif mikroorganizmalardan oluşmaktadır. Kök kanallarından yok edilmesi en zor olan bakterinin ise *E. faecalis* olduğu söylenmektedir (29).

### **2.1.1. *E. faecalis***

Enterokoklar normal insan florasının parçasıdır ve genellikle ağız içinde göreceli olarak küçük konsantrasyonlarda bulunur. *E. faecalis* Gram pozitif koktur, fakültatif anaeroptur, sindirim sistemi enfeksiyonlarında ve sekonder apikal periodontitiste sıklıkla bulunmaktadır. Enterokok hastane kaynaklı enfeksiyonlarda en sık bulunan ikinci mikroorganizma olarak sınıflandırılmaktadır ve bu türden kaynaklı enfeksiyonlarda % 85-95 oranında *E. faecalis* izole edilmektedir. *E. faecalis* hücrelerinin insan serumu varlığında kollajene bağlanma ve dentin kanalcıklarına yerleşme yeteneği olduğu bildirilmiştir. Bu bakteri besin kıtlığı olduğunda bile kalsiyum hidroksit, NaOCl, CHX ve ozon gibi antimikrobiyal ilaçlara direnç kazanmaktadır (29).

Bu mikroorganizma çeşitli genetik polimorfizmler gösterebilmektedir (30). Serin proteaz, jelatinaz ve dentine bağlanmayı kolaylaştıran enzimlere sahiptir (31). Dentin kanalcıklarında 400 ile 1000 mikron (µm) ilerleyebilecek kadar küçük boyutludur ve dentin kanalcıkları içerisinde de yaşamını sürdürebilmektedir (32). Uygun besin ortamı oluşuncaya kadar uzun süre açlığa dayanabilir ve serumu besin kaynağı olarak kullanabilir (33). Yapılan bir araştırmada *E. faecalis*'in kök kanalında ek besin olmadan 12 ay boyunca canlılığını sürdürebildiği gösterilmiştir (34). *E. faecalis*'in biyofilm oluşturarak bu yapıyı oluşturamayan bakterilere kıyasla 1000 kat daha dirençli hale geldiği belirtilmiştir (35).

### **2.2.Kök kanal dezenfeksiyonunda kullanılan yöntemler**

Kök kanalından mikroorganizmaları, nekrotik ve iltihaplı dokuyu kaldırmak için kök kanalı el ve döner aletlerle şekillendirilirken dezenfektanlarla devamlı

olarak yıkanmaktadır. İrrigasyon solüsyonları geleneksel olarak kök kanalına farklı boy ve uç tasarımı olan şırınga ve metal iğnelerle birlikte uygulanır (36).

### **Endodontide kullanılan yıkama solüsyonları:**

#### **2.2.1. Sodyum hipoklorit (NaOCl)**

Sodyum hipoklorit, seyreltilmiş sert sodada sıvı veya gaz halinde bulunan klorinle tepkimeye girmesi sonucu oluşan yeşilimsi bir sıvıdır. Fransız kimyacı Berthollet tarafından 1788 yılında keşfedilen NaOCl, dezenfektan olarak ilk kez 1847 yılında Semmelweis tarafından kullanılmıştır. 1915 yılında 200'den fazla bileşiğin antibakteriyel etkinliği denenmiş ve sodyum hipokloritin ve kloraminlerin bu solüsyonlar içinde etkin dezenfektanlar olduğu tespit edilmiştir. % 1'lik NaOCl'in % 1'lik sodyum bikarbonatla seyreltilmesiyle elde edilen ve Dakin solüsyonu olarak adlandırılan ilk orijinal % 0,5'lik hipoklorit solüsyonu Birinci Dünya Savaşında yaraların dezenfeksiyonu için kullanılmıştır (37).

Sodyum hipokloritin en önemli özelliklerinden biri çok geniş spektrumlu bir antimikrobiyal ajan olmasıdır. Bakterilere, bakteriyofajlara, sporlara, mantarlara ve virüslere karşı etkili olduğu kanıtlanmıştır (37). Solüsyon antimikrobiyal etkisini hücre proteinlerini oksitleyerek ve hidrolize ederek gösterir ve hipertonikliği nedeniyle ozmotik olarak hücrelerin sıvılarını çeker. pH'sı yaklaşık 11-12'dir ve proteinlerle temas ettiğinde kısa sürede azot, formaldehit ve asetaldehit oluşur ve proteinleri eritmesi sonucu peptit bağları kopar (8).

Endodontik irrigasyon solüsyonu olarak NaOCl, % 0.5-6 arasındaki yoğunluklarda kullanılır. NaOCl yüksek yoğunluklarda daha etkili doku çözdüğü, ancak düşük yoğunluklarda kullanılırken yüksek hacimlerde kullanıldığında etkisinin eşit olduğu bildirilmiştir (4).

Clegg ve ark. yaptıkları çalışmada bakteri öldürme ve yapay biyofilmi uzaklaştırmada sadece % 6'lık NaOCl'in etkili olduğunu bildirmişlerdir. % 1 ve % 3'lük NaOCl kullanılan örneklerde Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile görüntüler alındığında bakterinin fiziksel olarak uzaklaştırıldığı ve bazı dağılmalar olduğunu göstermiştir ancak dentin talaşları kültüre edildiğinde dentin tübülleri içine

saklanarak solüsyonun etkisinden kaçan bakterinin olduğu da yapılan çalışmada gösterilmiştir (38).

NaOCl'in dentin kanalcıklarına nüfuz miktarını belirleyen çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Zou ve ark.nın yaptığı bir çalışmada NaOCl'in dentine nüfuz etme miktarının 77-300 µm arasında değişmekte olduğunu belirlemişlerdir. NaOCl'in antibakteriyel etkinliği yoğunluk, sıcaklık ve kök kanalına temas etme süresine bağlıdır. İlgili çalışmadan elde edilen sonuçlar üç değişkenin tümünün NaOCl'in nüfuz etme miktarını etkilediğini göstermiştir. Nüfuz etme miktarının % 1, % 2, % 4 ve % 6'lık solüsyonlarda 2 dakikalık sürenin sonunda oda sıcaklığında sırasıyla 77, 96, 105 ve 123 µm olduğunu; 37<sup>0</sup>C ve 45<sup>0</sup>C'de 20 dakika uygulanan % 6'lık NaOCl grupta 291 ve 300 µm gibi yüksek değerler olduğunu göstermişlerdir (39).

### **2.2.2. Klorheksidin (CHX)**

Sentetik bir kemoterapötik ajan olan klorheksidin 1953 yılından beri genel tıpta yaygın olarak kullanılmaktadır. Piyasada en çok dihidroklorit, diasetat ve diglukonat tuzları şeklinde bulunur. Bu tuzlar kimyasal olarak karardır. Diş hekimliğinde daha çok klorheksidin diglukonat şeklinde kullanılır. Diğer klorheksidin tuzlarının aksine suda serbestçe çözünebilen klorheksidin diglukonat, fizyolojik pH'larda pozitif yüklü klorheksidin bileşenlerine ayrılmaktadır (37).

Klorheksidin, pH'sı 5.5-7 arasında değişen ve antimikrobiyal etkisi olan katyonik bisguaniddir. Klorheksidin aerop ve anaeroplara da dahil olmak üzere hem Gram pozitif hem de Gram negatif bakterilere, bakteriyel sporlara, lipofilik virüslere, dermatofitlere, mayalara ve mantarlara karşı etkilidir. Mantar sporlarına karşı düşük bir antimikrobiyal etkinliğe sahiptir. Düşük yoğunluklarda hücre membran enzimlerini inhibe eder ve hücre zarının geçirgenliğini artırır. Bu etki bakteriyostaz olarak adlandırılmaktadır. Yüksek yoğunluklarda sitoplazmik organellerin çökmesine yol açarak bakterisit etki gösterir. Bakterisit etkisi negatif yüklü hücre duvarına bağlanan pozitif yüklü moleküllerle oluşmaktadır. Klorheksidin molekülü dış dokuları ve mukoza membranı tarafından emilir ve tedavi edici düzeylerde uzun süre salınımıyla etkisini göstermektedir (37).

Klorheksidin, yaygın olarak oral kavitede kimyasal plak kontrolünde kullanılan güçlü bir antiseptiktir. Kimyasal plak kontrolünde, CHX'in % 0.1'lik ve % 0.2'lik sudaki çözeltileri önerilmektedir (40, 41). % 2'lik CHX'in genellikle kanal tedavisi alanında, kök kanalı yıkama solüsyonu olarak kullanıldığı görülmektedir (5).

Randomize ve kontrollü bir klinik çalışmada, % 2'lik CHX solüsyonu ile serum fizyolojinin antibakteriyel etkinliği kültür yöntemi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Tüm dişler prepare edilirken % 1'lik NaOCl ile yıkanmış ve gruplara son yıkama olarak % 2'lik CHX ya da serum fizyolojik uygulanmıştır. CHX grubunda mikroorganizma sayısında daha yüksek oranda azalma olduğu bildirilmiştir. Son yıkamada CHX'in serum fizyolojiğe göre daha üstün antibakteriyel etki gösterdiği bu çalışma ile gösterilmiştir (5).

Wang ve ark. yaptığı bir çalışmada, genç ve olgun *E.faecalis* biyofilmi üzerinde farklı dezenfeksiyon solüsyonlarının antibakteriyel etkisi karşılaştırılmıştır. % 6'lık NaOCl en güçlü antibakteriyel etkiyi göstermiştir. % 2'lik CHX ve % 2'lik NaOCl dentindeki 3 haftalık *E.faecalis* biyofilmini bir dakika uygulama sonunda sadece % 13-15'ini öldürmüştür. Bu sonuçlar % 2'lik CHX ve % 2'lik NaOCl'nin 1 dakika uygulanmasıyla dentin tübüllerinde canlı bakteri sayısını yeterli oranda azaltmasının mümkün olmadığını kanıtlamıştır (42).

% 2.5'lik NaOCl ve % 0.2'lik CHX solüsyonlarının kanal içindeki mikroorganizmalara karşı antibakteriyel etkinliklerinin karşılaştırıldığı bir klinik çalışmanın sonucunda, negatif kültürlerin elde edilmesinde NaOCl'in CHX'inden anlamlı derecede daha etkili olduğu bulunmuştur. Elde edilen sonuç fakültatif bakteriler için fark daha az önemliken, özellikle anaerobik bakteriler için önemli bir durumdur. Ayrıca CHX ile elde edilen negatif kültürlerden pozitif kültürlere geçiş görülmüştür. Bu durum CHX'in nekrotik doku artıklarını çözmemesi ve kanal sistemindeki artıkları tam olarak temizleyememesinden kaynaklanmaktadır (41).

Geçerli endodontik dezenfeksiyon yöntemlerindeki sınırlamaları anlamak için sadece kök kanalları içinde bakteriyel üremede biyofilm yapısını değil, kök kanalının anatomik karmaşıklığını, dentin yapısı ve bileşenlerini ayrıca kimyasal dezenfeksiyonlarla ilişkili faktörleri bilmek önemli bir konudur (24).



## **2.3. Kök kanal dezenfeksiyonunu etkileyen faktörler**

### **2.3.1. Kök kanal anatomisi**

Pulpa boşluğu karmaşık bir yapı gösterir ve kanallar ayrılıp birleşebilir. Birçok kök fazladan bir kanala sahiptir ve değişik kanal biçimi gösterir. Vertucci sekiz farklı pulpa boşluğunun yapısını tanımlamıştır (43). Ayrıca Yanıkoğlu ve ark. 100 adet alt santral ve lateral dişlerin kök kanallarında kök kanal sayılarını, apikal foramenin konumunu, kök kanal dallanmalarını ve apikal deltaların sıklığını belirledikleri bir çalışmada Vertucci sınıflamasından farklı olarak alt kesicilerde iki kanaldan fazla kanal sayısı içeren yeni kanal şekli tanımlamışlardır (44).

Pulpa ve periodontal dokular sadece apikal foramenle değil aynı zamanda lateral ve yan kanallar aracılığı ile birbirleriyle bağlantılıdır. Lateral kanal kök yüzeyinde herhangi bir yerde bulunabilir ve kök kanalına dik olma eğilimindedir. Yan kanallar ise daha çok kök kanalından apikal kısımda meydana gelen dallanmalar olup kökün her yanına doğru uzanma eğilimindedirler (37). Aksesuar kanallar, lateral kanallar, apikal dallanmalar ve anastomozların tümü kök kanal anatomisinin karmaşık yapısına katkıda bulunurlar. Ana kök kanalı birçok durumda diğer kök kanalı ile istmus aracılığı ile bağlantı halindedir. Bu gibi karmaşık yapılar nedeniyle kök kanal şekillendirilmesinde kök kanalının % 30-50 oranındaki kısmı maalesef temizlenmeden kalmakta (45), bu da endodontik tedavinin başarısız olmasına yol açmaktadır.

Nair ve ark. tek seans geleneksel kök kanal tedavisini takiben, erişilmemiş girintiler, divertikül, kanallar arası istmus ve aksesuar kanallarda mikrobiyal biyofilmin kaldığını göstermişlerdir. Endodontik solüsyonların ya da ilaçların kök kanal sistemindeki bu tarz oluşumlara girmede yetersizliği nedeniyle bu alanlarda temizleme ve şekillendirme işlemlerinden sonra bakteriyel biyofilmin direnç kazandığını da vurgulamışlardır (26).

#### **2.3.1.1. Eğri kök kanalları**

Kök kanallarının preperasyonla genişletilmesinin, etkili temizleme ve dezenfeksiyonu kolaylaştırdığı gösterilmektedir. Ancak kök kanallarının

geniştirilmesinde birkaç sınırlama vardır. Bunların arasındaki ana nedenlerden biri kanallarda bulunan eğriliklerdir. Eğri kanallar prepare edildiğinde, kanalın transportasyonu, strip perforasyon oluşumu ve zip oluşumu riski bulunmaktadır. Eğelerin kalınlığı arttıkça esneklikleri de bununla birlikte azalmakta ve yukarıda bahsedilen iatrojenik hataların oluşma riski artmaktadır. Eğri kanallarda #30 ve daha yüksek numaralı eğelerin çalışma uzunluğunda kullanması ise pek güvenli olmamaktadır (46).

Eğri kök kanallarında şekillendirme işlemi sırasında, orijinal kanal seyrinin eğimin dış tarafına kayması sonucu kök kanal duvarının içbükey kısmından kaldırılamayan enfekte doku artıkları ve bakteriler tedavinin başarısızlığına neden olabilmektedir (47). Bu sorun süper-elastik ve şekil hafızasına sahip olan Nikel Titanyum (NiTi) döner ege sistemleri ile bir miktar aşılrsa da eğri kanallarda kanal kurvatürü ve apikal çap kök kanal irrigasyonunun mekanik etkisini direkt olarak etkilemektedir. Küçük çaplı eğri kök kanallarında yapılan irrigasyon geniş çaplı eğri kanallara göre belirgin olarak daha az etkili olmaktadır (48).

Eğri kök kanallarının morfolojisi kök kanal tedavisinin sonucunu etkileyecek öneme sahip olduğu için kanal eğriliklerin belirlenmesi birçok araştırmacının ilgi odağı olmuştur. 1971 yılında kök kanal eğrilik dereceleri ile ilgili ilk çalışma Schneider tarafından yapılmıştır. Schneider periapikal radyografiler ile dişlerin kanal eğriliğini ölçerek bir yöntem ortaya çıkarmıştır (49).

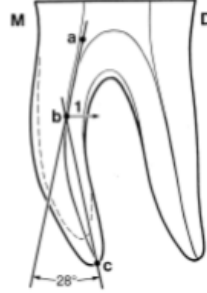
Schneider'in kök kanal eğriliği Şekil 2.1.de detaylı olarak açıklanmaya çalışılmıştır. Buna göre; a noktası: Kanal girişi seviyesinde eğenin ortasından belirlenir; a noktasından eğenin kıvrıldığı yere (b noktası) kadar düz bir çizgi çizilir; c noktası apikal foramen olarak belirlenir; b noktasından c noktasına düz bir çizgi çekilerek bu iki nokta birleştirilir. Böylece çizgilerin kesişiminde oluşan açı kanal eğriliğini gösterecektir.

Schneider bu yöntemi kullanarak kanal eğriliklerini sınıflandırmıştır. Buna göre eğrilik derecesi;

- |   |                             |
|---|-----------------------------|
| 1. $5^0$ den küçük olan kanallar          | Düz kanallar                |
| 2. $10^0$ - $20^0$ arasında olan kanallar | Orta derecede eğri kanallar |

3. 20° den büyük olan kanallar sınıflandırılmıştır (50).

Ciddi eğri kanallar olarak



Şekil 2.1. Schneider yöntemi ile belirlenen kök kanal eğriliğinin şematik görünümü.

### 2.3.2. Dentinin yapısı ve bileşenleri

Anatomik olarak pulpa boşluğu pulpa-dentin kompleksini oluşturmak üzere dentin ile çevrilidir. Dentinin iç yapısında bulunan dentin kanalcıkları toplam dentin hacminin % 20-30'unu oluşturmaktadır. Mine-dentin sınırından pulpa-dentin sınırına kadar mm<sup>2</sup>'ye düşen dentin kanalcıkları sayısı iki kat fazladır ve kanalcıkların kapladığı alan ise üç katına çıkmaktadır (37). Bu farklılıklar klinik açıdan dentinin geçirgenliğinde çok belirgin rol oynamaktadır. Dentin kanalcıklarının pulpa nekrozu oluşumunda bakterilerin tutunması ve üremesini sağlayan bir kaynak olduğu yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (51-54).

Dentin kanalcıkları önemli miktarda mineralize olmamış kollajen içerir ve tip 1 kollajen oral streptokokların yüzeye tutunmasını sağlamaktadır (29).

Berutti ve ark. smear tabakasını kaldırdıktan sonra NaOCl ile yıkamayla dentin kanalcıklarında kanal boşluğundan sadece 130 µm derinliğe kadar alanın bakterilerden arındırılmış bir hale geldiğini ve bu derinliğin altında hala hayatta kalan bakterilerin olduğunu belirtmişlerdir (7).

### 2.3.3. Kök kanalında irrigasyon dinamikleri

İrrigasyon dinamikleri; kök kanal irrigasyonunda mühendislik ve fizik alanlarındaki yöntemlerin kullanılmasıyla beraber kök kanal sistemindeki irrigasyon akışı, irrigasyon solüsyonunun nüfuz miktarı, kök kanal boşluğundaki sıvının değiş

tokuşu ve sıvının oluşturduğu güçler gibi sıvı akışının doğasını anlamamıza yardımcı olmaktadır (24).

Kök kanal irrigasyonunun hedeflerini kimyasal ve fiziksel açıdan iki boyutta inceleyebiliriz:

1. İrrigasyonun kimyasal etkinliği, antimikrobiyal solüsyonların yoğunluğuna ve solüsyonla enfekte doku arasındaki etkileşim süresine dayanır. Amaç bakteriyel biyofilmleri, endotoksinleri etkisiz hale getirmek ve enfekte kök kanallarındaki doku kalıntılarını ya da smear tabakasını çözmektir.
2. İrrigasyonun fiziksel etkinliği, pozitif basınçlı irrigasyon ve negatif basınçlı irrigasyon yöntemleri gibi solüsyonun kanal içinde dalgalanma gücünün artırıldığı farklı yöntemler kullanılarak elde edilen irrigasyon yeteneğidir. Kök kanal sistemi boyunca solüsyon akışı kök kanal sisteminden debrisin çözünmesini ya da dışarı atılmasını sağlar ve biyofilm yapılarını parçalar.

Endodontik dezenfeksiyonda son etkinlik kimyasal ve fiziksel etkinliğin her ikisine bağlıdır (55, 56). İrrigasyon solüsyonu çok güçlü olsa bile kök kanalının apikal kısmına (çalışma boyuna kadar) ulaşamazsa, kök kanal duvarı ile etkileşime giremezse ve kök kanal sisteminin tüm ayrıntılarına ulaşamazsa hiçbir faydası olmayacaktır (36).

Bakteriler antimikrobiyal ajanların ulaşamadığı konak savunma sisteminin ötesindeki alanlara yerleştiği için dezenfektanların, yeni tedavi yöntemleriyle dentin kanalcıklarına nüfuz edebilmeleri ve burada yaşayan mikroorganizmaları parçalamaları gerekmektedir (51).

Kök kanal dezenfeksiyon uygulamaları; kök kanal sisteminin anatomik olarak karmaşık yapısı ve mikroorganizmaların biyofilm yapıları düşünülüşünde, kök kanal şekillendirmelerinde dokunulmamış bölge olsa bile biyofilm yapısını uzaklaştırmalı ve yerleşen bakteriyi tamamen parçalamalıdır. Bu süreç boyunca kök dentininde herhangi bir fiziksel ve kimyasal değişikliğe neden olmamalıdır (24).

Yukarıda bahsedilen hedefler farklı antimikrobiyaller ve tedavi yöntemleri ile başarılmaya çalışılmıştır. Bu konuda tercih edilecek antimikrobiyal materyallerin kullanım amaçlarını ise şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Biyofilmin yapısında küçük yıkım oluşturmak,
2. Biyofilm içindeki "quorum sensing" denilen bakteri iletişim sistemindeki sinyallere ya da inatçı hücrelere zarar vermek,
3. Biyofilm yapısına sızmak ve bakterileri öldürmek,
4. Biyofilm yapısındaki yerleşen bakteri ve biyofilm matriksinin her ikisini de parçalamaktır (24).

Endodontik biyofilmleri ortadan kaldırmak ve başarılı bir endodontik tedavi yapabilmek için güncel tedavi yaklaşımları; antibakteriyel nanopartiküller, antimikrobiyal fotodinamik terapi (aPDT), ozon uygulaması ve lazer destekli kök kanal dezenfeksiyon yöntemlerini şu an için sayabiliriz.

## **2.4. Lazerler**

### **2.4.1. Lazer apareylerinin tarihçesi**

"*Light Amplification by Stimulated Emission of Raddition*" açılımına sahip olan lazerin temeli 1900'lü yıllarda Einstein'in geliştirdiği fiziksel prensibe dayanmaktadır. *LASER* terimi dilimize *LAZER* olarak girmiştir. "*Radyasyonun uyarılmış emisyonu ile ışığın güçlendirilmesi*" anlamına gelmektedir.

Özgün yapıda yoğun ışığı üretme fikri lazerin üretiminden 40 yıl öncesinde çıkmıştır. 1704 yılında Newton ışığı, parçacıkların akımı olarak tanımlamıştır. Young'un 1803 yılında ışığın kutupluluk özelliği taşıdığını keşfetmesi diğer bilim insanlarını ışığın dalga formunda yayıldığına ikna etmiştir. 1880 yılında Maxwell tarafından elektromanyetik radyasyon kavramının matematiksel formu tanımlanmıştır. Maxwell'in elektromanyetik teorisine göre, yüklü parçacıkların salınımına bağlı oluşan elektromanyetik alanın hızlı titreşimleri sonucunda ışık oluşmaktadır. Yirminci yüzyılın başında, dalga boyu ışık teorisi ortaya atılmıştır. Bu teoriye göre, atom elektromanyetik enerjiyi alır ve bir üst seviyeye yükselir. Kararlı aşamaya geri dönmek için enerji açığa çıkarır (57).

Hertz tarafından katot ışın emisyonu üzerine yapılan öncü çalışmada fotoelektrik etki ele alınmıştır. Fotoelektrik etkiden çıkan elektronların sayısı ile ışığın yoğunluğunun doğru orantılı olduğu ve ışıkla madde arasındaki etkileşimi klasik fizik terimlerinin açıklayamadığı, ışığın frekansının (dalga boyu) elektronların maksimum kinetik enerjisini belirlediği tespit edilmiştir (57).

Fotoelektrik etkiyi açıklayan Einstein uygun boyutlu bir fotonun uyarılmış durumda bulunan bir moleküle çarpması halinde, bu molekülün daha düşük enerji seviyesine inerken, kendisine çarpan fotonla tamamen aynı büyüklükte ve o fotonla aynı doğrultuda hareket eden bir foton salacağı fikrini ortaya atmıştır (58).

İlk lazer ışını, 1960'da Theodore Harold Mainman tarafından sentetik Ruby barı kullanılarak laboratuvarında deneysel olarak üretilmiştir. Diğer lazerin çeşitleri Ruby lazerden hemen sonra icat edilmiştir. İlk Uranyum lazeri International Business Machines (IBM) laboratuvarları tarafından Kasım 1960 yılında, ilk Helyum-Neon (He-Ne) lazeri Bell laboratuvarları tarafından 1961'de geliştirilmiştir. 1964 yılında Patel ve ark. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) lazeri, aynı yıl Geusic adlı araştırmacı Neodymium:Yttrium-Aluminium-Garnet (Nd:YAG) lazeri geliştirmiştir (57).

#### **2.4.2. Lazer ışını**

Lazer, ışık enerjisini ısı enerjisine dönüştüren bir düzenek ve ışık güçlendiricisidir. Lazer sistemi; lazer ortamı, optik rezonans odası ve içinde pompa sistemi olmak üzere üç ana bölümden oluşur. Lazer ortamı lazer enerjisinin kaynağıdır ve içindeki lazer aktif maddesine göre lazerin ismi belirlenir. Örneğin, CO<sub>2</sub> lazerde lazer ortamında CO<sub>2</sub> gazı bulunmaktadır. Optik rezonans odası içinde bir tarafında %100 oranında yansıtan, diğer tarafında %90 oranında yansıtan yansıtıcı aynalar bulunur. Bu aynalar lazer ışığının gücünü yükseltmektedir. Pompa sistemi, lazer aktif maddesinin bulunduğu rezonans odasına enerji yollar. Bu genellikle bir ışık kaynağıdır (57).

Lazer ışığı foton yayılmasından ibarettir. Foton ışığı oluşturan küçük enerji paketleridir, kütlesi ve ağırlığı olmayan bir enerjidir. Bir atom uyarılmış durumdayken üzerine belli bir dalga boyunda foton düşürülürse atom aynı fazda foton yayar (58).

Lazer ışığı monokromatiktir. Sadece belirli frekans bandında tek renkli lazer ışığı oluşmaktadır. Monokromatik ışık saçılımı, lazer ışınlarının birbirine paralel olması ve ışınlarının fazlarının aynı olması özelliğinden kaynaklanır. Lazer ışını tamamen düzdür ve ışınları birbirine paraleldir. Etrafa gelişigüzel dağılmaması ciddi seviyede çok uzak noktalara odaklanmasına imkan tanımaktadır. Görünür ışık ise insan retinasının gördüğü elektromanyetik spektrumda dar bir kısmı ifade eder. Görünür ışığın dalga formu uyumlu olmayan, birbirine bağlı olmayan, ardışık dalgaların karışık bir şekilde üst üste gelme durumudur (57).

Lazer ışığının özelliklerinin oluşabilmesi için uyarılmış salınım gerçekleşmelidir. Normal ışıkta atomlar elektronlarını gelişigüzel salarlarken uyarılmış salınımda foton salınımı organize edilmiştir. Salınım bir kez başladığında hareketlenen elektronlar kendileri gibi uyarılmış elektronlarla karşılaşır ve onların da foton oluşturmalarına neden olabilirler (58).

Lazer etkinliğinde lazer ışığının gücü, dalga boyu, atım süresi, uygulama süresi, uygulanan maddenin fiziksel özelliği ve özellikle optik özellikleri önem taşımaktadır. Güç yoğunluğu (ışık yoğunluğu), birim alanda bulunan foton yoğunluğudur. Güç yoğunluğu  $\text{cm}^2$ 'de Watt olarak ölçülür. Işığın doku üzerinde oluşturduğu daire şeklindeki alanı (spot), spot çapı santimetre kareye düşen güç yoğunluğunu etkilediği için hesaplamak gerekmektedir. Enerji yoğunluğu terimi güç yoğunluğuna benzer, bu nedenle enerji yoğunluğuna birim alandaki enerji miktarı denilmektedir. Çok kısa atımlı lazerlerde "güç" yerine "atım başına enerji" terimini kullanmak daha uygundur. Birçok lazerde enerji yoğunluğu  $\text{mJ}/\text{cm}^2$  olarak ifade edilir. Lazer atımlarının sürekli veya kesintili olması önemli bir özelliktir. Bazı lazer sistemleri kesintisiz, sürekli lazer ışığı "devamlı dalga" sağlarken, bazı cihazlarda kullanılan metal perdeciklerle, ışığın nabızsal akımı elde edilir. Lazer ışığında meydana gelen kesinti gözle fark edilemeyecek kadar kısa zaman aralığı içinde gerçekleşmektedir. Buna "kesikli lazer ışığı" denilmektedir. Bu sistemlerde bir saniyede yüzlerce kez ışığı durdurup yeniden göndermek olasıdır. Bazı sistemlerde ise enerji bir süre biriktirilip daha kısa bir zaman diliminde salınmaktadır. Bu şekilde çok daha fazla enerji içeren bir atım elde edilebilmektedir. Bu özellikteki lazer akımına "duraksatılmış akım" denilmektedir (59).

Pulse per second (pps) lazer cihazının saniyede kaç atım yaptığını belirtmek için kullanılır; frekansı ifade eden Hertz (Hz) de aynı anlamda kullanılan bir terimdir (57).

### 2.4.3. Lazerin dokulara etkisi

Lazer enerjisinin oluşturduğu ışık hedeflenen dokuda dört farklı etki yaratır. Bu etkiler dokunun optik özelliklerine ve lazerin dalga boyuna bağlıdır (60).

Oluşan **ilk etkileşim** yansımadır. Yansıma ışığın hedeflenen doku yüzeyinde hiçbir etki olmadan yayılmasıdır. Yansıyan ışık demeti dar veya geniş bantta yayılabilir. Yansımanın meydana gelmesi dokuya iletilmesi hedeflenen enerjinin istenilen miktara ulaşmamasına neden olabilir (60).

**İkinci etkileşim** hedeflenen bölgede lazer enerjisinin emilmesidir. Bu etkileşim genellikle istenen bir durum olmakla beraber, dokunun emme kapasitesine, doku hücrelerinin renklenmesine, içerdiği su miktarı gibi doku karakterine, lazerin yayılım türü ve dalga boyuna bağlıdır. Dokuda ablasyon oluşmasını sağlamaktadır. Genel olarak kısa olan dalga boyları, yaklaşık 500-1000 nm arasında olanlar, renkli doku hücreleri tarafından emilir. Örneğin, Argon lazerin yumuşak dokudaki melanin ve hemoglobine yüksek ilgisi vardır. Diod ve Nd:YAG lazer melanine daha fazla yönelirken, hemoglobin ile daha az etkileşime girmektedirler. Daha yüksek dalga boyu ise suya ve hidroksiapatite karşı daha fazla ilgi göstermektedir. Erbiyum:Yttrium-Aluminyum-Garnet lazer (Er:YAG) hidroksiapatit ve su tarafından iyi bir şekilde emilir. CO<sub>2</sub> lazer ise su tarafından emilebilen ve dış yapısı ile en yüksek oranda etkileşime giren lazer türüdür (60).

**Üçüncü etkileşim** ise lazer enerjisinin dokudan hiçbir etki yapmadan geçmesidir. Doku fotonla etkileşime geçmez. Bu etkileşim aynı zamanda lazer ışığının dalga boyuna bağlıdır. Örneğin; su, Nd:YAG lazer için şeffaf bir yapı oluştururken, doku içerisindeki sıvı lazer ışığını emmektedir. Nd:YAG lazer ile ortamın kuru tutulmasının zor olduğu durumlarda çalışma daha kolayken ortamda bulunan tükürük, doku sıvısı ve su tarafından emilmesi nedeniyle CO<sub>2</sub> lazerin etkisi azalmaktadır (60).



Lazer ışığının **dördüncü etkileşimi** ise yayılmadır. Lazer ışığı enerjisinin doku içinde molekülden moleküle sekerek dağılmasıdır. Bu etkileşim lazer enerjisini zayıflatmakta ve lazerin yararlı biyolojik etki oluşturmamasını engellemektedir. Yayılan enerjinin yan etkisi dokuda ısı artışı olmasıdır (61) .

#### **2.4.4. Lazerin tıp ve diş hekimliği alanında kullanımı**

Lazer ışını tıpta ilk kez 1962 yılında dermatolog Dr. Leon Goldman tarafından kullanılmıştır. 1964 yılında üretilen CO<sub>2</sub> lazerin dokuyu bisturi gibi kestiğini ama kanamanın daha az olduğunu bulmuşlardır. Bu lazerin cerrahi kullanımı 1967-1970 yılları arasında Dr. Thomas Polanyi ve Geza Jako gibi öncüler tarafından geniş bir şekilde araştırılmıştır (62).

Diş hekimliğinde lazer kullanımı ise ilk lazer cihazı Ruby lazer ile mine ve dentin üzerinde araştırmalar yapılması ile başlamıştır. Lazer ışını diş hekimliğinde önce yumuşak doku uygulamalarında kullanılmıştır. 1970'li yıllarda CO<sub>2</sub> lazer ağız cerrahisinde yaygın olarak kullanılmıştır. Sert dokularda etkin kesim yapabilme ve ısısız hasar vermeden aşındırma konularındaki zorluklar 1990'lı yılların başında geliştirilen Erbiyum esaslı lazerler ile bir ölçüde aşılabılmış ve ilk jenerasyon sert doku lazerleri kullanılmaya başlanmıştır (62).

İlk kez Weichman ve Johnson 1971 yılında, yüksek güçte CO<sub>2</sub> lazer ile apikal forameni tıkamak için kök kanalına lazer uygulamışlardır. İstenilen amaçlara ulaşılamasa da yeni çalışmalara öncülük etmesi açısından önem taşımaktadır. Daha sonra aynı amaçla Nd:YAG lazer kullanılmıştır (58). Argon, Nd:YAG, CO<sub>2</sub> ve Diod lazerler diş sert dokuları üzerinde istenen sonuçları göstermede başarısız kalmışlardır. 1989 yılında Keller ve Hibst yaptıkları çalışmada atımlı Er:YAG lazerin (2940 nm) kullanıldığı mine, dentin ve kemik dokuda etkili kesim yaptığını göstermişlerdir (57).

Endodontide lazer kullanımı ile kök kanalından debrisin kaldırılması, kök kanallarının dezenfeksiyonu ve kök kanal duvarlarının eritilmesi üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu amaç için önceki çalışmalarda CO<sub>2</sub>, Excimer, Argon, Nd:YAG, Holmium:Yttrium-Aluminyum-Garnet (Ho:YAG) ve Er:YAG lazerler kullanılmıştır (63).

Kullanılan lazerler güçlerine göre, düşük ve yüksek güçteki lazer olarak da iki kısma ayrılmaktadır:

#### **2.4.5. Düşük güçlü lazerler**

1960'da ilk lazerin üretilmesini takiben He-Ne (633nm) lazer üretilmiştir. Avrupa ve Asya'da, 1970 ve 1980 yılları arasında bu lazerlerin tedavide kullanımı artmıştır. Galyum Arsenik (Ga-As,904 nm), Galyum Alüminyum Arsenik (Ga-Al-As,780-890 nm) ve son dönemde Indiyum Galyum Alüminyum Fosfor (In-Ga-Al-P,630-700 nm) gibi Diod lazerler üretilmiştir. (64)

Bu lazerler dokulara derin nüfuz etme özelliğine sahiptirler. Bu lazerlerin kullanıldığı araştırmalarda, yara iyileşmesini hızlandırıcı etkisinin bu lazer dalga boylarının biyositümilasyon olarak bilinen biyolojik etkisi sayesinde olduğu belirlenmiştir. Altta yatan etki mekanizması hücrel uyarımı ve özellikle dolaylı yoldan biyokimyasal mediatörleri artırmasıdır. (64)

Düşük güçlü lazerlerin klinik diş hekimliğinde kullanıldığı alanlardan bazılarını şu şekilde sıralayabiliriz;

1. Dentin aşırı hassasiyetinin giderilmesi,
2. Çekim sonrası çekim boşluğunun ya da travma sonrası bölgenin iyileşmesi,
3. Herpes labialis gibi viral enfeksiyonların tedavisi,
4. Trigeminal nevralji gibi nöropatilerin tedavisi,
5. Aftöz ülserasyonların tedavisi,
6. Temporomandibuler eklem hastalıklarının tedavisi (64).

#### **2.4.6. Yüksek güçlü lazerler**

Bu lazerler ısı açığa çıkardıklarından dolayı "termik lazerler" olarak da bilinirler ve kesmek, koagüle etmek, dezenfeksiyon, buharlaştırmak gibi amaçlarla kullanılırlar. Diş hekimliğinde en çok kullanılan sert lazerler; Nd:YAG, Er:YAG, Erbium, Chromium-doped:Yttrium, Scandium, Gallium ve Garnet (Er,Cr:YSGG), Ho:YAG, CO<sub>2</sub> ve Argon lazerlerdir (58).

Nd:YAG lazer 1964'de Geusic tarafından geliştirilmiştir. Neodymium yitrium alüminyum garnet kristalleri içerir. Bu tip lazerler spektrumun kızılötesi kısmında bulunurlar. 1064 nm dalga boyunda ve elektromanyetik spektrumun yakın kızılötesi bölgesinde yer alırlar. Nd:YAG lazerin renkli doku hücrelerine ilgisi yüksektir. Su tarafından iyi emilmez. Melanin, hemoglobin gibi renkli doku hücreleri tarafından iyi emilmektedir (62).

İletim moduna bağlı olarak nüfuz miktarı ve doku etkileri değişir. Nd:YAG lazerler çoğunlukla atımlı modda çalışırlar. Düşük güçlerde süpürme hareketi ile kullanılırlar. Yüksek güç ve atışlarda plazma adı verilen maddenin dördüncü bir fazının oluşumuna sebep olurlar. Plazma süper ısınmış bir gaz olup, buharlaşma ve kesmenin termal yan etkilerinden sorumludur. Bu nedenle mutlaka yüksek değerlerde soğutma altında çalışılmalıdır (65).

Weichman ve ark. 1972 yılında kök ucunu tıkamak için yaptıkları çalışmayı takiben ince fiber uçların geliştirilmesi Nd:YAG lazerin kullanımını yaygınlaştırmıştır (66). Amerikan İlaç ve Gıda Dairesi (Food and Drug Administration, FDA), Nd:YAG lazerin yumuşak doku cerrahisinde kullanımını 1990 yılında kabul etmiştir. Yumuşak doku cerrahisinde kullanımını sırasında bisturiye oranla daha az kanama olmaktadır (67).

Nd:YAG lazer sert dokularda kullanıldığında termal etkileri fazladır. Lazerin ısı etkisi temel olarak dokuların su içeriği üzerinde olmakta ve sıcaklığı artırmaktadır. Yapılan eski çalışmalarda, Nd:YAG lazerin 1064 nm dalga boyunun yüzeyel çürük lezyonlarında ablasyona neden olduğu iddia edilmiştir (68, 69). Fakat araştırmacıların yaptığı başka bir çalışmada sağlıklı mine ve dentin dokusuna su kullanılmadan Nd:YAG lazer uygulandığında mine ve dentin yüzeyinde termal çatlaklar oluştuğu, hidroksiapatit kristallerinin eridiği ve pulpa sıcaklığının yükseldiği belirlenmiştir (70, 71). Ayrıca mine dokusuna Nd:YAG lazer uygulaması sonrası iyileşmiş, düzensiz hidroksiapatitin asit çözünmesine daha dayanıklı olduğu da çalışmada fark edilmiştir (72).

Nd:YAG lazerin; dentin hassasiyetinin azaltılması, kuafaj tedavisi, kök kanalının dezenfeksiyonu, kök kırıklarının tedavisi, apikal rezeksiyon, kök kanal

duvarlarının temizlenmesi ve hazırlanması gibi farklı amaçlarla kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır (73-77).

Er:YAG lazer 1974 yılında Zharikov ve ark. tarafından tanıtılmıştır. Elektromanyetik spektrumun orta kızılötesi bölümünde bulunan ve dalga boyu 2940 nm olan bu lazerler "erbiyum" ile karıştırılmış katı yitrium alüminyum garnet kristali içerir. Bu lazerin spektrumun orta kızılötesi bölümünde bulunan diğer tüm lazerler gibi suda emilimi çok yüksektir. Ayrıca hidroksiapatite yüksek ilgisi vardır (62).

1997 yılında FDA tarafından sert dokuda kullanımı onaylanan ilk lazer olan Er:YAG, hem sert hem yumuşak dokuda kullanılmaktadır. Er:YAG lazerin diş dokuları üzerinde etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, dokularla etkileşimin ablasyon şeklinde olduğu ve dişte ya da pulpada termal ve mekanik zarara neden olmadığı bildirilmiştir (78, 79). Ablasyonda lazerin uygulandığı doku içeriğindeki su tarafından emilen enerjinin oluşturduğu iç basınç sonucu doku parçalanıp uzaklaştırılır. Klinik olarak lazer bulutu içinde diş dokusundan çıkan mikro parçacıklar görülür ve çevreleyen hava içinde ani basınç değişimi patlama sesi oluşmasına neden olur. Daha yüksek su içeren dokuda patlama sesi artar. Bu sayede çürük ve sağlıklı doku birbirinden ayırt edilerek seçici ablasyon yapılabilir (80).

Er,Cr:YSGG lazer dalga boyu 2780 nm'dir. Bu lazer erbiyum ve kromiyum üzerine yttrium, skandiyum, galyum garnet katı kristallerin kaplanması ile oluşmuştur. Er:YAG lazer gibi sert doku lazeri olarak anılır. Ayrıca hidroksiapatite yüksek ilgisi vardır. (62).

Yüksek güçlü lazerlerin klinik diş hekimliğinde kullanıldığı alanlardan bazılarını şu şekilde sıralayabiliriz;

1. Dentin hassasiyetinin azaltılması (74),
2. Kuafaj tedavisi (81),
3. Kök kanalının dezenfeksiyonu (82),
4. Apikal rezeksiyon (77),
5. Kök kanal duvarlarının temizlenmesi ve hazırlanması (83),
6. Çürük uzaklaştırılması (78),
7. Mine ve dentinde kavite preparasyonu (84).

#### 2.4.7. Lazer destekli kök kanal dezenfeksiyonu

Lazer destekli kök kanal dezenfeksiyonu için öncelikle geleneksel yaklaşımla kanalların şekillendirilmesi gerekmektedir. Bunun nedeni dezenfeksiyon için kullanılan değerlerin dentin dokusu içerisinde ablyasyon yapmamalarıdır. Kök kanal sistemi boyunca dağılan lazer enerjisi ve dentin dokusu tarafından emilimi kök kanallarının dezenfeksiyonu için önemlidir. Enerjinin emilim miktarı dentinin yapısal değişimini ve kök kanal sistemindeki bakteriyel biyofilmin uzaklaştırılmasını etkileyecektir (24). CO<sub>2</sub>, Nd:YAG, Diod ve Erbiyum lazerler gibi kızılötesi lazerler kök kanal dezenfeksiyonu sağlamak için çalışmalarda kullanılmıştır (85-88).

Gutknecht ve ark. yaptıkları bir çalışmada Diod lazerin (810 nm) antibakteriyel etkinliğini sıgır dişlerinden elde edilen dentin örnekleri üzerinde incelemiştir. Araştırmacılar sıgır dişlerinden farklı kalınlıklarda (100, 300 ve 500 µm) örnekler hazırlamışlar ve örneklerin bir tarafını *E. faecalis* ile enfekte etmişlerdir. Daha sonra dentin örneklerinin mikroorganizma uygulanmayan yüzeyinden 3 W gücünde 30 s süreyle lazer ışını uygulamışlardır. Araştırmanın sonucunda lazer ışının etkisinin yüzeyin kalınlığına bağlı olduğu bildirilmiştir. Çalışmada 500 µm kalınlıktaki dentin örneklerinde % 74 oranında bakteri eliminasyonu sağlanmıştır. Araştırmacılar Diod lazerin bakteri eliminasyonunda etkin bir rol oynadığını bulmuşlardır (16).

Schoop ve ark. çalışmalarında Nd:YAG, Diod, Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerlerin *E. faecalis* ve *E. coli* (*E. coli*) ile enfekte ettikleri dentin örnekleri üzerindeki antibakteriyel etkilerini karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Araştırmacılar lazer cihazlarını 1 W ve 1.5 W gücünde kullanmışlardır. Mikrobiyolojik değerlendirme sonucunda bütün lazer sistemlerinin *E. faecalis* ve *E. coli* sayılarında belirgin bir azalma sağladığı, lazer ışını 1 W gücünde kullanıldığında *E. faecalis* eliminasyonunda çok az değişikliğin görüldüğü bildirilmiştir. *E. coli* ile enfekte edilen örneklerin % 75'inde 1 W gücünde Er:YAG lazer kullanımı ile tam bir eliminasyon sağlanmıştır. Lazer ışınının dozu 1.5 W'a çıkarıldığında ise *E. coli* ile enfekte edilen örneklerde bütün lazer gruplarının tam bir eliminasyon sağladığı, *E. faecalis* ile enfekte edilen örneklerde yalnızca Diod ve Er:YAG lazerin tam bir eliminasyon sağlayabildiği saptanmıştır (89).

#### 2.4.7.1. Nd:YAG Lazer

Nd:YAG lazer radyasyonunun antimikrobiyal etkisi laboratuvar ortamında çoğunlukla deneysel olarak enfekte edilen kök kanallarında araştırılmıştır (90-98). Bu çalışmalarda lazer ile tedavi edilen dişlerde genellikle tedavi edilmeyen kontrol gruplarına göre daha düşük mikrobiyal yük bulunmaktadır.

Tüm lazer dalga boyları içinde Nd:YAG lazer dalga boyu dentin dokusunda en derin nüfuzu olan dalga boyudur. Klinke ve ark. yaptıkları bir çalışmada Nd:YAG lazerin derin dentin dokusundaki bakterisidal etkisini değerlendirmişlerdir. Örnekler steril edildikten sonra farklı kalınlıktaki dentin kesitlerinin bir yüzeyi *Streptococcus mutans* süspansiyonuna yerleştirilmiştir. Nd:YAG lazer (1.5 W, 15 Hz) 200 µm fiber uç ile dentin kesitlerinin karşıt yüzeyine 5° açı ile uygulanmıştır, vibrasyon ile dentin dokusundaki kalan bakteri çıkarılmış ve kültüre edilmiştir. Tedavi edilmeyen kontrol grubuna göre CFU sayıları lazer uygulanan grupta farklı kalınlıklarda bakterinin uzaklaştırıldığı belirtilmiştir. Bu lazerin dentin kesitlerinde *Streptococcus mutans* üzerinde bakterisidal etkisinin 1000 µm derinliğe kadar etkili olduğunu bildirmişlerdir (99).

Gutknecht ve ark. yaptıkları *in vitro* çalışmada 40 adet prepare edilmiş kök kanalı üzerinde atımlı Nd:YAG lazerin bakterisidal etkisini araştırmışlardır. Kök kanallarına *E. faecalis* inoküle edilmiştir. Nd:YAG lazer 1.5 W ve 15 Hz değerlerinde ön dişlerin kök kanalında 300 µm'lik, arka dişlerin kök kanalında ise 200 µm'lik fiber uç ile uygulanmıştır. Enfekte edilen *E. faecalis* kök kanallarından ortalama % 99.91 oranında yok edilmiştir. Bu çalışma sonuçları ile Nd:YAG lazerin klinik vakalarda kullanımı için ümit vaat eden bir lazer türü olduğu ortaya konulmuştur (93).

Kallis'in yaptığı bir çalışmada 1.5 W ve 15 Hz değerindeki Nd:YAG lazerin 500 ve 1000 µm derinliğindeki sırasıyla 180 µs ve 320 µs atım sürelerinde bakterisidal etkisi olduğu gösterilmiştir. Ortalama bakteri azalmasının 180 µs'de 500 µm'da % 88.1 ve 1000 µm'da % 80.1; 320 µs'de 500 µm'da % 90.1, 1000 µm'da % 91.3 olduğu bulunmuş; ayrıca daha uzun atım süreleri ile uygulanan Nd:YAG lazerin bakteriyi daha yüksek oranda uzaklaştırdığını belirtmişlerdir (100).

Bakterinin yakın kızılötesi lazer kaynaklı cihazlar karşısındaki yıkım mekanizması henüz tam olarak belirlenememiştir. Fakat bu konuda iki olası mekanizmanın olduğu düşünülmektedir. Birinci mekanizmada; lazer ışığı bakterinin tutunduğu yüzeyde daha yüksek oranda emilmektedir. Yüzey ısınması sonucunda yüzeye tutunan mikroorganizmanın öldüğü zannedilmektedir. İkinci olası mekanizmada ise; lazer ışığı bakteri tarafından emilir ve bakteri hücresi doğrudan hasara uğramaktadır (101). Lazerin termal etkisinin bakterilerin hücre duvarında ozmotik basınç, şişme ve hücre ölümüne kadar varan değişikliklere neden olduğu ifade edilmiştir (24).

Nd:YAG lazerin su ve sağlıklı dentin dokusunda düşük emilimi bulunmaktadır. Bakteriyel etkiye bağlı olarak dentin matriksinin bozunması ve kolonizasyonu dentinin optik özelliklerini değiştirmektedir. Yakın kızılötesi dalga boylarının kullanımı emilimi artırmaktadır. Dentindeki enfekte alanlar yakın kızılötesi dalga boylarına seçici olarak hedef olmakta, dentin içindeki bölgesel sorunlu alanlarda ısıl hasar sınırlı kaldığı için diş içerisindeki aşırı ısınma da önlenmiş olmaktadır. Bu nedenle kök kanallarının Nd:YAG lazer radyasyonu ile etkin sterilizasyonunda bakteriyel mikro çevrenin optik özellikleri anahtar rol oynamaktadır (101).

Bergman ve ark. minival invaziv tedavi kapsamında Nd:YAG lazerin kök kanal dezenfeksiyonundaki etkisini belirlemek için çalışma yapmışlardır. Nd:YAG lazerin bakterisidal etkisi kök kanallarına ekimi yapılan endodontik patojenler ile *in vitro* olarak değerlendirilmiştir. Lazer uygulanan ve uygulanmamış örneklerden alınan CFU sonuçları ve SEM kullanılarak alınan görüntülerdeki bakteri hücre değişikliklerinin birbiriyle ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Nd:YAG lazer (1.5 W, 15 Hz, 4x5 s) uygulanan örneklerde bakteri sayısında % 99.7 oranında azalma görülmüş, hiçbir örneğin tamamen bakterilerden temizlenemediği gösterilmiştir. Bununla beraber lazer enerjisinin uygulandığı dentin yüzeyinde çeşitli hasarların olduğu, SEM görüntülerinde detaylandırılmıştır. 1000 µm kalınlığında dentin diski üzerinde 2 saatlik inkübasyondan sonra 3 kez indirek lazer uygulaması yapılmış ve görüntülerde ekilen *Actinomyces naeslundii* ve *Streptococcus anginosus* türlerinin yapısında değişiklik olmadığı farkedilmiştir. Ancak *Streptococcus anginosus* mikro

kolonileri ve özellikle *E. faecalis* 2 günlük olduğunda doğrudan lazer tedavisinin bu türlere karşı bakterisidal etkisi azalmıştır. Sonuç olarak araştırmacılar, Nd:YAG lazerin geleneksel kök kanal dezenfeksiyonu yöntemlerine bir alternatif olmadığını fakat bu lazerle dentin dokusunun 1000 µm altında bakterisidal etki sağlanabildiği için yardımcı bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir (98).

#### 2.4.7.2. Erbiyum Lazerler

Araştırmacılar Er:YAG lazerin deneysel olarak enfekte kök kanallarında (102-104, 11) ya da bakteriyel biyofilm örneklerinde (82, 105) antibakteriyel etkisi olduğunu bildirmişlerdir.

Meire ve ark. yaptıkları bir çalışmada Nd:YAG ve Er:YAG lazer, iki farklı Antimikrobiyal fotodinamik tedavi (aPDT) yöntemi ve NaOCl'in dentin kesitlerinde *E. faecalis* biyofilmi üzerindeki antimikrobiyal etkisini karşılaştırmışlardır. Dentin kesitleri üzerinde *E. faecalis* biyofilmi 24 saat inkübe edilmiştir. Deney grupları; aPDT (Denfotex and Helbo sistemi), 50 mJ ya da 100 mJ gücünde Er:YAG lazer (15 Hz, 40 s), 2 W gücünde Nd:YAG lazer (15 Hz, 40 s) ve % 2.5'lik NaOCl'in 1, 5, 10 ve 30 dk olarak uygulanmıştır. Her dentin kesiti için CFU değerlerine bakılmıştır. Canlı sayısında aPDT (Helbo) için 2 log(10) azalma, 100 mJ uygulanan Er:YAG grubunda 4.3 log(10) azalma ve tüm NaOCl gruplarında 6 log(10)'dan daha fazla azalma olmuştur. % 2.5'lik NaOCl'nin 5 dk uygulanmasının bakterinin tamamını uzaklaştırmada etkili olduğu bulunmuştur. aPDT (Denfotex) yöntemi, 50 mJ uygulanan Er:YAG ve Nd:YAG gruplarında 1 log(10)'den daha az canlı bakteri sayısında azalma olmuştur; çıkan sonuçlar tedavi edilmeyen kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış; laboratuvar ortamında biyofilm üzerine eşit oranda lazer ışığı uygulamak mümkün olduğu için klinik şartları doğru olarak yansıtmasa da, *E. faecalis* biyofilmini uzaklaştırmada en etkili yöntemin NaOCl olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla beraber biyofilm örneklerinde 100 mJ uygulanan Er:YAG lazerin antibakteriyel etkisi olduğu ve kanal tedavisinde bu lazerin kullanımının yararlı olduğu da çalışmanın sonucunda araştırmacılar tarafından iddia edilmiştir (106).



Yüksek güçlü lazerlerin (Nd:YAG, Er:YAG ve Er,Cr:YSGG) kanal içi kullanımını ile ilgili birçok sınırlama gözden kaçmamalıdır. Lazer enerjisi optik fiber uçla kök kanalına yönlendirilir ve kök kanal duvarına doğrusal yayılım olmaz. Bu yüzden lazer ışığının kanal yüzeyinde eşit dağılımını sağlamak neredeyse imkansız bir hale gelmektedir (107).

Er:YAG lazerin kanala daha iyi nüfuz etmesi için üretilen özel uçlar bulunmaktadır (106). Dostalova ve ark.nın yaptıkları bir çalışmada, Er:YAG lazer sistemi kök kanallarına esnek uç ile uygulanmıştır. 44 küçük azı ve büyük azı dişlerin kök kanalları şekillendirilmiş; 10 diş kalsiyum hidroksit ile doldurulmuş ve 22 diş esnek uç ile lazer uygulanarak, tedavi öncesi ve sonrası 21 farklı mikroorganizmayı belirlemek için CFU değerleri hesaplanmıştır. Çalışmanın sonuçlarında geleneksel kök kanal şekillendirme ve genişletmesiyle % 60 oranında; kalsiyum hidroksit uygulamasıyla ise kanalların % 80'ini mikroorganizmalardan uzak bir hale getirildiği bulunmuştur. Yine çalışmadan elde edilen sonuçlar arasında; Er:YAG lazer esnek uç ile uygulandığında (enerji 100 mJ, 30 atış ve 4 Hz) kök kanalında kalıcı dezenfeksiyon sağlandığı tespit edilmiş; ayrıca hem kök kanal duvarlarında hem de çevre dokudaki antibakteriyel etkiyi artırdığı ve bu lazerin tedavi edici dozlarının tek uygulamada etkili dezenfeksiyonu sağladığı bulunmuştur (17).

Yapılan birçok *in vitro* çalışmada enfekte kök kanallarında Er:YAG lazer uygulamasının bakteri sayısını azaltmada etkili olduğu bildirilmiştir. Ancak bu çalışma sonuçlarını destekleyen *in vivo* çalışma bulunmamaktadır. Leonardo ve ark. apikal periodontitisli köpek dişleri üzerinde yaptıkları çalışmada kök kanal preparasyonundan sonra Er:YAG lazer uygulamasının antimikrobiyal etkisini değerlendirmeyi hedeflemişlerdir. Çalışmada 40 adet köpeğin pulpa nekrozu ve kronik periapikal lezyonu olan küçük azı dişleri kullanılmıştır. Başlangıçta ilgili dişlerin mikrobiyolojik örnekleri alınmış ve dişlerin biyomekanik preparasyonundan sonra ikinci mikrobiyolojik örnekler alınmıştır. Dişler iki gruba ayrılmış; Grup 1'de sadece biyomekanik preparasyon yapılmış, Grup 2'de biyomekanik preparasyondan sonra Er:YAG lazer (140 mJ, 15 Hz) uygulanmıştır. Kök kanalları koronal sızıntıyı önlemek için kapatılmış ve 7. günün sonunda 3. mikrobiyolojik örnekler alınmıştır.

Örneklerdeki anaerop, aerop ve toplam streptokoklar için ayrı ayrı CFU değerleri hesaplanmıştır. Grup 1 ve Grup 2'de tedaviden 7 gün sonra tüm mikroorganizmaların CFU değerlerinde artış gözlenmiştir. Çalışmanın sonucunda biyomekanik preparasyondan sonra Er:YAG lazer uygulamasının kök kanal sistemindeki mikroorganizmaların sayısını azaltmadığı sonucuna varılmıştır (14).

Schoop ve ark. Er:YAG lazerin altı endodontik patojen türü üzerinde bakterisidal etkisini değerlendirdikleri bir çalışmada, *E.faecalis*'in tamamen uzaklaştırılması için lazerin ciddi termal yan etki oluşturacak yüksek güç seviyelerinde kullanılması gerektiğini bildirmişlerdir. *E.faecalis* Gram pozitif hücre duvarına sahip olduğu için lazer ışınına karşı yüksek direnç göstermiştir. Ayrıca kök yüzeyindeki sıcaklık değişimleri kızılötesi kamera ile kayıt altına almışlar ve sonuçta kabul edilen üst sınırın 1 W ve uygulama süresinin en fazla 5 s olması gerektiğini önermişlerdir (103).

Yamazaki ve ark. yaptığı bir çalışmada *in vitro* koşullarda Er,Cr:YSGG kanal içi kullanımına bağlı olarak kök kanal duvarında oluşan ve kök yüzeyindeki sıcaklık değişimlerini değerlendirmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmalarında 60 adet tek köklü insan dişi kullanmışlardır. Kök kanalları hazırlanmış ve 1-6 W arasında değişen değerlerde, su soğutması altında veya susuz şekilde optik uç kullanarak lazer uygulamışlardır. Örnekleri SEM, stereoskopi ve termograf ile değerlendirmişlerdir. Su soğutması kullanılmayan tüm örneklerde karbonlaşma ve çatlak oluşumu gözlemişlerdir. Su soğutması altında yapılan işlemlerde örneklerin çoğunda ise karbonlaşma görülmemiştir. Su soğutması olmayan örneklerde sıcaklık en fazla 37<sup>0</sup> C'ye yükselmiştir, su soğutması kullanılan örneklerde sıcaklık 8<sup>0</sup> C artmıştır. Er,Cr:YSGG lazer uygulaması sırasında kök kanalında su olmasının dentinde istenmeyen yan etkilerin oluşmasını önlediği gösterilmiştir (108).

Blanken ve ark. yaptıkları bir çalışmada, kök kanalına uygulanan irrigasyon solüsyonu ile beraber kullanılan Er,Cr:YSGG lazerin çalışma mekanizmasını yüksek hızlı görüntüleme yöntemi kullanarak göstermişlerdir. Su tarafından orta kızılötesi dalga boyunun emilmesi, irrigasyon solüsyonunun buharlaşmasına ve buhar

baloncukları oluşturmaya neden olmaktadır. Bu süreç kanal içi ve dışındaki sıvı hareketinin yüksek hıza çıkmasını sağlamaktadır (109).

Radyasyon sıvı tarafından emilmezse baloncuk, kavitasyon, basınç artışı ya da sıvı hareketi oluşmaz. Lazer atışının başlangıcında lazer enerjisi 2 µm kalınlığında yüzeyde emilir, aniden çok ısınır yüksek basınçta kaynama sıcaklığına ulaşır ve buhara dönüşür. Bu buhar yüksek basınçta yüksek hızla genişler ve lazer ışığı fiberi önünde açıklık sağlar. Lazer enerji yaymaya devam ederse, ışık baloncuk içinden geçer ve baloncuk önünde su yüzeyi buharlaşır. Bu atım sonlanana kadar sıvıda bir kanal oluşturur. Bu etki Leeuwen ve ark. tarafından "*mikrosaniye alandaki Musa etkisi*" olarak tanımlanmıştır (109).

Kök kanalındaki irrigasyon solüsyonu ile lazer etkileşimi ilgi çeken yeni bir araştırma alanıdır. Bu kavram iki şekilde açıklanır:

1. Lazerin etkinleştirdiği irrigasyon (LAI)
2. Işıkla başlatılan fotoakustik akım (PIPS) (24).

LAI özellikle apikal üçlüde kanal irrigasyonunun etkinliğini artırmak için geliştirilmiştir. De Moor ve ark. yaptıkları çalışmada, Er:YAG ve Er,Cr:YSGG kullanılan LAI ve pasif ultrasonik irrigasyonun (PUI) smear tabakasının kaldırma etkisini karşılaştırmışlardır. Kanal duvarında oyuk oluşturulan yapay kökler #40 nolu eğeye kadar genişletilmiştir. Deney grupları; % 2.5'lik NaOCl 20 s uygulaması, #20 nolu Irrisafe ile PUI 1x20 s , PUI 3x20 s uygulaması ve LAI etkisini göstermek için 200 µm özel uç ile çalışma boyundan 5 mm kısa olacak şekilde; Er,Cr:YSGG lazer 75 mJ, 20 Hz değerlerinde 4x5 s ve Er:YAG lazer 75 mJ değerinde 4x5 s uygulamasıdır. Irrigasyondan önce ve sonraki görüntüler alınmıştır. Oyuk içindeki dentin debrisinin miktarı değerlendirilmiştir. Her iki lazerin de smear tabakasını kaldırmada etkili olduğu iddia edilmiştir (110).

Sahar-Helft ve ark. yaptıkları bir çalışmada, Er:YAG lazer (LAI) ile çeşitli irrigasyon solüsyonların *E.faecalis* biyofilm ile kaplı kök kanallarında yüzey yapısı ve mineral içeriğini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada 60 adet yeni çekilmiş insan büyük azı dişlerinin distal ve palatinal kökleri kullanılmıştır. Örnekler 2 ayrı gruba ayrılmıştır: 1. grupta kök kanallarına % 2'lik CHX, % 17'lik EDTA ve salin

uygulanmıştır. 2. grupta kök kanallarına % 2'lik CHX, % 17'lik EDTA ve salin ile beraber Er:YAG lazer 400 µm yandan açılan özel uç ile çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde; 500 mj, 12 Hz değerlerinde 4x5 s boyunca uygulanmıştır. Yüzey yapısı değerlendirildiğinde % 17'lik EDTA'nın Er:YAG lazer ile beraber uygulanmasının kök kanalındaki bakteriyi uzaklaştırmada en etkili yöntem olduğu bildirilmiştir. Kimyasal değerlendirmede lazer ile solüsyonların beraber uygulandığı tüm gruplarda sadece solüsyon uygulanan gruplara göre yüzeydeki kalsiyum seviyelerinin daha düşük olduğu belirtilmiştir. Gruplar arasında mineral değişimleri bakımından istatistiksel fark bulunmamıştır. *In vitro* koşullarda irrigasyon solüsyonlarının Er:YAG lazer ile etkinleştirilmesinin kök kanal duvarlarındaki *E.faecalis* biyofilmini uzaklaştırmada etkili olduğu bu çalışmanın sonucunda bildirilmiştir (111).

Er:YAG lazerin kanal içi uygulanmasının, enfekte kök kanallarının dezenfeksiyonunda etkili bir yöntem olduğu gösterilmiştir. Klinik uygulamalarda amaç en az yan etki oluşmasının sağlanmasıdır. Bunun için iki farklı yöntem uygulanan dozlar azaltılıp beraber etkiyi artırmak için kullanılabilir. Sahar-Helft ve ark. yaptıkları bir çalışmada, *E. faecalis* büyüme hızı üzerine lazer ve CHX'in sinerjistik etkisini değerlendirmişlerdir. Er:YAG lazer (300 ve 500 mJ arasında) ve % 0.0001'lik CHX *E. faecalis*'in süspansiyonu üzerine uygulanmıştır. Bakteriyel üreme 18 saat boyunca izlenmiştir. Er:YAG lazer bakteri üremesini 6 saate kadar ertelemiştir. % 0.0001'lik CHX uygulaması ise bakteri üremesini geciktirmemiştir. Ancak, Er:YAG lazer ve % 0.0001'lik CHX'in beraber kullanımı bakteri üremesi üzerine sinerjistik etki sağlamıştır. Çalışmanın sonucunda Er:YAG lazer ile CHX'in beraber kullanımının bakteri üremesini azaltmada etkili olduğu bulunmuştur (18).

George ve ark. yaptıkları *in vitro* boya çalışması ile irrigasyon solüsyonlarıyla beraber kullanılan orta kızılötesi lazerlerin kanal içi uygulanmasında kök ucundan sıvı taşmasına neden olup olmadığını değerlendirmişlerdir. Çalışmada Er,Cr:YSGG lazer (1.25 W ve 20 Hz) ve Er:YAG lazer (200 mJ ve 20 Hz) kanal solüsyonlarıyla beraber uygulanmış kontrol olarak şırınga uçları ve Max-I-Probes kullanılmıştır. Kök kanalına düz ya da konik fiber uçla kullanılan orta kızılötesi lazerler apektsten 5 veya

10 mm uzakta olacak şekilde uygulanmıştır. Kök ucundan sıvı çıkışı lazerin optik ucu kök ucundan 5 ve 10 mm uzakta yerleştirilen iki grupta da her iki lazer türü için gösterilmiştir. Geleneksel 25 gauge(G) şırınga uçları kullanılan grupta lazer uygulanan gruplardaki gibi aynı hacimde sıvı taşmaktadır ancak lazer kullanımında sıvı apeksten daha uzağa çıkmaktadır. İrrigasyon solüsyonları periapikal dokulara zarar verdiği için kök kanalı ile sınırlı tutulmalıdır. Atımlı lazerler irrigasyon ajanlarıyla beraber kullanıldığında kök kanalı içinde basınçlı dalgalar oluşturur, bu da kanal içi lazer uygulamalarında sıvının kök ucundan çıkma olasılığını düşündürmelidir (112). LAI kanal duvarından smear tabakasını kaldırmada etkili olduğu yapılan bir çalışmada gösterilmiş fakat sıvının apeksten dışarı taşmasına neden olabileceği göz önünde bulundurulması gerektiği vurgulanmıştır (111).

PIPS sistemi, Er:YAG lazerin irrigasyon solüsyonunda oluşturduğu direk şok dalgalarına dayanmaktadır. Yapılan çalışmalarda lazer sistemi fotomekanik etki üretmek için kullanılır. Bunun için 400 µm çapında açılı ve ucu açık uç ile ablasyon altı değerlerde lazer enerjisinin yıkama solüsyonlarına uygulanması önerilmektedir (113, 114, 12, 115).

Peters ve ark. yaptıkları bir çalışmada Er:YAG lazer(PIPS), ultrasonik ve geleneksel yöntemin kök kanallarında antibakteriyel etkisini değerlendirmişlerdir. 70 adet insan küçük azı dişi apikal genişliği #20 nolu eğe çapında ve taper açısı .07 olacak şekilde şekillendirilmiş, kök kanalları steril edildikten sonra oral bakterilerle 1 hafta boyunca kontamine edilmiş ve 2 hafta inkübe edilmiştir. 1. grupta % 6'lık NaOCl, 2. grupta % 6'lık NaOCl ultrasonik ile etkinleştirilmiştir, 3. grupta % 6'lık NaOCl ablasyon altı değerlerde(50 mJ, 50 ms, 10 Hz) atımlı Er:YAG lazer ile toplam 60 s süresince uygulanmıştır. Çalışmada aerobik bakteri örnekleri değerlendirilmiş, 24 ve 48 saat sonra pozitif örneklerin oranları ve CFU sayıları hesaplanmıştır. Apeksten 1 mm ve 4 mm uzaklıkta alınan fikse edilip demineralize edilen kesitler Brown-Brenn boyasıyla boyanmış ve kanal içinde kalan bakteri ya da biyofilm miktarını ve bakterinin dentin kanalcıklarına nüfuzunu belirlemek için bakılmıştır. Tüm kanal dezenfeksiyon işlemleri sonucunda belirgin olarak bakteri sayısı azalmıştır. Çalışmada kullanılan yöntemlerin hiçbirinde örnekler steril olmamıştır fakat lazer kullanılan grubun diğer iki yöntemle göre daha etkili olduğu görülmüştür.

4 mm seviyeden alınan histolojik kesitlerde dentin tübüllerinde kalan bakterilerin çeşitlilik gösterdiği, 1 mm'den alınan kesitlere göre belirgin olarak daha az bakteriyel biyofilm ya da nekrotik dokunun olduğu görülmüştür. *In vivo* ve *in vitro* şartların birarada kullanıldığı ilgili çalışmada, lazer ile etkinleştirilen irrigasyon bakteriyi apikal kök kanalından ve enfekte dentin kanalcıklarından tamamen uzaklaştırmamıştır. İleri çalışmalarla lazer ile etkinleştirilen irrigasyonun ultrasoniğe göre bakteri sayısını azaltmada daha etkili olduğu ve apikalde daha az sayıda bakteri ya da biyofilm bıraktığı kanıtlanması gerektiği araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (113).

Er:YAG ile uygulanan PIPS yönteminin kök kanal dezenfeksiyonunda etkili olduğu bildirilmiştir. Zhu ve ark. PIPS yönteminin geleneksel şırınga irrigasyonuna göre antibakteriyel etkisini araştırmak için *in vitro* çalışma yapmışlardır. 48 adet tek köklü tek kanallı insan dişlerinin kök kanalları şekillendirilmiş, *E. faecalis* kök kanallarına ekilerek, dişler 6 gruba ayrılmıştır. Çalışmada kullanılan gruplar; PIPS yöntemi ile % 3'lük NaOCl etkinleştirilmiştir, geleneksel şırınga yöntemi ile salin, % 3'lük NaOCl, % 17'lik EDTA, % 0.2'lik CHX ve % 3'lük NaOCl ve % 17'lik EDTA uygulanmıştır. CFU sayılarının azalma miktarı belirlenmiştir. PIPS yöntemi ile % 3'lük NaOCl etkinleştirilmesi ve geleneksel şırınga irrigasyonu ile % 3'lük NaOCl ve % 17'lik EDTA uygulaması tek köklü kanallarda *E. faecalis* uzaklaştırma yeteneklerinin eşit olduğu iddia edilmiştir (116).

Al Shahrani ve ark. yaptıkları *in vitro* çalışmada kök kanal sisteminde Er:YAG lazer kullanılarak etkinleştirilen irrigasyonun (PIPS) antibakteriyel etkisini değerlendirmişlerdir. Çekilmiş tek köklü dişler (n=60) prepare edilip steril edilmiş ve örnekler *E. faecalis* ile 3 hafta boyunca inkübasyona bırakılmıştır. 1. grupta (kontrol grubu) herhangi bir tedavi uygulanmamış; 2. grupta PIPS yöntemi (ortalama güç 0.3 W, 20 mJ, 15 Hz ve 50 µs) % 6'lık NaOCl ile uygulanmış; 3. grupta PIPS yöntemi salin ile uygulanmış; 4. grupta ise sadece % 6'lık NaOCl uygulanmıştır. Tüm örneklerde kalan bakteri toplanmış ve CFU sayıları değerlendirilmiştir. Kök kanal yüzeyleri SEM ve Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop (CLSM) ile incelenmiştir. Her iki görüntüleme aracında kök yüzeylerinde kalan bakteri olduğu tespit edilmiştir. NaOCl ile uygulanan PIPS yöntemi bakteriyel biyofilmi uzaklaştırmada en etkili

yöntem olduğu ve PIPS yönteminin kök kanal sisteminin dezenfeksiyonunu artırdığı bildirilmiştir (114).

Neelakatan ve ark. yaptıkları *in vitro* çalışmada üç farklı irrigasyon yönteminin *E. faecalis* olgun biyofilmi üzerinde etkinliğini değerlendirmişlerdir. 280 tek köklü dişin kök kanalları NiTi döner ege sistemi ile prepare edilmiştir. Örnekler 3 tedavi grubu (n=80) ve 1 kontrol grubu (n=40) olarak ayrılmıştır. 1. grupta % 6'lık NaOCl ile % 18'lik Etidronik asit karışımı 1:1 oranla uygulanmış, 2. grupta % 3'lük NaOCl'yi takiben % 17'lik EDTA uygulanmış, 3. grupta % 3'lük NaOCl'yi takiben % 17'lik EDTA ve son yıkama % 3'lük NaOCl uygulanmış ve kontrol grubunda salin uygulanmıştır. Örnekler 4 alt gruba ayrılmıştır. Alt gruplarda A'da etkinleştirme yapılmamış. B'de ultrasonikle etkinleştirme, C'de Diod lazer ile etkinleştirme, D'de Er:YAG lazer (10 Hz, 50 ms, 50 mJ) ile etkinleştirme yapılmıştır. Bakteri canlılığını belirlemek için CLSM kullanılmıştır. Her örnekten CFU sayılarını belirlemek için kök dentin talaşı toplanmıştır. Veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Tüm deney gruplarında kök kanal boşluğundaki biyofilm yapısı tamamen parçalanmıştır. Tüm deney gruplarında dentin kanalcıkları içinde kontrol grubuna göre belirgin olarak ölü bakteri oranı daha yüksektir. NaOCl + etidronik asit ve NaOCl-EDTA-NaOCl arasında belirgin fark yoktur ( $P>0.05$ ), bakteri sayısında azalma NaOCl-EDTA grubuna göre daha fazladır ( $P<0.05$ ). Diod ve Er:YAG lazerin her ikisi de ultrasonik ve geleneksel şırınga yöntemine göre *E. faecalis* biyofilmini azaltmada daha etkilidir ( $P<0.05$ ). NaOCl'den sonra şelatör kullanımı en yüksek oranda *E. faecalis* biyofilmini azaltmaktadır. Diod ve Er:YAG lazer dentin kanalcıklarının dezenfeksiyonunda ultrasoniğe göre daha etkili olduğu bulunmuştur (12).

Yakın zamanda yapılan bir çalışmada, sığır dişi kanal örneklerinde dört farklı irrigasyon yönteminin biyofilm kaldırma etkisi karşılaştırılmıştır. 50 dentin örneğine (2 x 2 mm) biyofilm enfekte edilmiştir. Örnekler sığır dişlerine önceden hazırlanmış kaviteye yerleştirilmiştir. Kök kanalları 2 kez 2 ml % 6'lık NaOCl ile yıkanmıştır. Bunu takiben farklı tedavi yöntemleri 60 s uygulanmıştır. Deney grupları şırınga irrigasyonu, Endoaktivatör, PUI ve PIPS (ortalama güç 0.3 W, 20 mJ, 15 Hz). Kontrol grubunda distile su kullanılmıştır. Sonrasında dentin örnekleri çıkarılmış ve SEM ile incelenmiştir. Veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Biyofilmi

uzaklaştırmada en etkili yöntem PIPS'tir. PUI, Endoaktivatör ve şırınga irrigasyonuna göre daha etkilidir. Sonik ve şırınga irrigasyonu arasında fark yoktur. % 6'lık NaOCl'in lazer ile etkinleştirilmesi enfekte dentindeki biyofilmin uzaklaştırılmasını artırdığı bildirilmiştir (115).

Olivi ve ark. PIPS ucu kullanılarak etkinleştirilen irrigasyon solüsyonunun dezenfeksiyon etkisini ve özellikle lazer ile etkinleştirilen solüsyonun kök kanal duvarlarından bakteriyel biyofilmi kaldırma yeteneğini karşılaştırmak için bir çalışma tasarlamışlardır. 26 insan ön dişleri #25/.06 olacak şekilde genişletilmiş ve steril edilmiştir, 4 hafta boyunca *E. faecalis* ile enfekte edilmiştir. Yazarlar 2 irrigasyon yöntemini kullanmışlardır. A grubunda % 5'lik NaOCl Er:YAG lazer (20 mJ, 15 Hz, 50 µs, 600 µm uç) ile 2 x 30 s boyunca etkinleştirilmiş ve % 17'lik EDTA 30 s uygulanmıştır. B grubunda 25 G enjektör ucu ile % 5'lik NaOCl 2 x 30 s ve % 17'lik EDTA 30 s uygulanmıştır. Yazarlar A grubunda B'ye göre daha üstün dezenfeksiyon sağlandığını bulmuşlardır (P < .05). 48 saat sonra toplanan örneklerde de A grubunun B'ye göre üstün dezenfeksiyon etkisi gösterilmiştir (P < .0001). SEM görüntülerinde PIPS uygulanan grupta bakteriyel biyofilmin uzaklaştırıldığı gösterilmiştir. Er:YAG lazer ile % 5'lik NaOCl etkinleştirilmesi ve % 17'lik EDTA uygulaması *E. faecalis*'i uzaklaştırmada geleneksel irrigasyon yöntemine göre daha etkilidir ve *in vitro* olarak yeni bakteri üremesini engellemektedir. Bu yöntemin kök kanal tedavisindeki etkisini açığa çıkartmak için klinik çalışmaların yapılması gerektiği bildirilmiştir (117).

Çiftışık endodontik tedavi yöntemi Aachen Üniversitesinde Dr. Norbert Gutknecht tarafından tanıtılmıştır. Er:YAG lazerin 0,3 W, 20 mJ, 15 Hz değerlerinde özel PIPS ucu ile termal etki oluşturmadan kullanılan irrigasyon solüsyonuyla beraber kök kanal sisteminin tamamında fotoakustik temizlik sağladığı ve Nd:YAG lazerin 1,5 W, 15 Hz değerlerinde 200 µm fiber uçla dentin dokusunda termal etki oluşturmadan derin dentin dokusuna nüfuz ettiği iddia edilmektedir. İki yüksek güçlü lazerin beraber kullanımı ile kök kanal dezenfeksiyonunda antibakteriyel etkiyi artırmak planlanmıştır. Bu yöntemin antibakteriyel etkisinin değerlendirildiği yayınlanmış bir çalışma henüz bulunmamaktadır.



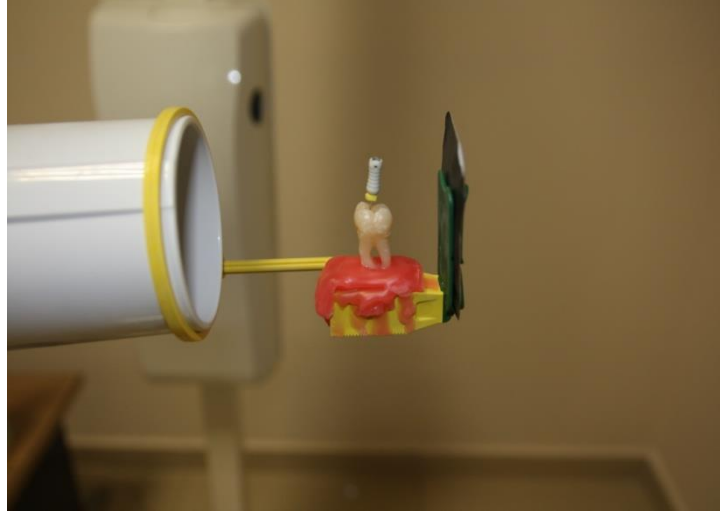
### 3. GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmamıza ait istenilen belgelerin Abant İzzet Baysal Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul'u tarafından incelenmesi sonucu 30/12/2014 tarihinde 2014/118-231 karar numarası ile araştırmanın gerçekleştirilmesinde etik yönden sakınca olmadığına ait karar verildikten sonra çalışmaya başlanmıştır. Çalışma aşağıdaki başlıklar altında planlanıp süresi içerisinde tamamlanmıştır.

1. Örneklerin hazırlanması
2. Kök kanallarının enfekte edilmesi
3. Dezenfeksiyon yöntemleri
4. Bakteriyolojik değerlendirme
5. İstatistiksel analiz

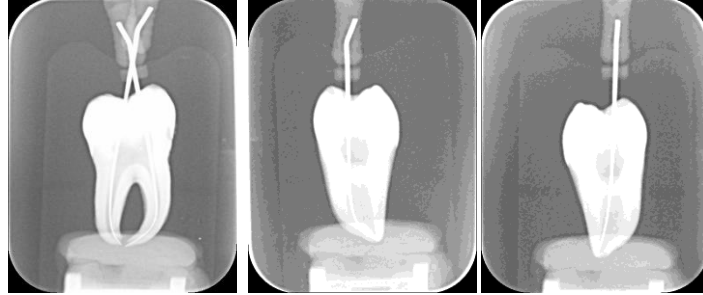
#### 3.1. Örneklerin hazırlanması

Çalışmamızda periodontal enfeksiyon nedeniyle çekilmek zorunda kalan ilgili dişte herhangi bir çürük dokusu bulunmayan insan üst ve alt çene daimi büyük azı dişlerinden hazırlanan 65 adet kök kanalı kullanılmıştır. Toplanan dişlerin çekim öncesinde herhangi bir tedavi görmemiş olmasına dikkat edilmiştir. Çekilen dişler, çalışmanın yapılacağı zamana kadar steril serum fizyolojik solüsyonu içerisinde oda sıcaklığında saklanmıştır. Dişlerin endodontik giriş kavimleri 020 nolu elmas rond frez ve 018 nolu fissür frez (Diatech, South Carolina, Amerika) kullanılarak açılmıştır. Kök kanallarının en çok eğim gösterdiği görüntüyü saptayabilmek amacıyla #15 nolu K-file eğe (T&G, Londra, İngiltere) çalışma boyunca yerleştirilerek meziodistal, bukkolingual ve kökün en fazla eğim gösterdiği düzlemden radyografiler alınmıştır (Fotoğraf 3.1).



**Fotoğraf 3.1. Kök kanal eğriliklerini belirlemek için paralel teknik ile radyografların alınması.**

Elde edilen görüntüler üzerinde kanal eğriliğini tespit etmek amacıyla çeşitli ölçümler yapılarak, araştırmanın amacına uygun olacak şekilde eğimleri 15-30 derece arasında (Schneider yöntemi) değişen dişler çalışmaya dahil edilmiştir, diğer dişler kullanılmayarak çalışmadan çıkarılmıştır (Fotoğraf 3.2).



**Fotoğraf 3.2. Alt çene büyük azı dişinden paralel teknik ile bukkal (a), mezial (b) ve distal (c) yönden radyografların alınması.**

Kök kanal uzunluklarını 12-14 mm olacak şekilde standart hale getirebilmek ve çalışma boyutunu daha rahat ayarlayabilmek için çalışmaya dahil edilen dişler kole seviyesinden su soğutması altında yüksek devirli steril bir elmas frezle (Diatech, South Carolina, Amerika) kesilmiştir. Çalışma boyu kanal boyundan 1 mm kısa olacak şekilde tespit edilmiştir.

Tüm diş kökleri çalışma uzunluğuna kadar paslanmaz çelik K-Tipi kanal eğeleri ile #20'ye (T&G, Londra, İngiltere) kadar genişletildikten sonra Protaper NiTi rotary eğeleriyle (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) apikal preparasyon genişliği #20/0.07 (F1) olacak şekilde bitirildi. İrrigasyon solüsyonu uygulamak için gates glidden frezlerinin (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) 4 numaralı frezi ile

koronal üçlüde 4 mm uzunlukta koronal rezervuar oluşturuldu. Her ege arasında 2 ml % 5'lik NaOCl (Werax, İzmir, Türkiye) ile irrigasyon yapıldı. Kök yüzeyinden oluşabilecek mikrobiyal sızıntıyı engellemek amacı ile diş kökleri şeffaf tırnak cilası (Golden Rose, İstanbul, Türkiye) ile üç kat boyandı.

Standardizasyonu sağlamak amacıyla dişler ucu kesilmiş 1,5 ml'lik plastik tüplere (Eppendorf, Labosel, Türkiye) yerleştirildi. Diş kökleri ucu kesilmiş tüpe sıkıştırılıp dişlerin apikal kısmı tüp içinde kalacak şekilde konumlandırıldı. Diş ile tüp arasında herhangi bir sızıntı olmasını engellemek için dişler eppendorf tüplerine siyanoakrilat yapıştırıcı (EMS Force AC-11, İstanbul, Türkiye) ile sabitlendi (Fotoğraf 3.3).



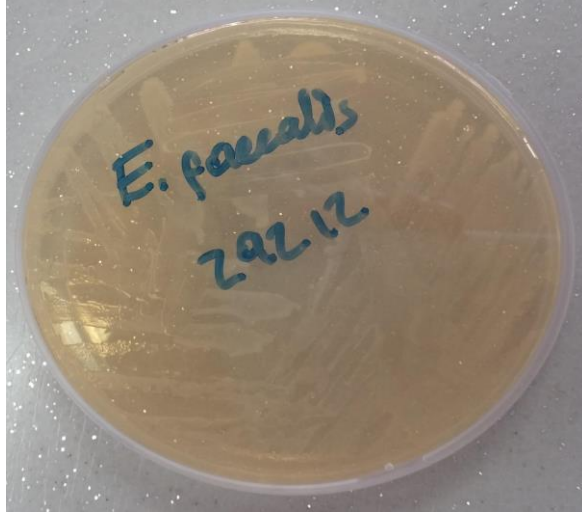
**Fotoğraf 3.3. Diş köklerinin ucu kesilmiş tüpe sıkıştırılıp dişlerin apikal kısmı tüp içinde kalacak şekilde konumlandırılması.**

Diş köklerinde oluşan smear tabakasını kaldırmak için sırasıyla 10 ml % 17'lik EDTA solüsyonu (Werax, İzmir, Türkiye), 10 ml % 5'lik NaOCl solüsyonu ve 10 ml distile su (Eczacıbaşı, İstanbul, Türkiye) ile irrigate edildi. Kök kanal sisteminin sterilizasyonunu sağlamak için çalışmada kullanılacak örnekler 20 dakika süre boyunca 121<sup>0</sup> C'de otoklavda bekletildi.

### **3.2. Kök Kanallarının Enfekte Edilmesi**

Çalışmanın bu bölümü Abant İzzet Baysal Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı'nda gerçekleştirildi. Kök kanalları enfekte edilmeden önce örneklerin sterilizasyonunu değerlendirmek için diş kökleri Brain Heart İnfüzyon broth (BHI) sıvı besiyerine (Merck, Darmstadt, Almanya) 48 saat boyunca

35±2°C’de anaerop şartlarda inkübe edildi. İnkübasyon sonrası kök kanallarından yapılan ekimlerde herhangi bir mikroorganizma üremesi olmayan örnekler çalışmaya alındı.



**Fotoğraf 3.4. *E. faecalis* ekimi yapılan BHI agar katı besiyeri.**



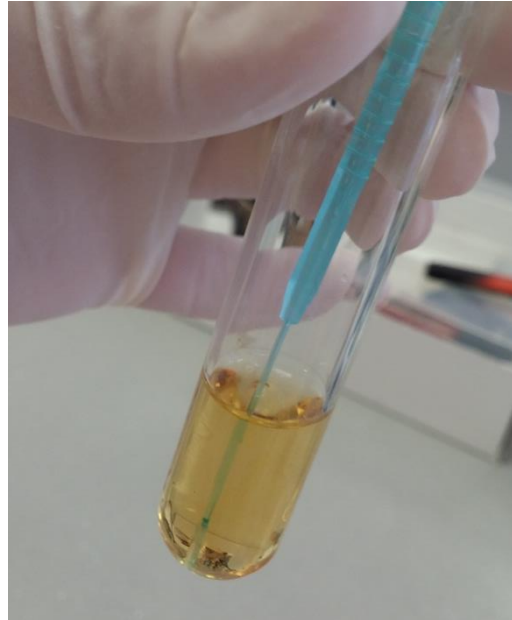
**Fotoğraf 3.5. BHI broth sıvı besiyeri.**

*E. faecalis* standart suşu (Amerikan Tıp Kültür Koleksiyonu (ATCC) 29212), BHI agar (Merck, Darmstadt, Almanya) katı besiyerine (Fotoğraf 3.4) tek koloni ekimi yapılarak 35±2°C’de 24 saatlik inkübasyona bırakıldı. Buradan tek koloni alınarak BHI broth sıvı besiyerine (Fotoğraf 3.5) ekildi ve yine örnekler 35±2°C’de 24 saatlik inkübasyona bırakıldı.

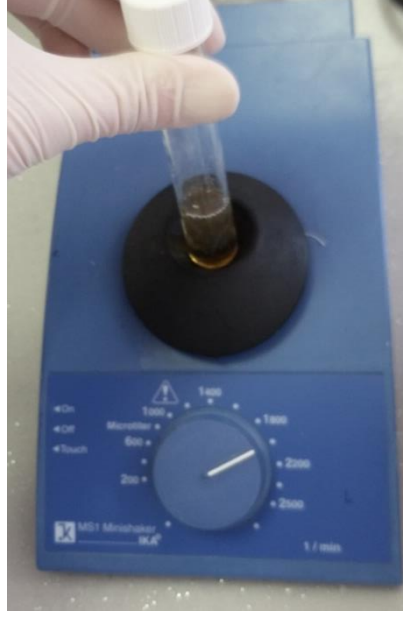


**Fotoğraf 3.6. Bakteri süspansiyonu hazırlamak için öze yardımıyla *E.faecalis* suşundan alınan örnek.**

İnokulumdaki bakteri sayısı  $1 \times 10^8$  CFU/ml olacak şekilde bakteri süspansiyonu hazırlandı. Bunun için BHI broth ile hazırlanmış bakteri süspansiyonu, BHI sıvı besiyerinin bulanıklığı da hesaba katılarak fotospektrometrik yöntemle 0,5 MacFarland bulanıklığına ayarlandı (Fotoğraf 3.7, 3.8 ve 3.9).



**Fotoğraf 3.7. Kök kanallarına ekim için hazırlanan bakteri süspansiyonu.**



**Fotoğraf 3.8. Fotoğraf 3.7.deki süspansiyonun vorteks cihazı kullanılarak homojen hale getirilmesi.**



**Fotoğraf 3.9. Bakteri süspansiyonunun fotospektrometrik yöntemle 0,5 MacFarland bulanıklığına ayarlanması.**

Daha önceden sterilizasyonu yapılmış ve tüplere yerleştirilmiş örneklerle yeterli miktarda bakteri süspansiyonu inoküle edildi (Fotoğraf 3.11).



**Fotoğraf 3.10. Bakteri ekimi için hazırlanan kök kanal örnekleri.**



**Fotoğraf 3.11. Bakteri süspansiyonunun kök kanallarına inoküle edilmesi.**

Anaerobik şartları oluşturabilmek için örnekler ortamdaki oksijeni emen ve ortama karbondioksit gazı salan gaz jeneratörleri (AnaeroGen Compact, Basingstoke, İngiltere) ile beraber hava sızdırmaz poşetlere yerleştirilerek (Fotoğraf 3.12) etüvde  $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de inkübasyona bırakıldı (Fotoğraf 3.13). Her üç günde bir dış köklerine taze hazırlanmış bakteri süspansiyonu inoküle edilerek inkübasyon üç hafta boyunca devam ettirildi.



**Fotoğraf 3.12. Anaerobik koşulların oluşturulması için örneklerin paketlenmesi.**



**Fotoğraf 3.13. Etüvde 35±2°C'de örneklerin inkübasyona bırakılması.**

Rastgele seçilen 6 adet kök kanalından örnek alınarak *E. faecalis*'in varlığı doğrulandı. Çalışmanın sterilite kontrolü için bakteri inoküle edilmeyen, sadece steril BHI broth inoküle edilen 5 adet dış kökü üç hafta boyunca aynı şartlar altında inkübasyona tabii tutuldu.

### **3.3. Dezenfeksiyon yöntemleri**

*E. faecalis* (ATCC 29212) bakteri suşu ile enfekte edilen kök kanallarının dezenfeksiyonunda 5 farklı yöntem kullanıldı. Antibakteriyel etkinliğin incelenmesi için deney gruplarını oluşturan kök kanallarına;

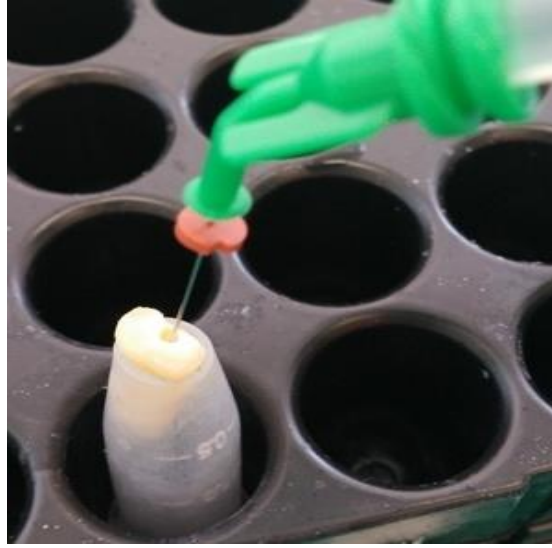


1. % 5'lik NaOCl,
2. Salin ve Er:YAG lazer,
3. % 5'lik NaOCl ve Er:YAG lazer,
4. % 2'lik CHX ve Er:YAG lazer ve
5. Salin, Er:YAG ve Nd:YAG lazer uygulaması yapılmıştır.

Lazer sistemleri üretici firmanın kök kanal dezenfeksiyonu için önerdiği değerlerde uygulanmıştır.

### 3.3.1. % 5'lik NaOCl Grubu "Geleneksel yöntem"

30 G enjektör ucu (NaviTip, Ultradent, Amerika) kullanılarak çalışma uzunluğundan 1 mm kısa yerleştirilerek 10 adet kök kanalına 10 ml % 5'lik NaOCl uygulandı (Fotoğraf 3.14).



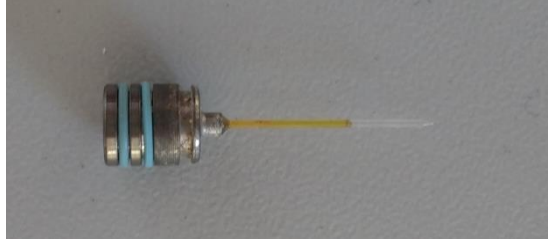
Fotoğraf 3.14. Kök kanalına 30 G enjektör ucu ile % 5'lik NaOCl uygulanması.



**Fotoğraf 3.15. Fotona Lightwalker AT Expert, Er:YAG ve Nd:YAG lazeri içinde barındıran lazer sistemi.**



**Fotoğraf 3.16. PIPS etkisini oluşturmak için kullanılan Er:YAG lazer değerleri.**



**Fotoğraf 3.17. PIPS ucu.**

### **3.3.2 Salin ve Er:YAG lazer Grubu (Er:YAG lazerin salin ile birlikte kullanımı)**

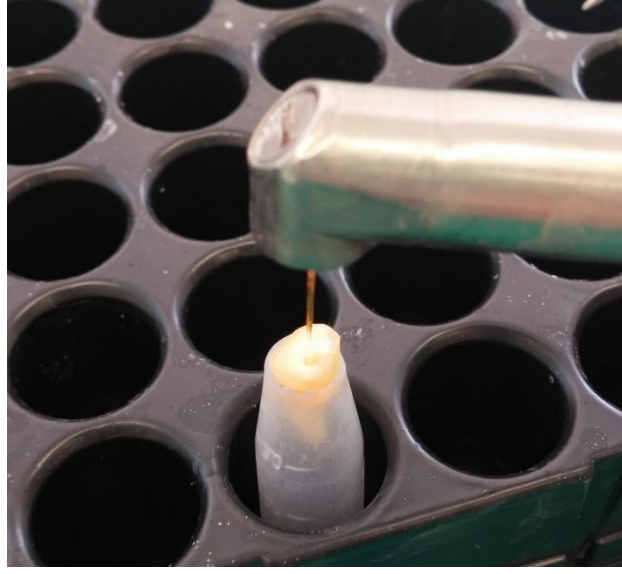
Yaklaşık 3ml salinin 10 adet kök kanalına uygulanmasının ardından 0,3 W, 20 mJ ve 15 Hz değerinde (Fotoğraf 3.16) Er:YAG lazerin (Fotona Lightwalker AT Expert, Slovenya) (Fotoğraf 3.15) 14 mm uzunluğunda 400 µm çapında PIPS ucu (Fotoğraf 3.17) kök kanal ağzına yerleştirilerek, 15 saniyelik aralıklarla 10 saniye boyunca lazer uygulandı (Fotoğraf 3.18). Bu işlemler toplam olarak 4 kez tekrarlandı.

### **3.3.3. % 5'lik NaOCl ve Er:YAG lazer Grubu (Er:YAG lazerin % 5'lik NaOCl ile birlikte kullanımı)**

Yaklaşık 3 ml % 5'lik NaOCl'in 10 adet kök kanalına uygulanmasının ardından 0,3 W, 20 mJ ve 15 Hz değerinde Er:YAG lazerin 14 mm uzunluğunda 400 µm çapında PIPS ucu kök kanal ağzına yerleştirilerek, 15 saniyelik aralıklarla 10 saniye boyunca lazer uygulandı. Bu işlemler toplam olarak 4 kez tekrarlandı.

### **3.3.4. % 2'lik CHX ve Er:YAG lazer Grubu (Er:YAG lazerin % 2'lik CHX ile birlikte kullanımı)**

Yaklaşık 3 ml % 2'lik CHX'in (Werax, İzmir, Türkiye) 10 adet kök kanalına uygulanmasının ardından 0,3 W, 20 mJ ve 15 Hz değerinde Er:YAG lazerin 14 mm uzunluğunda 400 µm çapında PIPS ucu kök kanal ağzına yerleştirilerek, 15 saniyelik aralıklarla 10 saniye boyunca lazer uygulandı. Bu işlemler toplam olarak 4 kez tekrarlandı.



**Fotoğraf 3.18 Özel uç ile Er:YAG lazerin kök kanallarında kullanılması.**



**Fotoğraf 3.19. Kök kanal dezenfeksiyonu için kullanılan Nd:YAG lazer değerleri.**



**Fotoğraf 3.20. Nd:YAG lazerin kullanıldığı 200 µm çapında fiber optik uç (sağdaki).**

**3.3.5. Salin, Er:YAG ve Nd:YAG lazer Grubu "Çiftışık Yöntemi"  
(Salin uygulanmış kök kanallarına Er:YAG lazerin Nd:YAG lazer ile kombine kullanımı)**

Yaklaşık 3 ml salinin 10 adet kök kanalına uygulanmasının ardından 0,3 W, 20 mJ ve 15 Hz değerinde Er:YAG lazerin 14 mm uzunluğunda 400 µm çapında PIPS ucu kök kanal ağzına yerleştirilerek, 15 saniyelik aralıklarla 10 saniye boyunca lazer uygulandı. Bu işlemler toplam olarak 4 kez tekrarlandı.

Kanallar #20 nolu paper point (SureDent, Kyeonggi-do, Kore) ile kurutulduktan sonra 1,5 W, 15 Hz değerinde (Fotoğraf 3.19) Nd:YAG lazerin (Fotona Lightwalker AT Expert, Slovenya) 200 µm çapında fiber optik ucu (Fotoğraf 3.20) kök kanalına çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde yerleştirildi ve spiral olarak 10 saniyelik uygulama boyunca geri çekildi. Bu işlem 15 saniyelik aralıklarla toplam olarak 4 kez tekrarlandı (Fotoğraf 3.21).



**Fotoğraf 3.21. 200 µm'lik fiber optik uçla Nd:YAG lazer uygulaması.**

### **3.3.6. Kontrol Grubu**

Bu gruptaki kök kanallarına bakteri inokülasyonu yapılmış fakat herhangi bir dezenfeksiyon işlemine tabi tutulmamıştır.

Deney gruplarının dezenfeksiyon uygulamaları bittikten hemen sonra kök kanalları çalışma sonuçlarının olumsuz etkilenmemesi için steril serum fizyolojik ile yıkandı.

### **3.4. Bakteriyolojik değerlendirme**

Kök kanallarından mikrobiyolojik örnek toplamak için kanalların hepsine 1 ml steril salin uygulanmıştır. Kök kanallarına sırasıyla #20 K-file ve #20 H-file eğe ile dentin talaşları oluşturulmuş, bu dentin talaşlarını toplamak için 3 adet #20 nolu steril paper point kök kanallarında 60 saniye bekletilmiştir. Kök kanallarından toplanan örnekler 1ml serum fizyolojik içeren steril santrifüj tüplerine aktarılarak 10 saniye vortekslendi. Her diş kökü için numune elde edildi; bu süspansiyonlardan BHI agar besiyerine 1 µl, 10 µl ve 100 µl olmak üzere üç adet ekim yapılarak örnekler anaerobik şartlar altında  $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de 24 saatlik inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonunda plaklarda üreyen bakteri kolonilerle sayıldı.

### **3.5. İstatistiksel analiz**

Bu çalışmada istatistiksel analizler SPSS 14.01 paket programı (SPSS Inc, Chicago, Amerika) kullanılarak yapılmıştır. Gruplar arasındaki verilerin istatistiksel açıdan değerlendirilmesinde Kruskal Wallis analizi; Kruskal Wallis testinden çıkan değerlerin çoklu karşılaştırması ise Dunn's testi kullanılarak yapıldı. Tüm analizler % 5 hata payı ile değerlendirildi.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Mikrobiyolojik ve İstatistiksel Bulgular

Bu çalışmada kullanılan kök kanallarının eğrilik dereceleri ölçülmüş ve her grupta yer alan örneklerin gruplar arası dengeli olacak şekilde eğimleri Schneider yöntemine göre 15<sup>0</sup>-30<sup>0</sup> arasında değişen kök kanallarının olmasına dikkat edilmiştir.

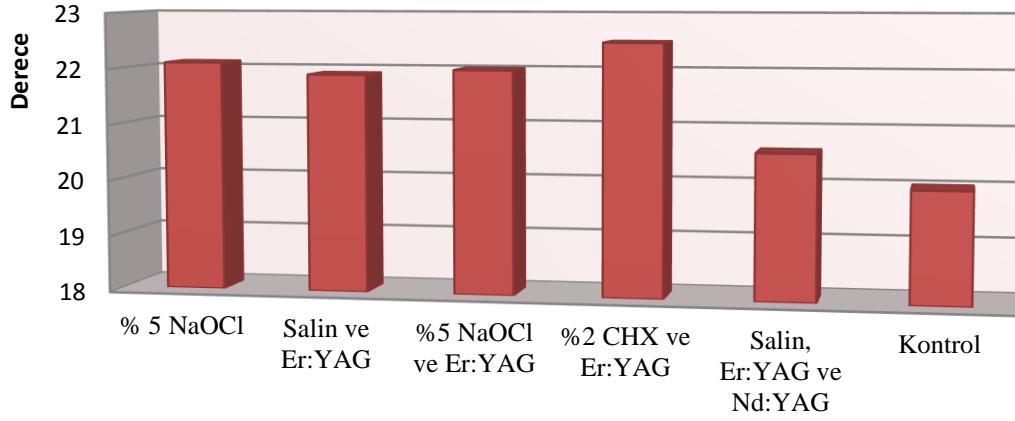
% 5'lik NaOCl; Salin ve Er:YAG lazer; % 5'lik NaOCl ve Er:YAG lazer; % 2'lik CHX ve Er:YAG lazer; Salin, Er:YAG ve Nd:YAG lazer ile kontrol gruplarında yer alan kök kanallarının eğriliklerinin ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.1'de gösterilmiştir. Deney ve kontrol gruplarının kök kanal eğrilikleri ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir (p=0,89). Gruplara göre kök kanal eğriliklerinin dağılımı ise Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.1. Deney ve kontrol gruplarında yer alan kök kanal eğriliklerinin ortalama ve standart sapma değerleri.**

Deney Grupları	n	Kök Eğrilikleri
Grup 1. %5'lik NaOCl	10	22,10 ± 5,26
Grup 2. Salin ve Er:YAG	10	21,90 ± 5,04
Grup 3. % 5'lik NaOCl ve Er:YAG	10	22,00 ± 5,10
Grup 4. % 2'lik CHX ve Er:YAG	10	22,50 ± 6,11
Grup 5. Salin, Er:YAG ve Nd:YAG	10	20,60 ± 4,77
Grup 6. Kontrol	10	20,00 ± 4,99
P değeri	0,89	



## Kök kanal eğriliklerinin dağılımı



Şekil 4.1. Deney ve kontrol gruplarında kök kanal eğriliklerinin dağılımı.

Kök kanallarından alınan örneklerin inkübe edilmesinden sonra CFU olarak hesaplanan verilerin her bir grup için ortanca değerleri, aritmetik ortalamaları ve standart sapma değerleri hesaplandı.

*E. faecalis* ile enfekte edilen diş köklerinde, kök kanallarına dezenfeksiyon işlemleri uygulandıktan sonra elde edilen bulgular ile kontrol grubundaki örneklerden elde edilen mikroorganizma miktarları olan CFU değerleri Tablo 4.2'de gösterilmiştir. Deney grupları ve kontrol grubunda bulunan 10'ar adet örneğin mikroorganizma miktarlarının ortanca ve aritmetik ortalama değerleri ise Tablo 4.3'te; değerlerin gruplara göre dağılımı ise Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.2. *E.faecalis* ile enfekte edilen diş köklerinde deney ve kontrol gruplarındaki mikroorganizma miktarına (CFU) ilişkin tablo.**

Olgu No	%5'lik NaOCl	Salin ve Er:YAG	%5'lik NaOCl ve Er:YAG	%2'lik CHX ve Er:YAG	Salin, Er:YAG ve Nd:YAG	Kontrol
1	0	5000	0	0	20000	100000
2	0	5000	100	0	4000	100000
3	0	3000	0	0	500	100000
4	0	2000	0	0	20000	100000
5	0	5000	50	0	1600	100000
6	0	7000	0	0	30000	100000
7	12000	2500	0	50	20000	100000
8	0	2000	0	0	20000	100000
9	0	2000	0	0	20000	100000
10	0	20000	0	0	20000	100000

**Tablo 4.3. Deney ve kontrol gruplarındaki mikroorganizma (*E. faecalis*) miktarlarının ortanca değerleri, aritmetik ortalamaları ve standart sapma değerleri.**

CFU	Ortanca	Ort ± SS
Grup 1. % 5'lik NaOCl	0 (0-12000)	1200,00 ± 3794,73
Grup 2. Salin ve Er:YAG	4000 (2000-20000)	5350,00 ± 5426,53
Grup 3. % 5'lik NaOCl ve Er:YAG	0 (0-100)	15,00 ± 33,75
Grup 4. % 2'lik CHX ve Er:YAG	0 (0-50)	5,00 ± 15,81
Grup 5. Salin, Er:YAG ve Nd:YAG	20000 (500-30000)	15610,00 ± 9899,99
Grup 6. Kontrol	100000 (100000-100000)	100000,00 ± 0,00
<b>P</b>	<b>&lt;0,001</b>	

*E.faecalis* ile enfekte edilen; % 5'lik NaOCl uygulanan 1. deney grubunda üreyen koloni miktarının 0-12000 CFU arasında değiştiği görüldü (Tablo 4.2). Bu sonuçlara göre 1. deney grubunda üreyen koloni ortalaması 1200,00 ± 3794,73 olarak hesaplandı (Tablo 4.3).

*E.faecalis* ile enfekte edilen; Salin ve Er:YAG lazer uygulanan 2. deney grubunda üreyen koloni miktarının 2000-20000 CFU arasında değiştiği görüldü (Tablo 4.2). Bu sonuçlara göre 2. deney grubunda üreyen koloni ortalaması 5350,00 ± 5426,53 olarak hesaplandı (Tablo 4.3).

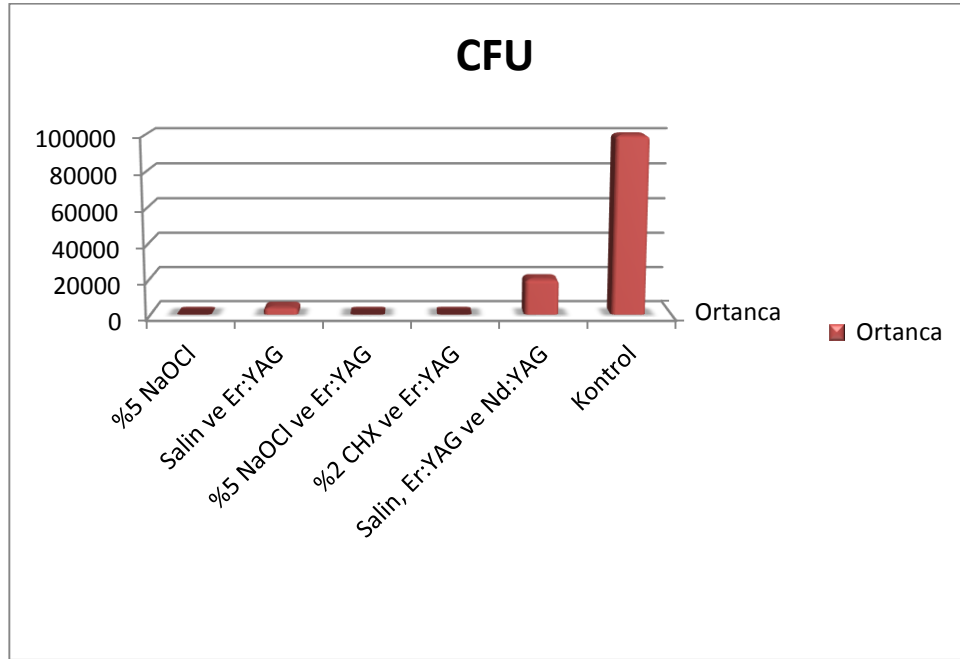
*E.faecalis* ile enfekte edilen; % 5'lik NaOCl ve Er:YAG lazer uygulanan 3. deney grubunda üreyen koloni miktarının 0-100 CFU arasında değiştiği görüldü

(Tablo 4.2). Bu sonuçlara göre 3. deney grubunda üreyen koloni ortalaması  $15,00 \pm 33,75$  olarak hesaplandı (Tablo 4.3).

*E.faecalis* ile enfekte edilen; % 2'lik CHX ve Er:YAG lazer uygulanan 4. deney grubunda üreyen koloni miktarının 0-50 CFU arasında değiştiği görüldü (Tablo 4.2). Bu sonuçlara göre 4. deney grubunda üreyen koloni ortalaması  $5,00 \pm 15,81$  olarak hesaplandı (Tablo 4.3).

*E.faecalis* ile enfekte edilen; Salin, Er:YAG ve Nd:YAG lazer uygulanan 5. deney grubunda üreyen koloni miktarının 500-30000 CFU arasında değiştiği görüldü (Tablo 4.2). Bu sonuçlara göre 5. deney grubunda üreyen koloni ortalaması  $15610,00 \pm 9899,99$  olarak hesaplandı (Tablo 4.3).

*E.faecalis* ile enfekte edilen; tedavi uygulanmayan (kontrol) 6. deney grubunda üreyen koloni miktarının 100000-100000 CFU arasında değiştiği görüldü (Tablo 4.2). Bu sonuçlara göre 6. deney grubunda üreyen koloni ortalaması  $100000,00 \pm 0,00$  olarak hesaplandı (Tablo 4.3).



Şekil 4.2. Deney ve kontrol gruplarındaki mikroorganizma (*E. faecalis*) miktarlarının dağılımı.

% 5'lik NaOCl; Salin ve Er:YAG lazer; % 5'lik NaOCl ve Er:YAG lazer; % 2'lik CHX ve Er:YAG lazer; Salin, Er:YAG ve Nd:YAG ve kontrol gruplarında saptanan CFU değerlerinin Dunn's çoklu karşılaştırma testi ile ikili karşılaştırılmaları Tablo 4.4'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.4. Deney ve kontrol gruplarında saptanan CFU değerlerinin Dunn's çoklu karşılaştırma testi ile ikili karşılaştırılmaları.**

Dunn's çoklu karşılaştırma testi		P değeri
% 5'lik NaOCl	Salin ve Er:YAG	<0.001
% 5'lik NaOCl	% 5'lik NaOCl ve Er:YAG **	0,971
% 5'lik NaOCl	% 2'lik CHX ve Er:YAG **	0,597
% 5'lik NaOCl	Salin, Er:YAG ve Nd:YAG	<0.001
% 5'lik NaOCl	Kontrol	<0.001
Salin ve Er:YAG	% 5'lik NaOCl ve Er:YAG	<0.001
Salin ve Er:YAG	% 2'lik CHX ve Er:YAG	<0.001
Salin ve Er:YAG	Salin, Er:YAG ve Nd:YAG **	0,072
Salin ve Er:YAG	Kontrol	<0.001
% 5'lik NaOCl ve Er:YAG	% 2'lik CHX ve Er:YAG **	0,572
% 5'lik NaOCl ve Er:YAG	Salin, Er:YAG ve Nd:YAG	<0.001
% 5'lik NaOCl ve Er:YAG	Kontrol	<0.001
% 2'lik CHX ve Er:YAG	Salin, Er:YAG ve Nd:YAG	<0.001
% 2'lik CHX ve Er:YAG	Kontrol	<0.001
Salin, Er:YAG ve Nd:YAG	Kontrol	<0.001

**\*\* Gruplar arasında ikili karşılaştırılmalarda istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır.**

#### 4.2.İstatiksel Bulguların Değerlendirilmesi

Kontrol grubunun CFU ortanca değerleri tüm deney gruplarının ortanca değerlerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ( $p<0.001$ ).

% 5'lik NaOCl grubunun CFU ortanca değerleri ile % 5'lik NaOCl ve Er:YAG lazer ile % 2'lik CHX ve Er:YAG lazer gruplarının ortanca değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ( $p=0,971$ ,  $p=0,597$ ).

% 5'lik NaOCl ve Er:YAG lazer grubunun CFU ortanca değerleri ile % 2'lik CHX ve Er:YAG lazer grubunun ortanca değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ( $p=0,572$ ).

Salin ve Er:YAG lazer grubunun CFU ortanca değerleri ile Salin, Er:YAG ve Nd:YAG lazer grubunun ortanca değerlerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ( $p=0,072$ ).

% 5'lik NaOCl, % 5'lik NaOCl ve Er:YAG lazer ile % 2'lik CHX ve Er:YAG lazer gruplarının CFU ortanca değerleri; Salin ve Er:YAG lazer grubunun ortanca değerlerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ( $p<0.001$ ).

% 5'lik NaOCl, % 5'lik NaOCl ve Er:YAG lazer ile % 2'lik CHX ve Er:YAG lazer gruplarının CFU ortanca değerleri; Salin, Er:YAG ve Nd:YAG lazer grubunun ortanca değerlerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ( $p<0.001$ ).

Çalışma şartlarının sterilizasyonunu denetlemek amacı ile kullanılan 5 kök kanal örneğinde hiçbir bakteri üremesi olmamıştır.

## 5. TARTIŞMA

Kök kanal tedavisinin temel amaçlarından biri enfekte ve nekrotik dokunun tümüyle ortadan kaldırılmasıdır. Böylece inatçı bir enfeksiyona veya tedavide başarısızlığa neden olabilecek mikroorganizmaların kök kanal sisteminden elimine edilmesi sağlanabilecektir. Günümüzde enfekte veya nekrotik dokunun kök kanal sisteminden uzaklaştırılmasında çeşitli dezenfeksiyon yöntemleri kullanılmaktadır (118-121). Estrela ve ark. yaptıkları sistematik derleme ve meta-analiz sonucunda; PCR veya kültür tekniği kullanılarak mikrobiyolojik değerlendirme yapılan *in vivo* çalışmaların tümünde *E. faecalis*'i kök kanal sisteminden uzaklaştırmada NaOCl ve CHX'in etkisinin zayıf olduğunu bildirmişlerdir (118). Bu nedenle farklı ve daha güncel yaklaşımlar bu çalışmada tercih edildi.

Günümüzde kök kanallarının dezenfeksiyonunu sağlayan, ideal özelliklere sahip yeni solüsyonlar ve teknikler araştırılmaktadır. Henüz tüm mikroorganizmalara etkili ve kök kanalının tümünü dezenfekte edebilen ve ideal özelliklere sahip bir ajan ve yöntem bildirilmemiştir.

Daimi insan dişlerinin eğri kök kanallarında antibakteriyel etkinliğin araştırılması esas alınarak *in vitro* çalışma planlanmaktadır. Bu çalışma kök kanallarının dezenfeksiyonunda uzun yıllardır kullanılan ve etkinliği kanıtlanmış bir irrigasyon solüsyonu olan NaOCl ve güncel endodontide kullanımı önerilen PIPS yönteminin üç farklı irrigasyon solüsyonu ve Nd:YAG lazer ile beraber kullanımının *E. faecalis* üzerindeki antibakteriyel etkilerinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır.

Kök kanal tedavisinde çeşitli dezenfeksiyon yöntemlerinin antimikrobiyal etkinliklerinin incelendiği çok sayıda *in vitro* (6, 42, 116) ve *in vivo* (122-124) çalışma bulunmaktadır.

Yapılan *in vitro* çalışmalarda, çoğunlukla endodontik mikroflorada etkili olduğu bilinen mikroorganizmalardan seçilen hazır suşlar kullanılmaktadır. Çekilmiş insan veya hayvan dişlerinden hazırlanan kök kanallarına bu hazır suşların inkübasyonu ile elde edilen kültürler inoküle edilerek, test edilen yöntemlerin antimikrobiyal etkinlikleri incelenmektedir (95, 98, 114).

Yapılan *in vitro* çalışmalarda çekilmiş insan dişlerinin (6, 96, 38, 48, 116, 114) ya da daha az sıklıkla sığır dişlerinin (125-127) kullanıldığı görülmektedir.

İnsan dişleri seçilerek yapılan çalışmalarda düz tek köklü ve tek kanallı dişler tercih edilmektedir (6, 96, 48). Eğri kök kanallarının kullanıldığı çalışmaların sayısı daha az olmakla beraber, çalışmaya dahil edilen dişlerin kanal eğriliklerini belirlemek için çoğunlukla Schneider yöntemi kullanılmıştır (128-132).

Moon ve ark. 1320 nm Nd:YAG lazerin LAI etkisinin kanal patlarının kanal duvarlarına penetrasyonuna etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında, üst ve alt çenedeki büyük azıların 20<sup>0</sup>den daha fazla eğimli meziyobukkal (MB) kökleri ile üst çenedeki büyük azının distobukkal (DB) kök kanallarını kullanmışlardır (131). Moon ve ark. farklı irrigasyon yöntemlerinin kanal patlarının penetrasyonuna etkilerini değerlendirdikleri bir çalışmada, üst ve alt çenedeki büyük azıların 20<sup>0</sup>den daha fazla eğimli MB kök kanallarını kullanmışlardır (129). Sabino ve ark. iki farklı fotodinamik dezenfeksiyon yönteminin *Candida albicans* biyofilmi üzerine etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında, normal anatomisi olan üçüncü büyük azı dişlerinin 15<sup>0</sup>-25<sup>0</sup> arasında değişen eğimli kök kanallarını dahil etmişlerdir (132). Al-Ali ve ark. farklı irrigasyon yöntemlerinin kök kanal sistemindeki artıkları uzaklaştırma etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında, alt çenedeki büyükazı dişlerinin mezial kökleri ve üst çenedeki büyük azı dişlerinin MB kök kanallarını kullanmışlardır (130). Zmener ve ark. NaviTip FX irrigasyon iğnesinin kök kanallarından smear tabakası ve debrisin uzaklaştırma etkisini değerlendirdikleri çalışmada, üst ve alt çenedeki büyükazıların 20<sup>0</sup>-30<sup>0</sup> arasında değişen MB kök kanallarını kullanmışlardır (128).

Çalışmamızda kök çürüğü bulunmayan periodontal kaynaklı enfeksiyonlar sonucu çekim kararı verilen üst ve alt çenedeki büyük azı dişleri kullanılmıştır. Çalışma süresine kadar seçilen dişler steril serum fizyolojik içerisinde aynı koşullarda saklanmıştır. Üst ve alt çenedeki büyük azıların MB kök kanallarından alınan röntgenler üzerinde Schneider yöntemi kullanılarak kanal eğriliği tespit edilmiş ve 15<sup>0</sup>-30<sup>0</sup> arasında değişen kök kanal eğriliğine sahip kanallar deney gruplarına dengeli bir şekilde dağıtılmıştır. Her deney grubunda yer alan kök kanal eğrilikleri kaydedilmiş ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Deney ve kontrol

gruplarının tümünün kök kanal eğrilikleri ortalamaları birbirine yakın değerlerde saptanmış ve grupların istatistiksel olarak karşılaştırılmasında aralarında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu da bize deney gruplarımızda yer alan kök kanal eğriliklerinin homojen bir dağılım gösterdiğini kanıtlamaktadır. Kök kanal uzunluklarını 12-14 mm olacak şekilde standart hale getirebilmek ve çalışma boyutunu daha rahat ayarlayabilmek için çalışmaya dahil edilen dişler kole seviyesinden su soğutması altında yüksek devirli steril bir elmas frezle kesilmiştir.

Çalışmaların yöntemleri incelendiğinde, kök kanallarının çalışma boylarının belirlenmesinin ardından, standart kanal eğeleri ile şekillendirme yapılmış ve kök yüzeyi ve apikal kısmı şeffaf tırnak cilası ile 3 kat kaplanmıştır (133-135). Çalışmamızda kuronundan ayrılan kök kanallarının çalışma boyu belirlendikten sonra diş kök yüzeyleri ve apikal kısmı şeffaf tırnak cilası ile 3 kat kaplanmıştır. Sonrasında çalışma kolaylığı ve standardizasyonu sağlamak amacıyla ucu kesilmiş tüpe sıkıştırılıp dişlerin apikal kısmı tüp içinde kalacak şekilde konumlandırılmış ve K-Tipi eğeler ile #20 numaraya kadar genişletilmiş ardından Ni-Ti döner eğelerle (Protaper, Dentsply Maillefer, İsviçre) #20 numaraya (F1) kadar şekillendirme yapılmıştır.

*In vitro* çalışmalarda kanallarının şekillendirilmesi sırasında eğeler arasında yapılan irrigasyonlarda NaOCl'in kullanıldığını bildiren araştırmacılar bulunmaktadır (98, 111, 116). Buna ek olarak kök kanallarından hazırlanan örneklerin otoklavda steril edilmesi gerekmektedir (6, 103, 89, 98, 116). Çalışmamızda daha önce yapılan çalışmalar ile uyumlu olarak NaOCl kullanılmış ve sonrasında örnekler otoklavda steril edilmiştir.

Çalışmamızda kök kanallarının enfekte edilmesi amacıyla *E. faecalis* (ATCC 29212) bakteri suşu kullanılmıştır. *E. faecalis* sporsuz vejetatif bir bakteridir ve diğer bakterilerle kıyaslandığında ısıya karşı da oldukça dirençlidir. Ayrıca yapılan çalışmalarda *E. faecalis*'in dentin kanalcıklarına rahatlıkla nüfuz ettiği saptanmıştır. Endodontik tedavi sonrası kök kanallarının dentin kanalcıklarında kalan mikroorganizma az sayıda da olsa tedavi sonrasında hızla çoğalarak tedavinin başarısını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. *E. faecalis*; inatçı kök kanalı enfeksiyonlarında sıklıkla izole edilmesi, antibakteriyel ajanlara karşı dirençli olması



ve endodontik tedavide başarısızlık ile ilişkilendirilen bir mikroorganizma olmasından dolayı çalışmamızda bu mikroorganizma kullanılmıştır (136). Yine kök kanallarında antibakteriyel etkinliğin değerlendirilmesi amacıyla yapılan *in vitro* çalışmalarda kök kanallarında enfeksiyon oluşturması amacıyla seçilen mikroorganizmanın sıklıkla *E.faecalis* olduğu da bu anlamda görülmüş olup çalışmada kullanma amacımız desteklenmiştir (92, 6, 98, 15, 11, 48, 137, 111, 116, 114, 12, 117). Ancak örneklerin *E.faecalis* ile inkübasyon süresi çeşitli çalışmalarda farklılık göstermektedir. Siqueira, Neelakantan ve Meire çalışmalarında inkübasyon süresini 24 saat (6, 15, 12), Dewsnup ve Bergmans 48 saat (98, 48), Noetzel 72 saat (11), Pedulla 15 gün (137), Al Shahrani ve Sahar-Helft 3 hafta (111, 114), Zhu ve Olivi 4 hafta (116, 117), Estrela ise 60 gün (29) olarak bildirmişlerdir. Uzun süreli inkübasyonlarda mikroorganizmaların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için taze besiyeri eklenmesi gerekmektedir. Pedulla ve ark. 15 günlük inkübasyon süresince 2 günde bir (137), Sahar-Helft ve ark. 3 hafta inkübasyon süresince 2 günde bir (111), Estrela ve ark. 60 gün boyunca 3 günde bir kez (29) bakterilerin canlılığını koruyup çoğalabilmeleri için taze besiyeri eklemişlerdir.

Bizim çalışmamızda da Sahar-Helft ve Al Shahrani'nin çalışmasına benzer şekilde inkübasyon süresini 3 hafta olarak belirlenmiş ve mikroorganizmaların canlılığını sürdürüp çoğalmalarını sağlamak amacıyla 3 günde bir steril BHI besiyeri ile hazırlanmış bakteri süspansiyonu ortama eklenmiştir.

Endodontik tedavi sırasında, kanal aletleri ile kök kanalı içerisindeki her bölgeye ulaşılamadığı ve mikroorganizmaların hiçbir zaman kök kanallarından tamamen uzaklaştırılmadığı bilinmektedir (138). Ulaşılamayan bölgelerde kalan nekrotik doku artıklarının ve mikroorganizmaların uzaklaştırılabilmesi için yıkama solüsyonlarının bu bölgelere nüfuz edebilmesi ve hızlı bir şekilde nekrotik dokuları ve mikroorganizmaları ortadan kaldırabilmesi gerekmektedir. Ancak kök kanallarının çevresindeki canlı dokular tüm irrigasyon solüsyonlarının güvenle kullanılabilmesini engellemektedir. Sitotoksik özellikleri nedeni ile birçok irrigasyon solüsyonunun kök kanallarında yüksek yoğunluklarda kullanımı ise sakıncalı bulunmaktadır.

Sodyum hipoklorit, endodontide ilk kez 1919 yılında Coolidge tarafından kullanılmıştır. Kuvvetli antimikrobiyal etkisi ve organik dokuları eritebilme özelliğinden dolayı, günümüzde en sık kullanılan yıkama solüsyonudur. Sodyum hipokloritin en önemli özelliği olan organik doku çözücü etkisi solüsyonun yoğunluğu, pH, ısı, temas zamanı, dokunun özelliği, solüsyon oranı ve temas yüzeyi gibi özelliklerine bağlıdır (139, 140).

Çalışmamızda % 5'lik NaOCl kullanılmıştır. Kanal tedavisi sırasında kullanılan aletler değiştirilirken yapılan kök kanal yıkaması sırasında yıkama solüsyonları 1-2 dk kök kanalı içerisinde kalmaktadır. NaOCl solüsyonunun antimikrobiyal ve doku çözücü etkinliği içerisindeki aktif klorin miktarına bağlıdır. Organik doku varlığında solüsyon içerisindeki klorin miktarı hızla azalmaktadır (140). Solüsyonun kök kanalı içerisinde kaldığı kısa süre göz önüne alındığında, düşük yoğunluktaki NaOCl solüsyonlarının yeterli antimikrobiyal etki gösteremeyebileceğini göz önüne alarak çalışmamızda % 5'lik NaOCl solüsyonunun kullanılması tercih edilmiştir.

Lazer teknolojisi kök kanal tedavisi alanında son 20 yıldır önemli derecede yol katetmiştir. Şimdiye kadar kök kanalı dezenfeksiyonunda Diod, CO<sub>2</sub>, Potasyum Titanil Fosfat (KTP), Nd:YAG, Er:YAG ve Er,Cr:YSGG gibi farklı dalga boylarında pek çok lazer türü kullanılmıştır. Er:YAG lazer yüksek dalga boyu nedeniyle diş sert dokuları tarafından büyük oranda emilmektedir. Er:YAG lazer dezenfeksiyon amacıyla doğrudan tek başına, irrigasyon solüsyonlarıyla birlikte veya ışığa duyarlı bir maddeyle birlikte kullanılabilir. Düşük atımlı bir lazerden elde edilen akustik dalgaların yayılımı esasına dayanan yeni teknik (PIPS) ile irrigasyon solüsyonlarının etkinleştirilmesi ve yüksek güçteki lazerlerin istenmeyen termal etkilerinin azaltılması hedeflenmektedir (141).

Nd:YAG lazer ışını kök kanallarının sterilizasyonu amacıyla 200 µm'lik fiber optik kablolar kullanılarak kanalların içerisine uygulanabilmektedir. Nd:YAG lazer pigmente bakterilerin DNA yapısını bozarak bakterisid etki gösterir. Lazerin kök kanalının sterilizasyonundaki etkisi, mikroorganizmaları doğrudan buharlaştırmasına ve lokalize ısınma sağlamasına bağlanmaktadır. Nd:YAG lazer uygulanırken ışının oluşturduğu ısının yayılabilmesi nedeni ile fiber optik ucun mikroorganizmalara

doğrudan temas etmesi gerekmemektedir. Lazer enerjisi yayılarak dentinin içerisinde derin tabakalara kadar ulaşmaktadır. Dentinin derin tabakalarında ve dentin kanalcıkları içerisinde yayılan lazer ışınları sayesinde bakterisidal etki elde edilebilmektedir (142-144).

Yakın zamanda yapılan çalışmalarda, PIPS yöntemini 400 µm çapında açılı ve ucu açık uç ile fotomekanik etki üretmek için ortalama güç 0.3 W, 20 mJ, 15 Hz değerlerindeki lazer enerjisini yıkama solüsyonlarına uygulanması önerilmiştir (116, 114, 115). Literatürde Er:YAG lazerin (PIPS) dentin kesitlerinde (115) ve çekilmiş tek köklü düz kanallı insan dişlerinde (113, 137, 116, 114, 117) antibakteriyel etkisinin değerlendirildiği çalışmalar vardır. Yapılan çalışmalarda düz kanallarda PIPS yönteminin irrigasyon solüsyonlarının etkisini artırdığına dair ümit vaat edici sonuçlar bildirilmiştir. Er:YAG lazerin (PIPS) eğri kök kanallarında antibakteriyel etkisinin değerlendirildiği bir çalışmaya henüz literatürde rastlanmamıştır. Bu nedenlerle çalışmamızda kök kanal eğrilikleri 15<sup>0</sup>-30<sup>0</sup> arasında değişen diş kökleri kullanılmıştır.

Olivi ve ark. PIPS ucu kullanılarak etkinleştirilen irrigasyon solüsyonunun dezenfeksiyon etkisini ve özellikle Er:YAG lazer ile etkinleştirilen solüsyonun kök kanal duvarlarından bakteriyel biyofilmi kaldırma yeteneğini karşılaştırmak için bir çalışma tasarlamışlardır. 26 adet insan ön dişleri #25/.06 olacak şekilde genişletilmiş, steril edilmiş ve 4 hafta boyunca *E. faecalis* ile enfekte edilmiştir. Yazarlar iki irrigasyon yöntemini kullanmışlardır. A grubunda % 5'lik NaOCl Er:YAG lazer (20 mJ, 15 Hz, 50 µs, 600 µm uç) ile 2x30 s boyunca etkinleştirilmiş ve % 17'lik EDTA 30 s boyunca uygulanmıştır. B grubunda 25 G enjektör ucu ile % 5'lik NaOCl 2x30 s ve % 17'lik EDTA 30 s boyunca uygulanmıştır. Yazarlar A grubunda B'ye göre daha üstün dezenfeksiyon sağlandığını bulmuşlardır (P<.05). 48 saat sonra toplanan örneklerde A grubunun B'ye göre üstün dezenfeksiyon etkisini koruduğu sonucuna ulaşılmıştır (P<.0001). SEM görüntülerinde PIPS uygulanan grupta bakteriyel biyofilmin uzaklaştırıldığı gösterilmiştir. Er:YAG lazer ile % 5'lik NaOCl etkinleştirilmesi ve % 17'lik EDTA uygulaması *E. faecalis*'i uzaklaştırmada geleneksel irrigasyon yöntemine göre daha etkilidir ve *in vitro* olarak yeni bakteri üremesini engellemektedir (117). Bu bilgilerin ışığında çalışmamızda antibakteriyel

etkisi % 5'lik NaOCl ile karşılaştırılan deney grupları arasında PIPS yöntemi ile % 5'lik NaOCl'nin etkinleştirildiği grubun yer alması tercih edilmiştir.

Er:YAG lazerin enfekte kök kanallarını dezenfekte etmede etkili olduğu gösterilmiştir. Klinik uygulamalarda amaç en az yan etki oluşmasını sağlamaktır. Bunun için iki farklı yöntem, uygulanan dozları azaltılıp etkiyi artırmak için beraber kullanılabilir. Sahar-Helft ve ark. yaptıkları bir çalışmada, *E. faecalis* büyüme hızı üzerine lazer ve CHX'in sinerjistik etkisini değerlendirmişlerdir. Er:YAG lazer (300 ve 500 mJ arasında) ve % 0.0001 CHX *E. faecalis*'in süspansiyonu üzerine uygulanmıştır. Bakteriyel üreme 18 saat boyunca izlenmiştir. Er:YAG lazer bakteri üremesini 6 saate kadar ertelemiştir. % 0.0001 CHX uygulaması bakteri üremesini geciktirmemiştir. Ancak, Er:YAG lazer ve % 0.0001 CHX'in beraber kullanımı bakteri üremesini azaltmada sinerjistik etki sağlamıştır. Er:YAG lazer ile CHX'in beraber kullanımının bakteri üremesini azaltmada etkili olduğu belirtilmiştir (18).

CHX'in sıvı ya da jel formunun irrigasyon solüsyonu olarak kullanımı önerilmiştir ve *in vitro* (145-147) ve *in vivo* (148, 149) çalışmalarda farklı özellikleri test edilmiştir. Birçok araştırma CHX'in farklı yoğunluklarının antibakteriyel etkisi üzerine çalışma yapmıştır. CHX'in etkisi yoğunluğuna bağlı olduğu için % 2'lik CHX'in antibakteriyel etkisinin % 0.12'ye göre daha iyi olduğu gösterilmiştir (4). Bu bilgilerin ışığında % 2'lik CHX'in Er:YAG lazer kullanılarak ortalama güç 0.3 W, 20 mJ, 15 Hz lazer değerleriyle etkinleştirildiği çalışma bulunmamaktadır. Çalışmamızda Er:YAG lazer (PIPS) ile % 2'lik CHX solüsyonunun beraber kullanımının antibakteriyel etkinliği değerlendirilmiştir.

Gutknecht ve ark. yaptıkları *in vitro* çalışmada 40 adet prepare edilmiş kök kanalı üzerinde atımlı Nd:YAG lazerin bakterisidal etkisini araştırmışlardır. Kök kanallarına *E. faecalis* inoküle edilmiştir. Nd:YAG lazer 1.5 W ve 15 Hz değerlerinde ön dişlerin kanalında 300 µm'lik, arka dişlerin kanalında 200 µm'lik fiber uç ile uygulanmıştır. Enfekte edilen *E. faecalis* kök kanallarından ortalama % 99.91 oranında uzaklaştırılmıştır. Bu çalışma sonuçları ile Nd:YAG lazerin klinik vakalarda kullanımı için ümit vaat eden bir lazer türü olduğu bildirilmiştir (93).

Bergmans ve ark. Nd:YAG lazerin kök kanallarındaki antibakteriyel etkinliğini *in vitro* olarak incelemişlerdir. *E.faecalis* ile enfekte edilen kök kanallarına Nd:YAG lazer 1.5 W, 100 mj, 15 Hz değerlerinde ve 5'er saniyelik dört seferde toplamda 20 saniye süresince uygulanmıştır. Sonuç olarak Nd:YAG lazerin *E.faecalis*'i % 99.7 oranında azalttığı gösterilmiştir. Araştırmacılar bu çalışmada, Nd:YAG lazerin *E.faecalis* biofilm tabakasını kısmen etkileyebildiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar kök kanallarının dezenfeksiyonu amacıyla çeşitli antimikrobiyal ajanların tamamlayıcı olarak kullanılmasının lazerin etkinliğini artıracığını bildirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda lazerin, kök kanal dezenfeksiyonu için bir alternatif olarak değil de diğer yöntemlere ek olarak kullanılması önerilmiştir (98). Bu konu ile ilgili yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde Çiftışık yöntemi olarak adlandırılan PIPS yöntemi ile Nd:YAG lazer uygulamasının beraber kullanımının antibakteriyel etkisinin *in vitro* koşullarda değerlendirildiği yayınlanmış bir çalışmaya henüz rastlanmamıştır. Buna ek olarak Çiftışık yönteminin % 5'lik NaOCl ile karşılaştırıldığı bir çalışma da maalesef bulunamamıştır. Bu nedenlerle çiftışık yöntemi çalışmamıza dahil edilmiştir.

Kök kanal tedavisinde kullanılan çeşitli dezenfeksiyon yöntemlerinin antibakteriyel etkisinin incelendiği *in vitro* çalışmalarda, yöntemler uygulandıktan sonra deney ve kontrol gruplarının kök kanallarından steril paper pointlerle örnek alınması gerektiği bildirilmektedir (150, 151). Çalışmamızda daha önce yapılan literatürdeki çalışmalara benzer şekilde her kök kanalından 3 ayrı paper point ile her biri için 60 s temas süresi beklenerek örnek alınmasına dikkat edilmiştir. Böylece çalışmanın güvenilirliği ve standart sonuçlara ulaşılabilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma şartlarının sterilizasyonunu denetlemek amacı ile kullanılan 5 adet steril kök kanalından deney gruplarına benzer şekilde mikrobiyolojik tespit için örnekler alınmıştır. Elde ettiğimiz bulgular bize bu işlemler sırasında kontaminasyonun meydana gelmediğini kanıtlamıştır.

Çalışmamızda eğri kök kanallarında % 5'lik NaOCl ve % 2'lik CHX'in PIPS yöntemi ile etkinleştirilmesinin salin solüsyonunun PIPS yöntemi ile etkinleştirilmesine ve Çiftışık yöntemine göre daha üstün antibakteriyel etki sağladığı bulunmuştur. Ayrıca eğri kök kanallarında % 5'lik NaOCl'nin 30 G enjektör ucu ile

uygulanması da salin solüsyonunun PIPS yöntemi ile etkinleştirilmesine ve Çiftışık yöntemine göre daha üstün antibakteriyel etki sağladığı bulunmuştur. Bu sonuçlar kök kanal dezenfeksiyonu için kimyasal solüsyonların kullanılması gerektiğini bildiren literatür bilgileriyle uyumludur (152, 5, 106, 153, 4).

Pirnat ve ark. *E. coli*, *E. faecalis* ya da *Porphyromonas gingivalis* suşları üzerinde doğrudan radyasyon uyguladıkları çalışmada *E. faecalis* süspansiyonu 1064 nm'de optik olarak geçirgen safir pencere üzerine inoküle edilmiş ve 1,5 W, 15 Hz değerlerinde 1064 nm Nd:YAG lazer uygulanmıştır. Pigmente olmayan *E. faecalis*'in 1064 nm dalga boyuna karşı tamamen geçirgen olduğu, bu dalga boyunun doğrudan bakterisidal etkisi göz ardı edilebildiği belirtilmiştir. Ayrıca 30 dk boyunca 60°C sıcaklık değerlerine dayanabilen *E. faecalis*'in tutunduğu yüzeyin ısınması ile öldürebilmek için oldukça yüksek sıcaklık olması gerektiği bildirilmiştir (101). Çalışmamızda eğri kök kanallarında salin solüsyonunun PIPS ucu ile etkinleştirilmesi ile bu yöntemle ek Nd:YAG uygulanması arasında bir fark bulunmamıştır. Bizim çalışmamızda bu çalışmadaki sonuçlara benzer şekilde Nd:YAG lazerin eğri kök kanallarında 3 haftalık *E. faecalis* biyofilmi üzerine PIPS yöntemine ek olarak antibakteriyel etkisi bulunmamıştır.

Pedulla ve ark. yaptıkları *in vitro* çalışmada, yeni tasarlanmış, açılı ve ucu açık uç ile uygulanan PIPS yönteminin çekilmiş dişlerde enfekte kök kanallarında antibakteriyel etkinliğini değerlendirmişlerdir. 148 adet tek köklü çekilmiş dişlerin kök kanalları #25/.06 olacak şekilde şekillendirilmiştir. Örnekler steril edilip 10 tanesi hariç (negatif kontrol) *E. faecalis* ekimi yapılmıştır, anaerobik şartlar altında 15 gün inkübe edilmiştir. Enfekte dişler rastgele 4 deney grubuna ayrılmıştır (her grup n=32): kök kanallarına A grubunda Er:YAG lazer (20 mJ, 15 Hz, 50 µs) ile steril distile su etkinleştirilmiş, B grubunda Er:YAG lazer ile % 5'lik NaOCl etkinleştirilmiş, C grubunda 30 G enjektör ucu ile 30 s steril distile su uygulanmış, D grubunda 30 G enjektör ucu ile % 5'lik NaOCl uygulanmış ve pozitif kontrol grubuna (n=10) tedavi uygulanmamıştır. CFU sayıları tedaviden önce ve sonra alınmıştır. Veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Grupların hiçbiri steril örnek oluşturmamıştır. CFU sayıları B ve D gruplarında A ve C grubuna göre belirgin olarak daha azdır (P < 0.001). Dahası A ve C grupları arasında da belirgin

fark bulunmuştur ( $P < 0.001$ ). % 5'lik NaOCl + Er:YAG CFU sayıları en çok azalan grup olduğu görülmüştür. % 5'lik NaOCl + Er:YAG ve % 5'lik NaOCl arasında belirgin bir fark bulunmamıştır (137). Bizim çalışmamızda da bu çalışmadaki sonuçlara benzer şekilde % 5'lik NaOCl ve Er:YAG lazer ile % 5'lik NaOCl grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir. % 5'lik NaOCl'in lazer ile etkinleştirilmesi 30 G enjektör ucu ile % 5'lik NaOCl'nin uygulanmasına göre antibakteriyel etkiyi artırmamıştır.

Çalışmamızda eğri kök kanallarında % 5'lik NaOCl ve % 2'lik CHX solüsyonlarının PIPS ucu ile etkinleştirilmesi arasında bir fark bulunmamıştır. NaOCl ve CHX'in *E.faecalis*'e karşı antibakteriyel etkisinin *in vitro* koşullarda karşılaştırıldığı çalışmalarda benzer sonuçlar çıkmaktadır (145, 154). Ancak diğer araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda NaOCl'in antimikrobiyal etkisinin CHX'e göre daha iyi olduğunu bildirmişlerdir (155, 153). Estrela ve ark. yaptıkları bir çalışmada insan dişleri kullanılan 60 günlük *E.faecalis* biyofilmi örneklerinde ozonlanmış su, % 2.5 NaOCl, %2 CHX ve ozon gazının antibakteriyel etkisi değerlendirilmiştir. Her solüsyon 20 dk süreyle uygulanmış ve hepsinin *E.faecalis*'i etkisiz hale getirmede yetersiz kaldığı belirtilmiştir (156). Çalışma sonuçlarının farklı olmasının nedenleri; kullanılan çalışma yöntemleri ve test edilen irrigasyon solüsyonların çeşitliliği, solüsyonların yoğunluklarının ve uygulama sürelerinin farklılıkları, hastaya bağlı değişkenler ve kök kanalının yapısal çeşitliliğidir.

*In vitro* örnekler kullanılarak yapılan eski çalışmalarda NaOCl ve CHX'in *E.faecalis*'e karşı antimikrobiyal etkinliğinin kanıtlandığı bildirilmiş (152, 157), ancak farklı çalışmalarda kullanılan aynı materyallerle benzer sonuçlar bulunamamıştır (158, 156). Bu nedenle NaOCl ve CHX'in endodontik enfeksiyonlarda bulunan *E.faecalis*'e karşı etkinliğini insan dişlerinde değerlendiren daha fazla çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışmamızda mikrobiyolojik değerlendirme sonrası tüm deney gruplarındaki *E. faecalis* miktarının kontrol grubuna göre çok daha az olduğu ve aralarındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. En etkili dezenfeksiyon ajanının ise % 5'lik NaOCl, % 5'lik NaOCl ve Er:YAG lazer ile % 2'lik CHX ve Er:YAG lazer olduğu saptanmıştır. Bu grupları Salin ve Er:YAG lazer ile Salin, Er:YAG ve

Nd:YAG lazer grupları takip etmiştir. Çalışmamızdan elde edilen bulgular sonucunda eğri kök kanallarında % 5'lik NaOCl, % 5'lik NaOCl ve Er:YAG lazer ile % 2'lik CHX ve Er:YAG lazer tedavi yöntemlerinin kök kanallarının dezenfeksiyonunda etkili rol oynadıkları ve % 5'lik NaOCl'nin lazer ile etkinleştirilmesinin tek başına kullanılmasına göre antibakteriyel etkiyi artırmadığı saptanmıştır. PIPS yönteminin tek başına ve Nd:YAG lazer ile beraber kullanımının (Çiftışık yöntemi) eğri kök kanallarındaki antibakteriyel etkisini belirlemek için ileri araştırmaların yapılması gerektiği görüşüdeyiz.



## 6. SONUÇ ve ÖNERİLER

1. Tüm deney gruplarında yer alan örneklerde mikrobiyolojik değerlendirme sonucunda *E. faecalis* için belirlenen değerlerin ortalamasının kontrol grubundaki değerlere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük olduğu belirlenmiştir ( $p<0.001$ ).

2. Deney grupları arasında *E. faecalis*'in eliminasyonunda en yüksek başarı % 5'lik NaOCl, % 5'lik NaOCl ve Er:YAG lazer ile % 2'lik CHX ve Er:YAG lazer gruplarında saptanmıştır.

3. % 5 NaOCl grubunun CFU değerleri % 5'lik NaOCl ve Er:YAG lazer ve % 2'lik CHX ve Er:YAG lazer gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. ( $p=0,971$ ,  $p=0,597$ )

4. Eğri kök kanallarında % 5'lik NaOCl'in Er:YAG lazer ile etkinleştirilmesinin tek başına kullanılmasına göre antibakteriyel etkiyi artırmadığı saptanmıştır.

5. Gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalarda % 5'lik NaOCl uygulanan grupta belirlenen mikroorganizma miktarlarının Salin, Er:YAG ve Nd:YAG lazer uygulanan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olduğu belirlenmiştir ( $p<0.001$ ).

6. PIPS yönteminin tek başına ve Nd:YAG lazer ile beraber kullanımının eğri kök kanallarındaki antibakteriyel etkisini belirlemek için klinik araştırmalara ihtiyaç vardır.

7. PIPS yönteminin tek başına ve Nd:YAG lazer ile beraber kullanımının eğri kök kanallarında antibakteriyel etkisi aPDT, ultrasoniklerle irrigasyon solüsyonların etkinleştirilmesi gibi yöntemlerle karşılaştırılmalıdır.

8. PIPS yönteminin tek başına ve Nd:YAG lazer ile beraber kullanımının eğri kök kanallarında özellikle apikal bölgede bulunan dentin tübüllerindeki antibakteriyel etkisi SEM veya CLSM kullanılarak gösterilmelidir.

## 7. KAYNAKLAR

1. **Stabholz A, Sahar-Helft S, Moshonov J.** Lasers in endodontics. *Dental clinics of North America*, **2004**; 48: 809-32, vi.
2. **Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K.** Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of endodontics*, **1990**; 16: 498-504.
3. **Kojima K, Inamoto K, Nagamatsu K, Hara A, Nakata K, Morita I, et al.** Success rate of endodontic treatment of teeth with vital and nonvital pulps. A meta-analysis. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, **2004**; 97: 95-9.
4. **Basrani B, Haapasalo, M.** Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic Topics*, **2013**; 27: 74-102.
5. **Zamany A, Safavi K, Spangberg LS.** The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, **2003**; 96: 578-81.
6. **Siqueira JF, Jr., Machado AG, Silveira RM, Lopes HP, de Uzeda M.** Evaluation of the effectiveness of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the elimination of *Enterococcus faecalis* from the root canal, in vitro. *Int Endod J*, **1997**; 30: 279-82.
7. **Berutti E, Marini R, Angeretti A.** Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules. *Journal of endodontics*, **1997**; 23: 725-7.
8. **Alaçam T.** Endodonti. 1. Baskı. Ankara: Özyurt Matbaacılık; **2012**.
9. **McDonnell G, Russell AD.** Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. *Clinical microbiology reviews*, **1999**; 12: 147-79.
10. **Okino LA, Siqueira EL, Santos M, Bombana AC, Figueiredo JA.** Dissolution of pulp tissue by aqueous solution of chlorhexidine digluconate and chlorhexidine digluconate gel. *Int Endod J*, **2004**; 37: 38-41.
11. **Noetzel J, Nonhoff J, Bitter K, Wagner J, Neumann K, Kielbassa AM.** Efficacy of calcium hydroxide, Er:YAG laser or gaseous ozone against *Enterococcus faecalis* in root canals. *American journal of dentistry*, **2009**; 22: 14-8.
12. **Neelakantan P, Cheng CQ, Mohanraj R, Sriraman P, Subbarao C, Sharma S.** Antibiofilm activity of three irrigation protocols activated by ultrasonic, diode laser or Er:YAG laser in vitro. *Int Endod J*, **2014**.
13. **Del Carpio-Perochena A, Kishen A, Shrestha A, Bramante CM.** Antibacterial Properties Associated with Chitosan Nanoparticle Treatment on Root Dentin and 2 Types of Endodontic Sealers. *Journal of endodontics*, **2015**; 41: 1353-8.
14. **Leonardo MR, Guillen-Carias MG, Pecora JD, Ito IY, Silva LA.** Er:YAG laser: antimicrobial effects in the root canals of dogs' teeth with pulp necrosis and chronic periapical lesions. *Photomedicine and laser surgery*, **2005**; 23: 295-9.
15. **Meire MA, De Prijck K, Coenye T, Nelis HJ, De Moor RJ.** Effectiveness of different laser systems to kill *Enterococcus faecalis* in aqueous suspension and in an infected tooth model. *Int Endod J*, **2009**; 42: 351-9.
16. **Gutknecht N, van Gogswaardt D, Conrads G, Apel C, Schubert C, Lampert F.** Diode laser radiation and its bactericidal effect in root canal wall dentin. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, **2000**; 18: 57-60.
17. **Dostalova T, Jelinkova H, Housova D, Sulc J, Nemec M, Duskova J, et al.** Endodontic treatment with application of Er:YAG laser waveguide radiation disinfection. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, **2002**; 20: 135-9.
18. **Sahar-Helft S, Slutzky-Goldberg I, Moshonov J, Stabholtz A, Jacobovitz M, Tam A, et al.** Synergistic effect of Er:YAG laser irradiation in combination with chlorhexidine on the

- viability of *Enterococcus faecalis*: an in vitro study. *Photomedicine and laser surgery*, **2011**; 29: 753-8.
19. **Nguy D, Sedgley C.** The influence of canal curvature on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro using real-time imaging of bioluminescent bacteria. *Journal of endodontics*, **2006**; 32: 1077-80.
  20. **Miller WD.** The micro-organisms of the human mouth: the local and general diseases which are caused by them. *Classics of Dentistry Library*, **1890**.
  21. **Keyes PH.** The infectious and transmissible nature of experimental dental caries. Findings and implications. *Archives of oral biology*, **1960**; 1: 304-20.
  22. **Takehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ.** The Effects of Surgical Exposures of Dental Pulp in Germ-Free and Conventional Laboratory Rats. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*, **1965**; 20: 340-9.
  23. **Love RM.** Invasion of dentinal tubules by root canal bacteria. *Endodontic Topics*, **2004**; 9: 52-65.
  24. **Kishen A.** Advanced therapeutic options for endodontic biofilms. *Endodontic Topics*, **2012**; 22.
  25. **Ricucci D, Siqueira JF, Jr.** Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. *Journal of endodontics*, **2010**; 36: 1277-88.
  26. **Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J.** Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, **2005**; 99: 231-52.
  27. **Wu MK, Dummer PM, Wesselink PR.** Consequences of and strategies to deal with residual post-treatment root canal infection. *Int Endod J*, **2006**; 39: 343-56.
  28. **Arnold M, Ricucci D, Siqueira JF, Jr.** Infection in a complex network of apical ramifications as the cause of persistent apical periodontitis: a case report. *Journal of endodontics*, **2013**; 39: 1179-84.
  29. **Estrela C, Sydney GB, Figueiredo JA, Estrela CR.** A model system to study antimicrobial strategies in endodontic biofilms. *Journal of applied oral science : revista FOB*, **2009**; 17: 87-91.
  30. **Sedgley CM, Lennan SL, Clewell DB.** Prevalence, phenotype and genotype of oral enterococci. *Oral microbiology and immunology*, **2004**; 19: 95-101.
  31. **Hubble TS, Hatton JF, Nallapareddy SR, Murray BE, Gillespie MJ.** Influence of *Enterococcus faecalis* proteases and the collagen-binding protein, Ace, on adhesion to dentin. *Oral microbiology and immunology*, **2003**; 18: 121-6.
  32. **Love RM.** *Enterococcus faecalis*--a mechanism for its role in endodontic failure. *Int Endod J*, **2001**; 34: 399-405.
  33. **Figdor D, Davies JK, Sundqvist G.** Starvation survival, growth and recovery of *Enterococcus faecalis* in human serum. *Oral microbiology and immunology*, **2003**; 18: 234-9.
  34. **Sedgley CM, Lennan SL, Appelbe OK.** Survival of *Enterococcus faecalis* in root canals ex vivo. *Int Endod J*, **2005**; 38: 735-42.
  35. **Distel JW, Hatton JF, Gillespie MJ.** Biofilm formation in medicated root canals. *Journal of endodontics*, **2002**; 28: 689-93.
  36. **Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y.** Irrigation in endodontics. *Dental clinics of North America*, **2010**; 54: 291-312.
  37. **Çalışkan M.** Endodontide tanı ve tedaviler. 3. Baskı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri Ltd. Şti.; **2014**.

38. **Clegg MS, Vertucci FJ, Walker C, Belanger M, Britto LR.** The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *Journal of endodontics*, **2006**; 32: 434-7.
39. **Zou L, Shen Y, Li W, Haapasalo M.** Penetration of sodium hypochlorite into dentin. *Journal of endodontics*, **2010**; 36: 793-6.
40. **Addy M, Moran JM.** Clinical indications for the use of chemical adjuncts to plaque control: chlorhexidine formulations. *Periodontology 2000*, **1997**; 15: 52-4.
41. **Zehnder M.** Root canal irrigants. *Journal of endodontics*, **2006**; 32: 389-98.
42. **Wang Z, Shen Y, Haapasalo M.** Effectiveness of endodontic disinfecting solutions against young and old *Enterococcus faecalis* biofilms in dentin canals. *Journal of endodontics*, **2012**; 38: 1376-9.
43. **Vertucci FJ.** Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*, **1984**; 58: 589-99.
44. **Kartal N, Yanikoglu FC.** Root canal morphology of mandibular incisors. *Journal of endodontics*, **1992**; 18: 562-4.
45. **Peters OA, Laib A, Rueggegger P, Barbakow F.** Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *Journal of dental research*, **2000**; 79: 1405-9.
46. **Metzger Z, Solomonov S, Kfir A.** The role of mechanical instrumentation in the cleaning of root canals. *Endod Top*, **2013**; 29: 87-109.
47. **Türkaydın DE, Günday M, Ekici B.** Eğri kök kanallarında şekillendirme sırasında oluşan streslerin sonlu elemanlar yöntemi ile değerlendirilmesi. *Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **2013**; 3: 14-8.
48. **Dewsnup N, Pileggi R, Haddix J, Nair U, Walker C, Varella CH.** 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. *Journal of endodontics*, **2010**; 36: 725-8.
49. **Erbay D.** Eğri kök kanallarında şekillendirme sırasında kanal duvarlarında ve aletlerin üzerinde oluşan streslerin üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemiyle değerlendirilmesi., Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, **2010**: 76.
50. **Bürklein S, Schäfer E.** Critical evaluation of root canal transportation by instrumentation. *Endod Top*, **2013**; 29: 110-24.
51. **Oguntebi BR.** Dentine tubule infection and endodontic therapy implications. *Int Endod J*, **1994**; 27: 218-22.
52. **Love RM, Chandler NP, Jenkinson HF.** Penetration of smeared or nonsmeared dentine by *Streptococcus gordonii*. *Int Endod J*, **1996**; 29: 2-12.
53. **Assouline LS, Fuss Z, Mazor Y, Weiss EI.** Bacterial penetration and proliferation in root canal dentinal tubules after applying dentin adhesives in vitro. *Journal of endodontics*, **2001**; 27: 398-400.
54. **Vieira AR, Siqueira JF, Jr., Ricucci D, Lopes WS.** Dentinal tubule infection as the cause of recurrent disease and late endodontic treatment failure: a case report. *Journal of endodontics*, **2012**; 38: 250-4.
55. **Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR.** Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *Journal of endodontics*, **2009**; 35: 791-804.
56. **Gulabivala K, Ng YL, Gilbertson M, Eames I.** The fluid mechanics of root canal irrigation. *Physiological measurement*, **2010**; 31: R49-84.
57. **Parker S.** Verifiable CPD paper: introduction, history of lasers and laser light production. *British dental journal*, **2007**; 202: 21-31.

58. **Bora ŞT.** İki farklı lazer cihazının, smear tabakasının uzaklaştırılmasındaki etkilerinin SEM ile incelenmesi. Doktora Tezi, *Yeditepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, **2009**: 3-5.
59. **Yenen Z.** İkinci sınıf kompozit kavite preparasyonu ve pürüzlendirme işlemlerinde Er,Cr:YSGG lazer kullanımının mine ve dentin yüzey morfolojisi ve kenar sızıntısı üzerine etkilerinin in vitro olarak incelenmesi., Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, **2008**: 35.
60. **Parker S.** Laser-tissue interaction. *British dental journal*, **2007**; 202: 73-81.
61. **Odabaş M.** Nd:YAG lazer amputasyonunun insan süt dişlerinde etkisinin klinik ve histolojik olarak değerlendirilmesi., Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, **2006**: 56.
62. **Şen S, Kunt G, Ceylan G.** Lazerler ve protez öncesi uygulama alanları. *Erzurum Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **2010**; 31: 1-8.
63. **Jelinkova H, Dostalova T, Duskova J, Kratky M, Miyagi M, Shoji S, et al.** Er:YAG and alexandrite laser radiation propagation in root canal and its effect on bacteria. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, **1999**; 17: 267-72.
64. **Parker S.** Low-level laser use in dentistry. *British dental journal*, **2007**; 202: 131-8.
65. **Yılmaz HY.** Kök kanallarına Nd:YAG ve Er,Cr:YSGG lazer uygulamasının bazı kanal patlarının dentin duvarlarına adaptasyonu ve apikal sızdırmazlığı üzerine etkisinin incelenmesi. Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, **2005**: 10.
66. **Yıldırım C, Karaarslan E.** Endodontide lazer uygulamaları. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci*, **2012**; 18: 325-36.
67. **Yiğit Ş, Gürsel M.** Periodontolojide lazer. . *Selçuk Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, **2007**; 16: 67-73.
68. **Harris DM, White JM, Goodis H, Arcoria CJ, Simon J, Carpenter WM, et al.** Selective ablation of surface enamel caries with a pulsed Nd:YAG dental laser. *Lasers in surgery and medicine*, **2002**; 30: 342-50.
69. **Birardi V, Bossi L, Dinoi C.** Use of the Nd:YAG laser in the treatment of Early Childhood Caries. *European journal of paediatric dentistry : official journal of European Academy of Paediatric Dentistry*, **2004**; 5: 98-101.
70. **Cox CJ, Pearson GJ, Palmer G.** Preliminary in vitro investigation of the effects of pulsed Nd:YAG laser radiation on enamel and dentine. *Biomaterials*, **1994**; 15: 1145-51.
71. **Yamada MK, Watari F.** Imaging and non-contact profile analysis of Nd:YAG laser-irradiated teeth by scanning electron microscopy and confocal laser scanning microscopy. *Dental materials journal*, **2003**; 22: 556-68.
72. **Kwon YH, Kwon OW, Kim HI, Kim KH.** Nd:YAG laser ablation and acid resistance of enamel. *Dental materials journal*, **2003**; 22: 404-11.
73. **Santucci PJ.** Dycal versus Nd:YAG laser and Vitrebond for direct pulp capping in permanent teeth. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, **1999**; 17: 69-75.
74. **Zapletalova Z, Perina J, Jr., Novotny R, Chmelickova H.** Suitable conditions for sealing of open dentinal tubules using a pulsed Nd:YAG laser. *Photomedicine and laser surgery*, **2007**; 25: 495-9.
75. **Watanabe S, Saegusa H, Anjo T, Ebihara A, Kobayashi C, Suda H.** Dentin strain induced by laser irradiation. *Australian endodontic journal : the journal of the Australian Society of Endodontology Inc*, **2010**; 36: 74-8.
76. **Yasuda Y, Kawamorita T, Yamaguchi H, Saito T.** Bactericidal effect of Nd:YAG and Er:YAG lasers in experimentally infected curved root canals. *Photomedicine and laser surgery*, **2010**; 28 Suppl 2: S75-8.

77. **Birang R, Kiani S, Shokraneh A, Hasheminia SM.** Effect of Nd: YAG laser on the apical seal after root-end resection and MTA retrofill: a bacterial leakage study. *Lasers in medical science*, **2015**; 30: 583-9.
78. **Pelagalli J, Gimbel CB, Hansen RT, Swett A, Winn DW, 2nd.** Investigational study of the use of Er:YAG laser versus dental drill for caries removal and cavity preparation--phase I. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, **1997**; 15: 109-15.
79. **Takamori K, Furukawa H, Morikawa Y, Katayama T, Watanabe S.** Basic study on vibrations during tooth preparations caused by high-speed drilling and Er:YAG laser irradiation. *Lasers in surgery and medicine*, **2003**; 32: 25-31.
80. **Parker S.** Surgical lasers and hard dental tissue. *British dental journal*, **2007**; 202: 445-54.
81. **Olivi G, Genovese MD, Maturo P, Docimo R.** Pulp capping: advantages of using laser technology. *European journal of paediatric dentistry : official journal of European Academy of Paediatric Dentistry*, **2007**; 8: 89-95.
82. **Noiri Y, Katsumoto T, Azakami H, Ebisu S.** Effects of Er:YAG laser irradiation on biofilm-forming bacteria associated with endodontic pathogens in vitro. *Journal of endodontics*, **2008**; 34: 826-9.
83. **Buyukhatipoglu I, Secilmis A.** The use of Erbium: Yttrium-aluminum-garnet laser in cavity preparation and surface treatment: 3-year follow-up. *European journal of dentistry*, **2015**; 9: 284-7.
84. **Kornblit R, Bossu M, Mari D, Rocca JP, Polimeni A.** Enamel and dentine of deciduous teeth Er:YAG laser prepared. A SEM study. *European journal of paediatric dentistry : official journal of European Academy of Paediatric Dentistry*, **2009**; 10: 75-82.
85. **Le Goff A, Dautel-Morazin A, Guigand M, Vulcain JM, Bonnaure-Mallet M.** An evaluation of the CO2 laser for endodontic disinfection. *Journal of endodontics*, **1999**; 25: 105-8.
86. **Kaiwar A, Usha HL, Meena N, Ashwini P, Murthy CS.** The efficiency of root canal disinfection using a diode laser: in vitro study. *Indian journal of dental research : official publication of Indian Society for Dental Research*, **2013**; 24: 14-8.
87. **Christo JE, Zilm PS, Sullivan T, Cathro PR.** Efficacy of low concentrations of sodium hypochlorite and low-powered Er,Cr:YSGG laser activated irrigation against an *Enterococcus faecalis* biofilm. *Int Endod J*, **2015**.
88. **Juric IB, Plecko V, Anic I, Plesko S, Jakovljevic S, Rocca JP, et al.** Antimicrobial efficacy of photodynamic therapy, Nd:YAG laser and QMiX solution against *Enterococcus faecalis* biofilm. *Photodiagnosis and photodynamic therapy*, **2015**.
89. **Schoop U, Kluger W, Moritz A, Nedjelic N, Georgopoulos A, Sperr W.** Bactericidal effect of different laser systems in the deep layers of dentin. *Lasers in surgery and medicine*, **2004**; 35: 111-6.
90. **Hardee MW, Miserendino LJ, Kos W, Walia H.** Evaluation of the antibacterial effects of intracanal Nd:YAG laser irradiation. *Journal of endodontics*, **1994**; 20: 377-80.
91. **Fegan SE, Steiman HR.** Comparative evaluation of the antibacterial effects of intracanal Nd:YAG laser irradiation: an in vitro study. *Journal of endodontics*, **1995**; 21: 415-7.
92. **Moshonov J, Orstavik D, Yamauchi S, Pettiette M, Trope M.** Nd:YAG laser irradiation in root canal disinfection. *Endodontics & dental traumatology*, **1995**; 11: 220-4.
93. **Gutknecht N, Moritz A, Conrads G, Sievert T, Lampert F.** Bactericidal effect of the Nd:YAG laser in in vitro root canals. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, **1996**; 14: 77-80.

94. **Moritz A, Schoop U, Goharkhay K, Jakolitsch S, Kluger W, Wernisch J, et al.** The bactericidal effect of Nd:YAG, Ho:YAG, and Er:YAG laser irradiation in the root canal: an in vitro comparison. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, **1999**; 17: 161-4.
95. **Berkiten M, Berkiten R, Okar I.** Comparative evaluation of antibacterial effects of Nd:YAG laser irradiation in root canals and dentinal tubules. *Journal of endodontics*, **2000**; 26: 268-70.
96. **Folwaczny M, Mehl A, Jordan C, Hickel R.** Antibacterial effects of pulsed Nd:YAG laser radiation at different energy settings in root canals. *Journal of endodontics*, **2002**; 28: 24-9.
97. **Piccolomini R, D'Arcangelo C, D'Ercole S, Catamo G, Schiaffino G, De Fazio P.** Bacteriologic evaluation of the effect of Nd:YAG laser irradiation in experimental infected root canals. *Journal of endodontics*, **2002**; 28: 276-8.
98. **Bergmans L, Moisiadis P, Teughels W, Van Meerbeek B, Quirynen M, Lambrechts P.** Bactericidal effect of Nd:YAG laser irradiation on some endodontic pathogens ex vivo. *Int Endod J*, **2006**; 39: 547-57.
99. **Klinke T, Klimm W, Gutknecht N.** Antibacterial effects of Nd:YAG laser irradiation within root canal dentin. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, **1997**; 15: 29-31.
100. **Kallis A.** Bactericidal effect of pulsed Nd:YAG (1064 nm) laser on *Enterococcus faecalis* in dentine depths of 500 µm and 1000 µm using pulse durations of 180 µs and 320 µs., Doktora Tezi, *Aachen University*, , Germany, **2005**: 50.
101. **Pirnat S, Lukac M, Ihan A.** Study of the direct bactericidal effect of Nd:YAG and diode laser parameters used in endodontics on pigmented and nonpigmented bacteria. *Lasers in medical science*, **2011**; 26: 755-61.
102. **Mehl A, Folwaczny M, Haffner C, Hickel R.** Bactericidal effects of 2.94 microns Er:YAG-laser radiation in dental root canals. *Journal of endodontics*, **1999**; 25: 490-3.
103. **Schoop U, Moritz A, Kluger W, Patruta S, Goharkhay K, Sperr W, et al.** The Er:YAG laser in endodontics: results of an in vitro study. *Lasers in surgery and medicine*, **2002**; 30: 360-4.
104. **Perin FM, Franca SC, Silva-Sousa YT, Alfredo E, Saquy PC, Estrela C, et al.** Evaluation of the antimicrobial effect of Er:YAG laser irradiation versus 1% sodium hypochlorite irrigation for root canal disinfection. *Australian endodontic journal : the journal of the Australian Society of Endodontology Inc*, **2004**; 30: 20-2.
105. **Sennhenn-Kirchner S, Schwarz P, Schliephake H, Konietschke F, Brunner E, Borg-von Zepelin M.** Decontamination efficacy of erbium:yttrium-aluminium-garnet and diode laser light on oral *Candida albicans* isolates of a 5-day in vitro biofilm model. *Lasers in medical science*, **2009**; 24: 313-20.
106. **Meire MA, Coenye T, Nelis HJ, De Moor RJ.** Evaluation of Nd:YAG and Er:YAG irradiation, antibacterial photodynamic therapy and sodium hypochlorite treatment on *Enterococcus faecalis* biofilms. *Int Endod J*, **2012**; 45: 482-91.
107. **Stabholz A, Zeltser R, Sela M, Peretz B, Moshonov J, Ziskind D, et al.** The use of lasers in dentistry: principles of operation and clinical applications. *Compendium of continuing education in dentistry*, **2003**; 24: 935-48; quiz 49.
108. **Yamazaki R, Goya C, Yu DG, Kimura Y, Matsumoto K.** Effects of erbium,chromium:YSGG laser irradiation on root canal walls: a scanning electron microscopic and thermographic study. *Journal of endodontics*, **2001**; 27: 9-12.
109. **Blanken J, De Moor RJ, Meire M, Verdaasdonk R.** Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study. *Lasers in surgery and medicine*, **2009**; 41: 514-9.

110. **De Moor RJ, Meire M, Goharkhay K, Moritz A, Vanobbergen J.** Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs. *Journal of endodontics*, **2010**; 36: 1580-3.
111. **Sahar-Helft S, Stabholtz A, Moshonov J, Gutkin V, Redenski I, Steinberg D.** Effect of Er:YAG laser-activated irrigation solution on Enterococcus Faecalis biofilm in an ex-vivo root canal model. *Photomedicine and laser surgery*, **2013**; 31: 334-41.
112. **George R, Walsh LJ.** Apical extrusion of root canal irrigants when using Er:YAG and Er,Cr:YSGG lasers with optical fibers: an in vitro dye study. *Journal of endodontics*, **2008**; 34: 706-8.
113. **Peters OA, Bardsley S, Fong J, Pandher G, Divito E.** Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *Journal of endodontics*, **2011**; 37: 1008-12.
114. **Al Shahrani M, DiVito E, Hughes CV, Nathanson D, Huang GT.** Enhanced removal of Enterococcus faecalis biofilms in the root canal using sodium hypochlorite plus photon-induced photoacoustic streaming: an in vitro study. *Photomedicine and laser surgery*, **2014**; 32: 260-6.
115. **Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Aprecio RM, Handysides R, Jaramillo DE.** Biofilm removal by 6% sodium hypochlorite activated by different irrigation techniques. *Int Endod J*, **2014**; 47: 659-66.
116. **Zhu X, Yin X, Chang JW, Wang Y, Cheung GS, Zhang C.** 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. *Photomedicine and laser surgery*, **2013**; 31: 371-7.
117. **Olivi G, DiVito E, Peters O, Kaitsas V, Angiero F, Signore A, et al.** Disinfection efficacy of photon-induced photoacoustic streaming on root canals infected with Enterococcus faecalis: an ex vivo study. *Journal of the American Dental Association*, **2014**; 145: 843-8.
118. **Estrela C, Silva JA, de Alencar AH, Leles CR, Decurcio DA.** Efficacy of sodium hypochlorite and chlorhexidine against Enterococcus faecalis--a systematic review. *Journal of applied oral science : revista FOB*, **2008**; 16: 364-8.
119. **Hecker S, Hiller KA, Galler KM, Erb S, Mader T, Schmalz G.** Establishment of an optimized ex vivo system for artificial root canal infection evaluated by use of sodium hypochlorite and the photodynamic therapy. *Int Endod J*, **2013**; 46: 449-57.
120. **Paiva SS, Siqueira JF, Jr., Rocas IN, Carmo FL, Leite DC, Ferreira DC, et al.** Molecular microbiological evaluation of passive ultrasonic activation as a supplementary disinfecting step: a clinical study. *Journal of endodontics*, **2013**; 39: 190-4.
121. **Eldeniz AU, Guneser MB, Akbulut MB.** Comparative antifungal efficacy of light-activated disinfection and octenidine hydrochloride with contemporary endodontic irrigants. *Lasers in medical science*, **2015**; 30: 669-75.
122. **Cohenca N, Silva LA, Silva RA, Nelson-Filho P, Heilborn C, Watanabe E, et al.** Microbiological evaluation of different irrigation protocols on root canal disinfection in teeth with apical periodontitis: an in vivo study. *Brazilian dental journal*, **2013**; 24: 467-73.
123. **Mashalkar S, Pawar MG, Kolhe S, Jain DT.** Comparative evaluation of root canal disinfection by conventional method and laser: an in vivo study. *Nigerian journal of clinical practice*, **2014**; 17: 67-74.
124. **Rodriguez-Benitez S, Stambolsky Guelfand C, Martin-Jimenez M, Segura-Egea JJ.** Root canal disinfection of immature dog teeth with apical periodontitis: Comparison of three different protocols. *Journal of clinical and experimental dentistry*, **2014**; 6: e357-63.
125. **Du T, Shi Q, Shen Y, Cao Y, Ma J, Lu X, et al.** Effect of modified nonequilibrium plasma with chlorhexidine digluconate against endodontic biofilms in vitro. *Journal of endodontics*, **2013**; 39: 1438-43.



126. **Mohammadi Z, Giardino L, Palazzi F, Shahriari S.** Effect of initial irrigation with sodium hypochlorite on residual antibacterial activity of tetraclean. *The New York state dental journal*, **2013**; 79: 32-6.
127. **Martins Justo A, Abreu da Rosa R, Santini MF, Cardoso Ferreira MB, Pereira JR, Hungaro Duarte MA, et al.** Effectiveness of final irrigant protocols for debris removal from simulated canal irregularities. *Journal of endodontics*, **2014**; 40: 2009-14.
128. **Zmener O, Pameijer CH, Serrano SA, Palo RM, Iglesias EF.** Efficacy of the NaviTip FX irrigation needle in removing post instrumentation canal smear layer and debris in curved root canals. *Journal of endodontics*, **2009**; 35: 1270-3.
129. **Moon YM, Shon WJ, Baek SH, Bae KS, Kum KY, Lee W.** Effect of final irrigation regimen on sealer penetration in curved root canals. *Journal of endodontics*, **2010**; 36: 732-6.
130. **Al-Ali M, Sathorn C, Parashos P.** Root canal debridement efficacy of different final irrigation protocols. *Int Endod J*, **2012**; 45: 898-906.
131. **Moon YM, Kim HC, Bae KS, Baek SH, Shon WJ, Lee W.** Effect of laser-activated irrigation of 1320-nanometer Nd:YAG laser on sealer penetration in curved root canals. *Journal of endodontics*, **2012**; 38: 531-5.
132. **Sabino CP, Garcez AS, Nunez SC, Ribeiro MS, Hamblin MR.** Real-time evaluation of two light delivery systems for photodynamic disinfection of *Candida albicans* biofilm in curved root canals. *Lasers in medical science*, **2014**.
133. **Arnabat J, Escribano C, Fenosa A, Vinuesa T, Gay-Escoda C, Berini L, et al.** Bactericidal activity of erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser in root canals. *Lasers in medical science*, **2010**; 25: 805-10.
134. **Cheng X, Guan S, Lu H, Zhao C, Chen X, Li N, 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 in surgery and medicine*, **2012**; 44: 824-31.
135. **Seet AN, Zilm PS, Gully NJ, Cathro PR.** Qualitative comparison of sonic or laser energisation of 4% sodium hypochlorite on an *Enterococcus faecalis* biofilm grown in vitro. *Australian endodontic journal : the journal of the Australian Society of Endodontology Inc*, **2012**; 38: 100-6.
136. **Portenier I, Waltimo, T., Haapasalo, M.** *Enterococcus faecalis*-the root canal survivor and 'star' in post-treatment disease. *Endodontic Topics*, **2003**; 6: 135-59.
137. **Pedulla E, Genovese C, Campagna E, Tempera G, Rapisarda E.** Decontamination efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming (PIPS) of irrigants using low-energy laser settings: an ex vivo study. *Int Endod J*, **2012**; 45: 865-70.
138. **Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow F.** ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *Int Endod J*, **2003**; 36: 86-92.
139. **Turkun M, Cengiz T.** The effects of sodium hypochlorite and calcium hydroxide on tissue dissolution and root canal cleanliness. *Int Endod J*, **1997**; 30: 335-42.
140. **Hauman CH, Love RM.** Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 1. Intracanal drugs and substances. *Int Endod J*, **2003**; 36: 75-85.
141. **Öveçoğlu H, Gerni PM.** Kök kanallarının dezenfeksiyonunda lazer kullanımı. *Türkiye Klinikleri Dergisi*, **2015**; 1: 34-9.
142. **Midda M, Renton-Harper P.** Lasers in dentistry. *British dental journal*, **1991**; 170: 343-6.
143. **Kutsch VK.** Lasers in dentistry: comparing wavelengths. *Journal of the American Dental Association*, **1993**; 124: 49-54.

144. **Pick RM.** Using lasers in clinical dental practice. *Journal of the American Dental Association*, **1993**; 124: 37-47.
145. **Gomes BP, Ferraz CC, Vianna ME, Berber VB, Teixeira FB, Souza-Filho FJ.** In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J*, **2001**; 34: 424-8.
146. **Mithra NH, Krishna RS, Shishir S, Veenna SA.** Comparative evaluation of bactericidal effects on *Enterococcus faecalis* using diode laser irradiation, sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate irrigation"- an in vitro study. *Oral health and dental management*, **2013**; 12: 145-50.
147. **Rahman H, Chandra A.** Microbiologic Evaluation of Matricaria and Chlorhexidine against *E. faecalis* and *C. albicans*. *Indian journal of dentistry*, **2015**; 6: 60-4.
148. **Tanomaru Filho M, Leonardo MR, da Silva LA.** Effect of irrigating solution and calcium hydroxide root canal dressing on the repair of apical and periapical tissues of teeth with periapical lesion. *Journal of endodontics*, **2002**; 28: 295-9.
149. **Ercan E, Ozekinci T, Atakul F, Gul K.** Antibacterial activity of 2% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite in infected root canal: in vivo study. *Journal of endodontics*, **2004**; 30: 84-7.
150. **Johal S, Baumgartner JC, Marshall JG.** Comparison of the antimicrobial efficacy of 1.3% NaOCl/BioPure MTAD to 5.25% NaOCl/15% EDTA for root canal irrigation. *Journal of endodontics*, **2007**; 33: 48-51.
151. **Kuvvetli SS, Sandalli N, Topcuoglu N, Kulekci G.** Antibacterial efficacy of diode and Er:YAG laser irradiation in experimentally contaminated primary molar root canals. *The Journal of clinical pediatric dentistry*, **2009**; 34: 43-8.
152. **Siqueira JF, Jr., Rocas IN, Santos SR, Lima KC, Magalhaes FA, de Uzeda M.** Efficacy of instrumentation techniques and irrigation regimens in reducing the bacterial population within root canals. *Journal of endodontics*, **2002**; 28: 181-4.
153. **Agrawal V, Rao MR, Dhingra K, Gopal VR, Mohapatra A, Mohapatra A.** An in vitro comparison of antimicrobial efficacy of three root canal irrigants-BioPure MTAD, 2% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as a final rinse against *E. faecalis*. *The journal of contemporary dental practice*, **2013**; 14: 842-7.
154. **Flach N, Bottcher DE, Parolo CC, Firmino LB, Malt M, Lammers ML, et al.** Confocal microscopy evaluation of the effect of irrigants on *Enterococcus faecalis* biofilm: An in vitro study. *Scanning*, **2015**.
155. **Ayhan H, Sultan N, Cirak M, Ruhi MZ, Bodur H.** Antimicrobial effects of various endodontic irrigants on selected microorganisms. *Int Endod J*, **1999**; 32: 99-102.
156. **Estrela C, Estrela CR, Decurcio DA, Hollanda AC, Silva JA.** Antimicrobial efficacy of ozonated water, gaseous ozone, sodium hypochlorite and chlorhexidine in infected human root canals. *Int Endod J*, **2007**; 40: 85-93.
157. **Estrela C, Ribeiro RG, Estrela CR, Pecora JD, Sousa-Neto MD.** Antimicrobial effect of 2% sodium hypochlorite and 2% chlorhexidine tested by different methods. *Brazilian dental journal*, **2003**; 14: 58-62.
158. **Estrela C, Holland R, Bernabe PF, de Souza V, Estrela CR.** Antimicrobial potential of medicaments used in healing process in dogs' teeth with apical periodontitis. *Brazilian dental journal*, **2004**; 15: 181-5.

## 8.ÖZGEÇMİŞ

Özge Güngör 01.06.1988 tarihinde Çankırı'da doğdu. İlk, orta ve lise öğretimini Kastamonu'da tamamladı. 2006 yılında girdiği Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinden 2011 yılında mezun oldu. 2012 yılında Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalında uzmanlık eğitimine başladı. O tarihten itibaren aynı bölümde araştırma görevlisi olarak çalışmakta ve uzmanlık eğitimine devam etmektedir.

**ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU ONAYI**  
**ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY CLINICAL RESEARCHES ETHICS COMMITTEE APPROVAL**

BAŞVURU BİLGİLERİ (APPLICATION INFORMATION)	ARAŞTIRMANIN ADI (TITLE OF THE PROJECT)	Eğri Kök Kanallarında Er:YAG ve Nd:YAG Lazerin Kombine Kullanımının <i>Enterococcus Faecalis</i> 'e Karşı Antibakteriyel Etkinliğinin İncelenmesi.  Evaluation of Er:YAG laser combined with Nd:YAG laser's bactericidal effect against <i>Enterococcus Faecalis</i> biofilm in curved root canals
	SORUMLU ARAŞTIRMACI (PRINCIPAL INVESTIGATER)	Doç. Dr. Hasan ORUÇOĞLU
	DİĞER ARAŞTIRMACILAR (OTHER INVESTIGATERS)	Doç. Dr. Tekin TAŞ, Arş. Grv. Özge GÜNGÖR
	ARAŞTIRMA MERKEZİ (RESEARCH CENTER)	A.I.B.Ü Tıp Fakültesi

KARAR (DECISION)	Karar no (Decision No): 2014/118-251	Tarih (Date): 30 /12/ 2014
	Doç. Dr. Hasan ORUÇOĞLU'nun sorumluluğunda yapılması tasarlanan ve yukarıda başvuru bilgileri verilen araştırma dosyası ve ilgili belgelerin incelenmesi sonucunda araştırmanın gerçekleştirilmesinde etik yönden sakınca olmadığına mevcudun oy birliği/oy çokluğu ile karar verilmiştir.  After reviewing the research file and related documents designed to be performed under the responsibility of Doç. Dr. Hasan ORUÇOĞLU, this project was approved by ethics committee (with unanimity/majority of votes).	

Üyeler (Members)	Uzmanlık alanı (Profession)	Kurumu (Institution)	İmza (Signature)
Prof.Dr.Mehmet Yazıcı <i>Başkan (Director)</i>	Kardiyoloji (Cardiology)	AİBÜ Tıp Fakültesi (AIBU Medical School)	
Doç.Dr. Esra Koçoğlu <i>Bşk. Yrd. (Ass. Director)</i>	Mikrobiyoloji (Microbiology)	AİBÜ Tıp Fakültesi (AIBU Medical School)	
Doç.Dr. Fatih Demircioğlu <i>Raportör (Rapporteur)</i>	Çocuk Sağ. ve Hast. (Pediatrics)	AİBÜ Tıp Fakültesi (AIBU Medical School)	
Prof.Dr. Fatma Töre <i>Üye (Member)</i>	Fizyoloji (Physiology)	AİBÜ Tıp Fakültesi (AIBU Medical School)	
Doç.Dr. Mesut Erdurmuş <i>Üye (Member)</i>	Göz Hastalıkları (Ophthalmology)	AİBÜ Tıp Fakültesi (AIBU Medical School)	
Yrd.Doç.Dr. Aysu Kıyan <i>Üye (Member)</i>	Halk Sağlığı (Public Health)	AİBÜ Tıp Fakültesi (AIBU Medical School)	
Yrd.Doç.Dr. Akcan Akkaya <i>Üye (Member)</i>	Anestezi (Anesthesiology)	AİBÜ Tıp Fakültesi (AIBU Medical School)	
Yrd.Doç.Dr. Recep Bayram <i>Üye (Member)</i>	Farmakoloji (Pharmacology)	AİBÜ Tıp Fakültesi (AIBU Medical School)	
Hatice Selen Söylemez <i>Üye (Member)</i>	Eczacı	Serbest Private	
Erol Altındaş <i>Üye (Member)</i>	Avukat	Serbest Private	
Dursun Çelik <i>Üye (Member)</i>	Öğretmen	Bolu Fen Lisesi Bolu Science High School	