



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**Er, Cr: YSGG LAZER, FOTOAKTİF
DEZENFEKSİYON, KONVANSİYONEL VE
PASİF ULTRASONİK İRRİGASYONUN
ENTEROCOCCUS FAECALIS ÜZERİNE
ANTİMİKROBİYAL ETKİSİ**

Saime Aslı AYDIN

DOKTORA TEZİ

Prof. Dr. Tamer TAŞDEMİR

TRABZON - 2015



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**Er, Cr: YSGG LAZER, FOTOAKTİF
DEZENFEKSİYON, KONVANSİYONEL VE
PASİF ULTRASONİK İRRİGASYONUN
ENTEROCOCCUS FAECALIS ÜZERİNE
ANTİMİKROBİYAL ETKİSİ**

Saime Aslı AYDIN

DOKTORA TEZİ

Prof. Dr. Tamer TAŞDEMİR

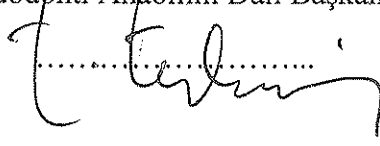
TRABZON - 2015

ONAY

Bu Tez Doktora Tezi Standartlarına Uygun Bulunmuştur

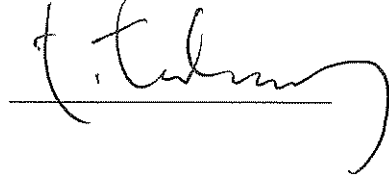
Prof. Dr. Tamer TAŞDEMİR

Endodonti Anabilim Dalı Başkanı



Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Endodonti Anabilim Dalı doktora öğrencisi Saime Aslı AYDIN' ın hazırladığı "Er,Cr:YSGG Lazer, Fotoaktif Dezenfeksiyon, Konvansiyonel ve Pasif Ultrasonik İrrigasyonun Enterococcus Faecalis Üzerine Antimikrobiyal Etkisi" başlıklı tez KTÜ Lisansüstü Eğitim - Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca kapsam ve bilimsel kalite yönünden değerlendirilerek Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman Prof. Dr. Tamer TAŞDEMİR



Doktora Sınavı Jüri Üyeleri

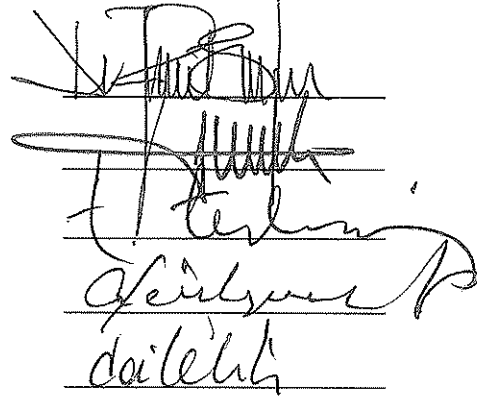
Prof. Dr. Ahmet SERPER

Prof. Dr. Kürşat ER

Prof. Dr. Tamer TAŞDEMİR

Prof. Dr. Cemal YEŞİLYURT

Yrd. Doç.Dr. Davut ÇELİK



Tarih:01 /06 /2015

Bu tez KTÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .../.../.... tarih ve ...sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Ali Osman KILIÇ

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tez çalışmasının KTÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzu standartlarına uygun olarak yazıldığını, tezin akademik ve etik kurallara bağlı kalınarak gerçekleştirilmiş özgün bir bilimsel araştırma eserim olduğunu, tezde yer alan ve bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen tüm bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve kaynakların kaynaklar listesinde yer aldığını, tezin çalışılması ve yazımı aşamalarında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, tezimin BAP koordinasyon birimi tarafından 2010.127.003.2 nolu proje kodu ile desteklendiğini beyan ederim.

01/06 /2015

Saime Ash AYDIN

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim ve tez çalışmamız sırasında büyük sabır ve titizlikle bana yol gösteren tez danışmanım sayın Prof. Dr. Tamer TAŞDEMİR'e; manevi desteğiyle hep yanımda olan sayın Prof. Dr. Ahmet SERPER'e, doktora öğrenimim süresince emeği geçen sayın Prof. Dr. Kürşat ER, Yrd. Doç. Dr. Davut ÇELİK ve Yrd. Doç. Dr. Kadir Tolga CEYHANLI'ya; çalışmamızın mikrobiyolojik aşamalarını gerçekleştiren, benden hiç bir yardımı esirgemeyen ve sürekli yanımda olup bana moral veren KTÜ Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı öğretim üyesi sayın Doç. Dr. Celal Kurtuluş BURUK'a; istatistiksel analiz ve yorumları için desteğini aldığımız Gazi Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi İstatistik bölümü öğretim üyesi sayın Yrd. Doç. Dr. Filiz KARDİYEN'e ve Pedodonti Anabilim Dalı öğretim üyesi Doç. Dr. Tamer TÜZÜNER'e teşekkürü bir borç bilirim.

Doktora öğrenimim süresince birlikte çalıştığım, bu süreçte bana destek olan arkadaşlarım Dt. Ahter ŞANAL ÇIKMAN ve Dt. Onur PİRGON'a, Karadeniz Teknik Üniversitesi Endodonti Anabilim Dalı'nda görevli asistan arkadaşlarıma ve yardımcı personelimize teşekkürler.

Tez çalışmamızda sarf malzeme ve teçhizat temininde maddi desteğini esirgemeyen Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) koordinasyon birimine katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım esnasında benden desteğini, sabrını ve anlayışını esirgemeyen eşim Dt. Güven AYDIN'a, sevgili aileme ve en büyük şansım bebeğime teşekkürler.

Dt. Saime Aslı AYDIN

İÇİNDEKİLER

ONAY	
BEYAN	
TEŞEKKÜR	
İÇİNDEKİLER	v
TABLolar LİSTESİ	vii
RESİMLER LİSTESİ	viii
KISALTMALAR, SİMGELER ve FORMÜLLER DİZİNİ	ix
1. ÖZET	1
2. SUMMARY	2
3. GİRİŞ ve AMAÇ	3
4. GENEL BİLGİLER	5
4.1. Endodontik Enfeksiyonlar	5
4.1.1. Kök Kanallarının Mikrobiyolojisi	5
4.1.2. <i>Enterococcus Faecalis</i>	10
4.2. Kök Kanallarının Dezenfeksiyonu	12
4.2.1. İrrigasyon	12
4.2.1.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)	13
4.2.1.2. Klorheksidin Glukonat (KHG)	15
4.2.2. İrrigasyon Ajitasyon Yöntemleri	17
4.2.2.1. Pasif Ultrasonik İrrigasyon	20
4.2.3. Fotodinamik Terapi (FDT)	22
4.2.3.1. Fotosan Sistemi	24
4.2.4. Lazerler	25
4.2.4.1. Er,Cr:YSGG Lazerler ile Kök Kanal Dezenfeksiyonu	27

4.2.4.2. Lazerle Aktive İrrigasyon	29
5. GEREÇ ve YÖNTEM	31
5.1. Örneklerin Hazırlanması	31
5.2. Kullanılan Mikroorganizma Suşu ve Besiyerlerinin Hazırlanması	32
5.3. Mikroorganizmaların Üretilmesi	33
5.4. Mikroorganizma Süspansiyonlarının Hazırlanması	33
5.5. Kök Kanallarının <i>E.faecalis</i> İle Enfekte Edilmesi	34
5.6. Kontrol Grupları	34
5.6.1. Negatif Kontrol Grubu	34
5.6.2. Pozitif kontrol grubu	34
5.7. Çalışma Grupları	35
5.8. Bakterilerin Sayımı	37
5.9. İstatistiksel Değerlendirme	37
6. BULGULAR	39
7. TARTIŞMA	52
7.1. Sonuç ve Öneriler	67
8. KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞ	

TABLolar LİSTESİ

Tablo		Sayfa No:
Tablo 1.	Er, Cr:YSGG cihazı ve özellikleri	28
Tablo 2.	NaOCl ile standart şırınga irrigasyonu	40
Tablo 3.	KHG ile standart şırınga irrigasyonu	41
Tablo 4.	NaOCl irrigasyonu sonrası Er,Cr:YSGG lazer dezenfeksiyonu	42
Tablo 5.	KHG irrigasyonu sonrası Er,Cr:YSGG lazer dezenfeksiyonu	43
Tablo 6.	NaOCl' in Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyonu	44
Tablo 7.	KHG' nin Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyonu	45
Tablo 8.	NaOCl' nin PUI ile aktivasyonu	46
Tablo 9.	KHG' nin PUI ile aktivasyonu	47
Tablo 10.	Fotoaktif dezenfeksiyon	48
Tablo 11.	Deney gruplarının ortalama sıra sayıları	49
Tablo 12.	Grupların ikili karşılaştırmaları	51

RESİMLER LİSTESİ

Resim		Sayfa No:
Resim 1.	Çalışma bloklarının görüntüsü	32
Resim 2.	McFarland 0.5 bulanıklığında E.faecalis ATCC 29212 suşu	34
Resim 3.	Negatif kontrol grubu.	39
Resim 4.	Pozitif kontrol grubu	40
Resim 5.	NaOCl ile standart şırınga irrigasyonu	41
Resim 6.	KHG ile standart şırınga irrigasyonu	42
Resim 7.	NaOCl irrigasyonu sonrası Er,Cr:YSGG lazerle dezenfeksiyon	43
Resim 8.	KHG irrigasyonu sonrası Er,Cr:YSGG lazerle dezenfeksiyon	44
Resim 9.	NaOCl' nin Er,Cr: YSGG lazerle ile aktivasyonu	45
Resim 10.	KHG' nin Er,Cr: YSGG lazerle ile aktivasyonu	46
Resim 11.	NaOCl ile pasif ultrasonik irrigasyon	47
Resim 12.	KHG ile pasif ultrasonik irrigasyon	48
Resim 13.	Fotoaktif dezenfeksiyon	49

KISALTMALAR, SİMGELER ve FORMÜLLER DİZİNİ

Kısaltmalar

CFU/ml	Colony Forming Unit/ mililitre
CHX	Chlorhexidine gluconate
CLSM	Konfokal Lazer Tarama Mikroskobu
E.faecalis	Enterococcus faecalis
EDTA	Etilendiamin Tetraasetik Asit
EPM	Ekstrasellüler Polimerik Madde
Er, Cr: YSGG	Erbium, Chromium: Yttrium-Scandium- Gallium- Garnet
Er, YAG	Erbium: Yttrium- Aluminium- Garnet
FAD	Fotoaktif Dezenfeksiyon
FDT	Fotodinamik Terapi
HEBP	Hidroksi Etilidin Bifosfonat
Ho: YAG	Holmium: Yttrium-Aluminium- Garnet
KHG	Klorheksidin glukonat
LAİ	Lazerle Aktive İrrigasyon
LPS	Lipopolisakkarit
MHA	Mueller-Hinton Agar
MTAD	Mixture of Tetracycline Asetic Asid
Nd:YAG	Neodymium-doped: Yttrium- Aluminium- Garnet
PCR	Polimeraz Zincir Reaksiyonu
PIPS	Photon initiated photoacoustic streaming
PUI	Pasif Ultrasonik İrrigasyon
RFT	Radial Firing Tip
SEM	Taramalı Elektron Mikroskop
TBO	Toloudin Mavisi
TSB	Tryptic Soy Broth

Simgeler

°C	Santigrat derece
g	Gram
Hz	Hertz
ml	Mililitre
µl	Mikrolitre
µm	Mikrometre
N	Newton
nm	Nanometre
W	Watt

Formüller

CO₂	Karbondioksit
H₂O₂	Hidrojen Peroksit
NaOCl	Sodyum Hipoklorit

ÖZET

Er,Cr: YSGG Lazer, Fotoaktif Dezenfeksiyon, Konvansiyonel ve Pasif Ultrasonik İrrigasyonun Enterococcus Faecalis Üzerine Antimikrobiyal Etkisi

Bu çalışmanın amacı, sodyum hipoklorit (NaOCl) ve klorheksidin glukonat (KHG) solüsyonlarının Er,Cr: YSGG lazer ile aktivasyonlarının birbirleriyle ve diğer dezenfeksiyon protokolleri ile karşılaştırarak, başarısız endodontik tedavilerden sorumlu *Enterococcus faecalis* ile mücadelede en etkili olan protokolü bulmaktır.

Çalışmamızda 94 adet çekilmiş tek köklü dişlerin kök kanalları ProTaper eğeleri ile prepare edilip, sterilize edildikten sonra *E. faecalis* süspansiyonu ile 4 hafta inkübe edildi. Daha sonra dişler her deney grubu onar dişten oluşacak şekilde rastgele 9 gruba ayrıldı: G1a, NaOCl ile standart irrigasyon; G1b, KHG ile standart irrigasyon; G2a, NaOCl irrigasyonunu takiben Er,Cr:YSGG lazer ile dezenfeksiyon; G2b, KHG irrigasyonu sonrası Er, Cr:YSGG lazer ile dezenfeksiyon; G3a, NaOCl' nin Er,Cr: YSGG lazer ile aktivasyonu; G3b, KHG'nin Er,Cr: YSGG lazer ile aktivasyonu ve G4a, NaOCl'nin pasif ultrasonik irrigasyon (PUİ) ile aktivasyonu; G4b, KHG'nin PUİ ile aktivasyonu; G5, fotoaktif dezenfeksiyon. Ayrıca, pozitif ($n=2$) ve negatif ($n=2$) kontrol grupları oluşturuldu. Protokoller tamamlandıktan sonra kök kanalları steril fosfat tamponlu salin ile doldurulup kağıt konlarla bakteriyel örnekler alındı, MHA besiyeri içeren plaklara ekimler yapıldı ve besiyerleri üzerinde üreyen koloniler sayılarak canlı bakteriler hesaplandı. Test sonuçları Kruskal Wallis H testi ve Miller'in çoklu karşılaştırma tekniği kullanılarak değerlendirildi.

Fotoaktif dezenfeksiyon yönteminin, KHG irrigasyonu sonrası Er,Cr:YSGG lazer kullanımına, NaOCl'nin Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyonuna ve her iki solüsyonun PUİ' sine kıyasla daha başarısız olduğu görüldü ($p<0.05$).

Anahtar Sözcükler: Dezenfeksiyon, klorheksidin glukonat, lazer, fotoaktif dezenfeksiyon, *Enterococcus faecalis*

SUMMARY

Antimicrobial Effects of Er,Cr:YSGG Laser, Photoactive Disinfection, Conventional Irrigation and Passive Ultrasonic Irrigation on *Enterococcus faecalis*

The aim of this study is to compare the activations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate solutions with Er,Cr: YSGG laser and check against the other disinfection protocols, and to find the most effective protocol for *Enterococcus faecalis* which is responsible for failed root canal treatments.

In our study, 94 extracted human single-rooted teeth's root canals were prepared by using ProTaper files, sterilized and contaminated with *E. faecalis* suspension for 4 weeks. They were then randomly divided into nine groups of ten teeth each: G1a: conventional irrigation with sodium hypochlorite (NaOCl); G1b, conventional irrigation with chlorhexidine gluconate (CHX); G2a, NaOCl irrigation and then Er,Cr: YSGG laser disinfection; G2b, CHX irrigation and then Er,Cr:YSGG laser disinfection; G3a, NaOCl activation with Er,Cr: YSGG laser; G3b, CHX activation with Er,Cr:YSGG laser; G4a, passive ultrasonic irrigation with NaOCl; G4b, passive ultrasonic irrigation with CHX and G5, photoactive disinfection. Additionally, positive ($n=2$) and negative control groups ($n=2$) were created. Following treatment, bacterial samples were collected with paper points and disinfecting efficacy of the groups was tested by counting viable *E. faecalis* on MHA plates. The colony forming unit (CFU) values were compared between groups using Kruskal Wallis H test and Miller's multiple comparison technique.

The photoactive disinfection was significantly less effective than CHX irrigation and then Er,Cr:YSGG laser disinfection, NaOCl activation with Er,Cr:YSGG laser and passive ultrasonic irrigation of both irrigation solutions in reducing CFUs ($p<0.05$).

Keywords: chlorhexidine digluconate, lasers, disinfection, *Enterococcus faecalis*

3. GİRİŞ ve AMAÇ

Endodontik tedavinin amacı, ilgili dişin sağlıklı bir şekilde fonksiyonda kalabilmesi için apikal periodontitis gelişimini önlemek, şayet gelişmişse onu ortadan kaldırmaktır. Bu amaca ulaşmak için vital pulpa tedavileri, pulpektomi, kök kanal tedavisi veya endodontik cerrahi işlemlerden herhangi biri veya bir kaç uygulanabilir. Kök kanal tedavisine rağmen semptomların kaybolmaması veya sonradan ortaya çıkması "tedavi sonrası apikal periodontitis" olarak adlandırılır (1).

Tedavi sonrası apikal periodontitis sıklıkla kök kanal enfeksiyonunun elimine edilmesi için kabul edilen standartlara uyulmayan endodontik tedavilerden sonra gözlenir (2, 3). Tedavi sonrası apikal periodontitisin başlıca etkeni, kök kanal sistemi içindeki mikrobiyal enfeksiyonun devamlılığıdır. Tedaviye direnç gösteren ve persistan periradiküler enflamasyona neden olan bakteriler, genellikle kök kanal sistemi içinde enstrüman ve irriganların ulaşmalarının zor olduğu alanlarda bulunmakta ve sıklıkla periradiküler dokulardaki bir besin kaynağı ile direk temas halindedirler. Bakterilerin bulunduğu bu alanlar kök kanalının apikal kısmı, lateral kanallar, apikal dallanmalar, istmuslar ve dentin tübülleri (1, 4, 5).

Yetersiz aseptik kontrol, zayıf giriş kavitesi dizaynı, gözden kaçan kanallar, yetersiz enstrümantasyon ve zayıf geçici ya da kalıcı restorasyonlar periradiküler hastalığın devam etmesine neden olan problemlerdir. Bazen prosedürlere tam olarak uyulduğunda bile kök kanal sisteminin karmaşıklığından ötürü enfeksiyon elimine edilemeyebilir ve apikal periodontitis asemptomatik radyolusensi şeklinde devam edebilir (6, 7).

Tedavi sonrası endodontik hastalıkların mikrobiyal doğası primer kök kanal enfeksiyonlarından oldukça farklıdır. Primer kök kanal enfeksiyonları genellikle gram negatif anaerobik mikroorganizmaların baskın olduğu mix enfeksiyonlardır. Tedavi sonrası endodontik hastalıklardaki flora ise genellikle fakültatif ya da anaerob gram pozitif bir ya da bir kaç bakterinin kompozisyonunu içerir (8).

E. faecalis endodontik tedavi sonrası görülen hastalığın etyolojisinde sıklıkla rol alan bir bakteridir. *E. faecalis* zincirlerinin biyofilm oluşturma potansiyeli ve değişen çevre koşullarına adaptasyon yeteneği vardır (9). Ayrıca birçok antimikrobiyal ajana dirençlidir ve konvansiyonel olarak uzaklaştırılması oldukça zordur (8).

Endodontik tedavide başarıya ulaşabilmek için vital veya nekrotik pulpa artıklarının, mikroorganizmaların ve mikrobiyal toksinlerin kök kanal sisteminden uzaklaştırılması esastır (10, 11). Kök kanal sisteminin karmaşık morfolojisinden (isthmuslar, lateral kanallar) ötürü sadece mekanik preparasyonla bu amaca ulaşmak neredeyse imkansızdır. Bu sebeple irrigasyon kök kanal debridmanının temel unsurlarından biridir. Ancak, en yüksek teknik standartlar kullanılsa bile kemomekanik preparasyon sonrası kök kanalının mikroorganizmalardan tamamen temizlenemediği pek çok çalışmada gösterilmiştir (8). Teknolojik ilerlemelere paralel olarak kök kanal sisteminin daha iyi dezenfeksiyonu için yeni antimikrobiyal stratejilerin geliştirilmesine devam edilmektedir.

Günümüzde kök kanallarının dezenfeksiyonunu arttırmak için lazerlerin kullanımı önerilmektedir. Lazer enerjisinin dentinal dokulara penetre olabilesinden ötürü, lazerler kök kanal sisteminde ulaşılamayan bölgelere erişmeyi sağlayabilirler (12). Literatürde lazerlerin kanal içi antimikrobiyal etkinlikleri ile ilgili birçok çalışma mevcuttur (13-17).

Lazerle aktive edilen irrigasyon (LAI), erbium lazerlerle yapılan ve irrigasyon solüsyonunu aktive eden bir yöntem olarak tanımlanır (18). İrrigantların lazerle aktivasyonu kavitasyon ve geniş eliptik gaz kabarcıkları oluşturur, bu kabarcıklar genişlerken basıncın artmasına ve sıvının kanal içerisinde yükselmesine neden olur. Hızla büzülmenin gerçekleşmesiyle ise basınç düşer ve sıvı kanal içerisine geri gelerek sekonder kavitasyon etkisi oluşturur. Dolayısıyla lazer bir nevi sıvı pompası gibi çalışır (19).

Er,Cr:YSGG su tarafından oldukça yüksek absorbe olabilen 2780 nm dalga boyuna sahiptir. Bu lazer endodontik kullanım için özel olarak üretilmiş farklı çap ve uzunluklarda ince ve esnek fiber uçlarla kullanılmaktadır. Kullandığı hidrokinetik enerji sayesinde çevre dokuya termal hasar vermeden kök kanal sisteminin dezenfeksiyonunu arttırdığı gösterilmiştir (15, 20).

Bu çalışmanın amacı, endodontide yaygın olarak kullanılan irrigasyon solüsyonlarının Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyonlarını birbirleriyle ve diğer dezenfeksiyon protokolleri ile karşılaştırarak, başarısız endodontik tedavilerden sorumlu *E. faecalis* ile mücadelede etkinliklerini incelemektir.

4. GENEL BİLGİLER

4.1. Endodontik Enfeksiyonlar

4.1.1. Kök Kanallarının Mikrobiyolojisi

Kök kanal sistemindeki mikrobiyal kontaminasyon apikal periodontitisin başlıca etkenidir. Kimyasal ve fiziksel faktörler de periradiküler enflamasyonu indüklemesine rağmen, apikal periodontitisin farklı formlarının ilerlemesi ve devam etmesi için mikroorganizmaların olaya müdahil olmasının şart olduğu bilimsel olarak kanıtlanmıştır (21, 22). 1965 yılında Kakehashi ve ark. (21) laboratuvar ratlarında gerçekleştirdikleri klasik çalışmalarında bu durumu açıklamışlardır. Çevresel koşulların kontrol altına alındığı bu çalışmada konvansiyonel ratlar ve bakteriden yoksun ratların molar dişlerinin pulparları ekspoz edilmiştir. Konvansiyonel ratlar normal mikrofloraya maruz kalırken, bakteriden yoksun ratlar tamamen steril bir çevrede steril besinlerle beslenmiştir. Her iki deney grubundaki ratlar belirli zaman aralıklarında feda edilerek dişler histolojik olarak incelenmiştir. Konvansiyonel ratlarda pulpa ekspozunu takiben sekizinci günde bakteriyel invazyon nedeniyle nekroz gelişimi ve kronik enflamasyonla karakterize periapikal lezyon oluşumu gözlenmiştir. Bakteriden yoksun ratlarda ise histolojik olarak minimal pulpal enflamasyon izlenmiş ve daha önemlisi perapikal patoloji gelişmemiş olup pulpa tavanındaki perforasyonlarda 14 günde tersiyer dentin oluşmaya başlamıştır.

Moller ve ark. (22), 1981 yılında maymunlarda yaptıkları çalışmada ise 78 diş klinik, radyografik, mikrobiyolojik ve histolojik olarak incelemişlerdir. Dişleri devitalize ettikten sonra iki ana gruba ayıran araştırmacılar ilk gruptaki dişlerin pulpa odasını steril bir şekilde kapatırken, ikinci gruptaki dişlerin pulpa odalarını açık bırakarak oral flora ile enfekte etmişlerdir. 6-7 ay sonra dişler incelendiğinde, enfekte olmayan nekrotik pulpa dokusunun periapikal dokularda enflamatuvar reaksiyonları indüklediğini, enfekte dişlerin radyografilerinde ise radyolusensinin gözlendiğini, kanalda püy formasyonu gibi klinik semptomların ortaya çıktığını bildirmişlerdir. Ayrıca, mikrobiyolojik incelemede baskın olarak fakültatif anaerobik streptokoklar ve anaerobik bakteriyel zincirleri tespit etmişler ve histolojik olarak ise tüm enfekte dişlerin periapikal bölgesinde şiddetli enflamatuvar reaksiyon gözlemlemişlerdir.

Endodontik enfeksiyonun gelişiminin başlıca nedeni çürük, travma, periodontal hastalık veya iatrojenik operatif prosedürlerin sonucunda pulpanın nekroze olmasıdır.

Apikal periodontitis enfeksiyöz bir hastalık olduğundan, endodontik tedavinin amacı; gelişen enfeksiyonu ortadan kaldırmak ve mikroorganizmaların kök kanallarını ya da periapikal dokuları tekrardan enfekte etmesini önlemektir. Bu açıdan enfekte bölgedeki mikrobiyal topluluğun özelliklerini bilmek hem hastalık sürecini anlamamızı hem de kök kanal sisteminden olabildiğince fazla sayıda mikroorganizmayı elimine edecek olan etkin tedavi yöntemlerini geliştirmemizi sağlar (23).

Endodontik enfeksiyonlar, hastalığın klinik durumu ve enfeksiyonun tipiyle ilişkili olarak çeşitlilik gösteren polimikrobiyal doğaya sahip enfeksiyonlardır. Kültür ve moleküler biyoloji çalışmaları ışığında, 468 bakteriyel, 1 arkeal ve 9 fungal türün endodontik enfeksiyonların farklı klinik koşullarıyla ilişkili oldukları saptanmıştır. Buna göre primer endodontik enfeksiyonlarda en sık rastlanılan türler sırasıyla; *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, *Proteobacteria*, *Fusobacteria*, *Spirochaetes* ve *Synergistes*'tir (3).

Tedavi sonrası hastalıkta, primer enfeksiyonlara kıyasla mikrobiyal çeşitlilik azalmıştır. Yine kültür ve moleküler biyolojik çalışmalarda kök kanal tedavili dişlerde en sık rastlanılan tür *E. Faecalis* 'tir ve bu bakteri tedavi sonrası hastalıklı dişlerde primer enfeksiyonlara göre 9 kat fazla izlenmektedir. Karşılaşılan diğer mikroorganizmalar; *streptococci* ve bazı anaerobik bakteriyel türlerdir. Ayrıca *Candida albicans* 'ta kök kanallarından sıklıkla izole edilmiştir (3).

Primer endodontik enfeksiyona ve tedavi sonrası hastalığa sahip dişlerde yapılan morfolojik çalışmalarda, kök kanal sisteminin bakteriyel kolonizasyonunun baskın özelliği biyofilm oluşumudur (4, 24). Biyofilm, belirli bir yapısal bütünlük içinde kendi ürettikleri ekstrasellüler polimerik maddeden oluşan bir matriks içine gömülü ve sert yüzeylere sıkıca tutunmuş halde hayatını sürdüren hücrelerle karakterize bir mikrobiyal topluluktur. Biyofilm, mikroorganizmaların çevreye, çevresel strese ve tehlikelere karşı direnmesi ve adapte olabilmesi için en başarılı stratejilerden biridir (4).

Optik ve/veya elektron mikroskopu kullanılarak yapılan araştırmalardan elde edilen kanıtlara göre apikal periodontitis biyofilmin indüklediği bir hastalıktır (7-12). Enfekte kök kanallarındaki biyofilm yapıları ilk olarak Nair tarafından 1987 yılında

gösterilmiştir (25). Araştırmacı transmisyon elektron mikroskobu kullanarak enfekte 31 dişi incelemiş ve kanal içi biyofilmin büyük bir kısmının *koklar, rodlar, filamentler* ve *spiroketlerin* gevşek topluluklarından oluşan bir kitle halinde bulunduğunu belirtmiştir. Amorf materyallerin bakteriler arası boşlukları doldurduğunu belirlemiş ve bunu "bakteriyel orjinli ekstrasellüler matriks" olarak yorumlamıştır (25). Başka bir çalışmada Nair ve ark. (7), kanal tedavili ve apikal periodontitisli mandibular molar dişlerde kök kanalının ulaşılabilen bölgelerinde sıklıkla biyofilm oluşumunu tespit etmişlerdir.

Benzer bir şekilde Molven ve ark. (26), enfekte kök kanallarının apikal 2 mm sini SEM ile değerlendirmişler ve içerisinde *spiroketlerin* dağıldığı *koklar, rodlar* ve *filamentlerin* oluşturduğu mikrokolonileri göstermişlerdir.

Şen ve ark. (27), tedavi edilmeden çekilen apikal periodontitisli dişleri SEM kullanarak incelemişlerdir. Kök kanallarının oldukça enfekte olduğunu ve kök kanalının tüm bölgelerinde mikroorganizmaların dağıldığını gözlemişlerdir. 10 örneğin 4'ünde fungal iplikçikleri saptamışlardır.

Tronstad ve ark. (28), cerrahi müdahaleyle uzaklaştırılan enfekte kök uçlarını SEM ile incelemişler ve köklerin apikal foramene komşu uç kısmının devamlı, düzgün ve çeşitli bakterileri içeren bir tabaka ile kaplı olduğunu gözlemlemişlerdir. Ekstrasellüler materyal ile bir arada bulunan *koklar* ve *rodları* tanımlamışlardır.

Siqueira ve Lopes (29), geniş çürüklere sahip asemptomatik periapikal lezyonlu 26 çekilmiş dişi inceledikleri SEM çalışmasında kök kanalında *koklar* ve *rodlar* gözlerken sadece bir dişte apikal foramenin ötesinde, bir dişte de apikal foramenin yakınında yoğun bakteriyel kümelenmeler tespit etmişlerdir. Kök kanalının yakınındaki ve ötesindeki bakteriyel kolonilerin ekstrüzyonunun diş çekimi esnasında olabileceğini ve gerçek durumu yansıtmayabileceğini ifade etmişlerdir.

Bu çalışmalar, endodontik enfeksiyonlarda kök kanal sisteminde kanal duvarlarını saran biyofilm yapısını ve bakteriyel kolonizasyonun hangi türleri içerdiğinin anlaşılmasını sağlamışlardır. Ana kök kanalıyla bağlantılı apikal dallanmalar, lateral kanallar ve isthmuslarda organize biyofilmlere gömülmüş bakteriyel hücreler izlenmiştir. Dahası, apikal kök yüzeyine yapışan biyofilmlerin tedavi sonrası apikal periodontitisin başlıca nedeni olabileceği de rapor edilmiştir (4).

Mikrobiyal biyofilmin gelişimi başarılı basamakları içeren dinamik bir süreç olarak tanımlanır. İlk basamak, bakteriyel hücrelerin yüzeye tutunmasıdır. Bakteriler sıklıkla yüzeye tutunmalarını teşvik eden tükürük proteinleri, besinler gibi organik moleküllerden oluşan maddelere yapışırlar. Başlangıç tutunma, hücre yüzeyleri ve taban arasındaki zayıf, geri dönüşümlü Van der Waals etkileşimi ile yönetilir. Fimbria, flagella, lipopolisakkarit (LPS) ve eksopolisakkarit içerikler gibi bakteriyel hücre yüzey yapıları geri dönüşümsüz etkileşimde yer alır (15).

İkinci basamak ilk tutunan hücrelerin bölünmesi ve çoğalmasıyla mikrokolonilerin gelişimidir. Mikrokoloniler hızla genişler ve yüzeyi kaplayan ilk tabakanın oluşması için bir araya gelirler. Yüzey üzerinde çok tabakalı hücreler biriktikleri zaman, besinlerin ve sinyal moleküllerinin dağıtımına yardımcı olan su kanallarıyla çevrili makro-koloniler ile karakterize olgun biyofilmin varlığıyla gösterilen oluşumun üçüncü basamağına geçilir. Sonunda, besin yokluğuyla savaşma ya da diğer nişlerin kolonize olması ve yayılması için bazı biyofilm hücreleri tek tek ya da yığınlar halinde ayrılır. Genel olarak, biyofilm dağılımı çevresel değişikliklere bir cevap olarak ve üreme durumlarına bağlı olarak gelişir (15).

Biyofilm oluşumunda farklı gelişim basamaklarıyla yönetilen moleküler mekanizma, farklı bakteriyel türler arasında ve farklı çevresel koşullarda oldukça değişiklik gösterir. Serbest dolaşan planktonik hücrelerin aksine biyofilm hücreleri kendi ürettikleri ekstrasellüler polimerik maddenin (EPM) içerisinde gömülüdürler (15). Bir çok biyofilmde bakteriyel popülasyon kütlenin %10'unu oluştururken, %90'ını EPM matriks oluşturur (30). EPM' nin ana bileşenleri polisakkaritler, proteinler ve ekstrasellüler deoksiribonükleik asittir (DNA). Mikrobiyal toplulukta EPM matriks; biyofilmin yüzeye adezyonu, mekanik stabilite, ekstrasellüler enzimlerin taşınması, biyofilm hücrelerinin yakın ilişkide tutulması, besin kaynağı, biyofilm popülasyonu etrafında su dengesinin devamı, konak bağışıklık hücrelerine karşı koruyucu rol oynama gibi önemli fonksiyonları sürdürür (14).

Bakterilerin planktonik durumdan biyofilm durumuna geçişlerinde, bakteriyel fonksiyonların modifikasyonu dikkat çekmektedir. Biyofilm oluşumu planktonik bakterilerin bir yüzeye tutunmaları ile başlayan dinamik bir olaydır. Bu tutunma, çok sayıda genin değişmiş ekspresyonunu tetiklemekte ve bakterilerin fenotipi

değişmektedir. Dolayısıyla bir yüzeye tutunma bakterilerde kendiliğinden yeni fenotiplerin oluşumuna yol açmaktadır (31).

Biyofilm içerisinde üreyen mikrobiyal toplulukları antimikrobiyal ajanlarla yok etmek zordur. Biyofilm içindeki bakterilerin gelişmesinde, antimikrobiyal ajanlara direnç göstermesinde sorumlu mekanizmalar şunlardır (30, 32):

- EPM nedeniyle antimikrobiyal ajanların penetrasyonunun gecikmesi
- Bakterilerin yakın ilişkisi sonucu meydana gelen DNA değişiminin antibiyotik direncini hızlı bir şekilde transfer etmesi
- Biyofilmin fiziksel yapısının bakterileri immün sistemden koruması
- Biyofilm gelişimi sırasında mikroorganizmalarda meydana gelen fizyolojik değişiklikler ve üreme hızlarının değişimi sonucu antimikrobiyal ajanların mikroorganizma içine penetrasyonunun yavaşlaması
- Biyofilm çevresindeki kimyasal değişiklikler sonucu ortaya çıkan oksijen eksikliğine bağlı bazı antibiyotiklerin engellenmesi ve biriken asidik artıklar pH da değişikliğe sebep olarak antibiyotikler üzerinde ortamda antagonistik etki göstermeleri.

Ricucci ve Siqueira (4), endodontik tedavi edilmiş ve edilmemiş apikal periodontitisli dişlerdeki biyofilm varlığını, biyofilmlerin klinik ve histopatolojik durumlarla ilişkisini incelemişlerdir. Bu çalışmanın bazı önemli bulguları şunlardır :

- Genel olarak, apikal periodontitis gözlenen dişlerin %77'sinin apikal kısımlarında biyofilm gözlenmiştir. Bunların %80'i tedavi edilmemiş, % 74'ü ise tedavi edilmiş kanallardır.
- Morfolojik olarak, kanal içi bakteriyel biyofilm tabakası sıklıkla bir kaç bakteriyel hücre katmanından oluşur. Endodontik biyofilm morfolojisi bireyden bireye farklılık gösterir.

- Apikal kanal duvarlarını kaplayan dentin tübüleri biyofilm yapısının en derin kısmındaki bakteriler tarafından istila edilmiştir. Ayrıca, apikal dallanmalarda, lateral kanallarda ve isthmuslarda da biyofilmler izlenmiştir. Tüm bu alanlara, enstrumanların ve yıkama solüsyonlarının ulaşması zor olduğundan başarılı bir dezenfeksiyonun sağlanması güçtür.
- Küçük ve büyük apikal periodontitis lezyonu görülen dişlerde bakteriyel biyofilmlerin görülme sıklığı sırasıyla %62 ve %82' dir.
- Apikal kistler, abseler ve granülomlarda kanal içi biyofilm görülme sıklığı ise sırasıyla %95, 83 ve 69.5' tir.
- Bakteriler ana kanal lümeninde, dallanmalarda ve isthmuslarda küme halinde veya planktonik olarak nekrotik pulpa dokusu veya sıvılarla karışmış halde izlenebilir.

4.1.2. *Enterococcus faecalis*

Enterokoklar gastrointestinal yol, vajina ve oral kavitenin normal florasının bir parçasıdır. Hastane enfeksiyonlarının %12'sinde görülen, potansiyel insan patojenleri olarak bilinir. Enterokokların çeşitli antibiyotiklere karşı direnç göstermesi ciddi bir terapötik problemdir. Enterokokların neden olduğu tüm enfeksiyonların %80'i *E. faecalis* nedeniyle (33). Marjinal periodontitis ve periradiküler abseleri içeren oral enfeksiyonlarda da yaygın olarak izole edilen Enterokok türü *E. faecalis*'tir (9).

E. faecalis; fakültatif anaerob, fermantatif ve gram pozitif bir koktur. *E. faecalis* hücreleri ovoid biçimde ve 0.5-1 µm çapındadır. Tek başına, çiftler halinde yada kısa zincirler oluşturmuş şekilde görülürler. Çoğu zincir hareketsiz ve hemolitik değildir. Kanlı agar üzerindeki yüzey kolonileri sirküler, pürüzsüz ve bütündür (20). Enterokoklar yüksek alkali pH (9.6) ve tuz konsantrasyonları gibi oldukça zor çevre koşullarına karşı koyabilirler. 10- 45 °C aralığında çoğalabilirler ve 60 °C sıcaklıkta 30 dakika hayatta kalabilirler (34).

E. faecalis; konak hücrelere ve ekstrasellüler matrikse yapışmasını sağlayan, doku invazyonunu kolaylaştıran, bağışıklık sistemini etkileyen ve toksin aracılı hasara sebep olan bir çok virulans faktöre sahiptir (19). *E. faecalis*' in konak hücrelere bağlanabildiği ve konak cevabını değiştirebildiği belirtilmiştir (9). Lenfositlerin etkilerini baskılayarak

da endodontik başarısızlığa neden olabilmektedir (35). *E. faecalis*'in dentine bağlanmayı kolaylaştıran kollajen bağlayıcı protein (Ace) gibi enzimlere sahip olduğu ve dentin tübüllerine penetre olma yeteneğinde olduğu bilinmektedir (36). Böylelikle kemomekanik preparasyon sırasında endodontik enstrumanların ve irrigantların etkisinden kaçabilir (37).

E. faecalis, besin yokluğunda uzun süre canlılığını korur ve ultraviyole irradasyona, ısıya, NaOCl'ye, hidrojen peroksit, etanole ve aside dirençli hale gelebilir (38, 39). *E. faecalis*'in, zor çevresel koşulları tolere edebilmesi ve uyum sağlayabilmesi onu diğer türlerden daha avantajlı konuma getirir. Besinin az ve kök kanal medikamentlerinden kurtulmanın zor olduğu kök kanalı ortamında canlılıklarını devam ettirmeleri, zor koşullarda canlı kalabilme becerilerini göstermektedir (40).

E. faecalis'in apikal foramenden sızan serumu kullanarak çoğalabileceği, diğer taraftan virulans faktörlerinden hyolüronidaz aracılığıyla dentinde bulunan hyalüronattan veya organik kısımca zengin olduğu bilinen smear tabakasından çoğalmak için gerekli enerjiyi elde ettiği düşünülmektedir (40). *E. faecalis* uzun süre açlığa dayanabilme kapasitesine ve uygun besin ortamı oluşunca normal fizyolojisine dönme kapasitesine sahiptir (41).

E. faecalis diğer gram pozitif mikroorganizmalar gibi yüzeyler üzerine tutunma ve biyofilm oluşturma yeteneğine sahip olduğundan ve böylelikle fagositozis, antikorlar ve antimikrobiyallere karşı 1000 kat daha dirençlidirler (42).

E. faecalis, primer endodontik enfeksiyonlar ve tedavi sonrası endodontik enfeksiyonları içeren periradiküler hastalıkların farklı formlarıyla ilişkilidir. Primer endodontik enfeksiyonlarda, *E. faecalis*'in bulunma olasılığı akut periradiküler periodontitis veya akut periradiküler abselere nazaran asemptomatik periradiküler lezyonlarda daha yüksektir. Primer endodontik enfeksiyonların %4-40' ında *E. faecalis* gözlenmiştir (9). Primer endodontik enfeksiyonlara göre tedavi sonrası endodontik enfeksiyonlarda *E. faecalis*' in görülme oranı 9 kat daha fazladır, bu oran %24-77 arasında değişmektedir (3, 9, 43-46). Bu çalışmaların çoğu kültür teknikleri kullanılarak yapılmıştır ancak polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) kullanılarak daha kesin bilgiler edinilmektedir (47). Kültür çalışmaları sonucu elde edilen oran %24-70 iken, PCR kullanılan çalışmalarda bu oran %67-77'dir (9).

E. faecalis belirtilen bu özellikleri dolayısıyla endodontide inatçı bir patojendir ve kök kanallarından uzaklaştırılması güçtür (33).

4.2. Kök Kanallarının Dezenfeksiyonu

Endodontik enfeksiyonların yönetiminde istenilen sonuçlara ulaşabilmek için izlenecek olan tedavi prensibi, problemin tanımı ve etyolojik faktörlerin eliminasyonudur (2). Pulpa ve periapikal lezyonların gelişiminde primer etyolojik faktörün bakteriler olduğu uzun süredir bilindiğinden (21), modern endodontik tedavinin primer amacı enfekte kök kanallarından mikroorganizmaları uzaklaştırmaktır (2). Mekanik enstrumantasyon, irrigasyon ve seanslar arası kanal içi ilaç kullanımının kombinasyonu ile bu amaca ulaşmaya çalışılır (48).

Kök kanallarının karmaşık doğasından ötürü sadece mekanik enstrumantasyonla istenilen dezenfeksiyona ulaşmak zordur. İstmus, fin, ramifikasyon, lateral kanallar ve apikal delta gibi ulaşılması zor alanların varlığı mikroorganizmaların uzaklaştırılmasını engeller (7, 48-50). Ayrıca, mekanik enstrumantasyonun sonunda kök kanallarında hiç temas edilmeyen bölgelerin olduğu bilinmektedir (51, 52). Bu nedenle, mekanik enstrumantasyona ilaveten kanalların kimyasal olarak da temizlenmesi gereklidir. Bu amaçla antimikrobiyal yıkama solüsyonları, çeşitli dezenfeksiyon sistemlerinin ve cihazlarının kullanımı ve kanal içi medikamentlerin kullanımı zorunludur.

4.2.1. İrrigasyon

İrrigasyon; bir vücut boşluğu veya yaranın su ya da ilaçlı bir sıvıyla yıkanması olarak tanımlanır. Mekanik, kimyasal ve biyolojik birçok fonksiyonu yerine getirdiğinden başarılı bir kök kanal tedavisinin anahtar parçasıdır. Mekanik enstrumantasyonla erişilemeyen kök kanal duvarlarına etki etmenin tek yoludur (53).

Yaygın olarak kullanılan irrigasyon solüsyonları (54):

A) Kimyasal ajanlar:

a. Doku çözücü ajanlar: NaOCl

b. Antibakteriyel ajanlar:

i. Bakteriostatik: KHG, bazı antibiyotikler

ii. Bakterisidal: Bazı antibiyotikler, NaOCl

c. Şelasyon ajanları:

i. Zayıf: Hidroksietilidin bifosfonat (HEBP)

ii. Güçlü: Etilendiamin tetraasetik asit (EDTA)

d. Kombine ürünler (doku çözücü ve antibakteriyel etki) :

MTAD, QMix, SmearClear, Tetraclean

B) Doğal ajanlar:

a) Antibakteriyel ajanlar: örn, Yeşil çay, Triphala, hindistan cevizi suyu vb.

4.2.1.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)

NaOCl, yeşilimsi sarı renkli, kuvvetli klor kokusuna sahip, suda eriyen ve ışıkla bozulan bir sıvıdır. Hem okside edici hem de hidrolize edici bir ajandır (55). NaOCl ilk olarak 1789 yılında Percy tarafından Fransa'nın Javelle kentinde sodyum karbonat solüsyonundan klor gazı geçirilerek üretilmiştir. Bu işlemin sonunda "Javelle suyu" olarak bilinen NaOCl'nin zayıf bir solüsyonu elde edilmiştir. Bu solüsyon ve üretim yöntemleri geliştirilerek "Dakin solüsyonu" ve "Eusol" ticari isimleri ile satılan ve hastane antiseptiği olarak kullanılan NaOCl solüsyonları üretilmiştir. Dakin, 1. Dünya Savaşı'nda yaraların irrigasyonunda %0.5'lik NaOCl solüsyonunun kullanımını önermiştir (54). Günümüzde de irrigasyon solüsyonu olarak yaygın bir şekilde kullanılan NaOCl' in endodontide kullanımı ilk defa 1936 yılında Walker tarafından önerilmiştir (56).

NaOCl doku proteinleri ile temas ettiğinde, kısa sürede nitrojen, formaldehit ve asetaldehit açığa çıkar. Peptid bağları kırılır ve proteinler çözülür. Bu süreçte, amino gruptaki (-NH-) hidrojen, klorinle (-N.Cl-) yer değiştirerek antimikrobiyal etkinlikte önemli rolü olan kloramin oluşur. Böylelikle nekrotik doku çözülür ve antimikrobiyal ajan enfekte alanlara daha iyi erişir (54).

Klorin ve amino grubu (NH) arasındaki kloraminasyon reaksiyonu, hücre metabolizmasına müdahale eden kloraminlerin gelişimi ile sonuçlanır. Klorin, güçlü bir oksidandır, temel bakteriyel enzimlerin sülfidril gruplarının geri dönüşümsüz oksidasyonuna sebep olarak ve bakteriyel enzimleri inhibe ederek antibakteriyel etkinlik gösterir (57).

NaOCl aynı zamanda güçlü bir bazdır (pH>11), antimikrobiyal etkinliği bu yüksek pH'ına bağlıdır. NaOCl'nin yüksek pH'ı geri dönüşümsüz enzimatik inhibisyon ile birlikte sitoplazmik membran bütünlüğünün bozulmasına, hücrel metabolizmada biyosentetik değişimler ve lipidik peroksidasyonda fosfolipit degradasyonuna sebep olur (54).

NaOCl, günümüzde endodonti topluluğunda oldukça geniş kabul gören , %0.5- 6 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılan bir irrigandır (53, 54, 58).

Farklı konsantrasyonlardaki NaOCl'nin etkinliği üzerine yapılan önceki çalışmalarda çelişkili bulgular olmasına rağmen, güncel çalışmalarda %1-2'lik solüsyonlardan daha yüksek konsantrasyonlardakilerin daha yüksek fayda sağladıkları doğrulanmıştır (59-62). Yüksek konsantrasyonlardaki NaOCl daha iyi bir doku çözücüdür fakat düşük konsantrasyonlarda yüksek hacimde kullanıldığı zaman da eşit derecede etkilidir (63-65). Yüksek konsantrasyonları düşük konsantrasyonlarına göre daha toksiktir (66), ancak kök kanal sisteminin sınırlı anatomisi, yüksek konsantrasyondaki solüsyonlarının kök kanal tedavisi sırasında düşük bir kaza insidansı ile kullanılmasına izin verir. Genel olarak, eğer kanal içi yıkama için düşük konsantrasyonda kullanılacaksa yüksek hacimde ve sık aralıklarla kullanılması gereklidir (67). NaOCl'nin etkinliği solüsyonun ısısının artırılmasıyla, ajitasyonla veya çalışma süresinin uzatılmasıyla artırılabilir (54). NaOCl'nin ısısının yükseltilmesi doku çözme yeteneğini artırmaktadır. Sirtes ve ark. (68), pulpa dokusunu çözmeye 45 °C' deki %1' lik NaOCl' nin 20 °C' deki %5.25'lik NaOCl solüsyonuyla benzer olduğunu göstermişlerdir.

Stojicic ve ark. (69), ajitasyonla NaOCl'nin yenilenmesinin solüsyonun etkinliğini önemli ölçüde artırdığını bulmuşlardır. NaOCl' nin ultrasonik olarak ajitasyonunun kimyasal reaksiyonları hızlandıracağı, kavitasyon etkisiyle temizleme etkinliğini artıracağı savunulmaktadır (54).

NaOCl'nin bakterilere, sporlara, virüslere ve mantarlara karşı etkili olduğu bilinmektedir. Bazı in vitro çalışmalarda düşük konsantrasyonlarda bile hedef mikroorganizmayı saniyeler içinde öldürebildiği gösterilirken, bazı çalışmalarda aynı mikroorganizmanın öldürülebilmesi için daha uzun süre gerekmiştir (70, 71). Sonuçlardaki farklılıkların deney koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir (54).

Enflamatuar eksuda, doku artıkları, mikrobiyal kitle gibi yapıların varlığı NaOCl'nin etkinliğini azaltmaktadır . Bu sebeple, NaOCl'nin etkinliği için sürekli ve uzun süreli irrigasyon oldukça önemlidir (54).

NaOCl gibi hızlı etkili biosidler bile potansiyellerine erişebilmek için yeterli çalışma zamanına ihtiyaç duyarlar (72). NaOCl'nin doku çözücü ve antibakteriyel kapasitesinden sorumlu olan klorin, stabil değildir ve doku çözünmesinin ilk fazından sonra hızla tükenir (63), bundan dolayı solüsyonun sık sık yenilenmesi gerekir (54). Günümüzde döner alet sistemleri ile gerçekleştirilen şekillendirme yöntemlerinin enstrumantasyon sürecini hızlandırdığı düşünüldüğünde, bu durum göz önünde bulundurulması gereken bir konudur. Belirli bir konsantrasyondaki NaOCl solüsyonunun kök kanal sisteminde optimal kalma süresi hakkında henüz bir konsensus yoktur (58).

NaOCl'nin organik dokuları uzaklaştırma yeteneğinin bir sonucu olarak, bakterilerin dentine bağlanması azaltılabilir (73). Birçok in vitro çalışmada NaOCl'nin mikroorganizmaların biyofilm formlarını elimine etmede etkili bir irrigasyon solüsyonu olduğu gösterilmiştir (74-78).

4.2.1.2. Klorheksidin Glukonat (KHG)

KHG 1940'lı yılların sonlarında İngiltere' de geliştirilmiş ve ilk defa 1953 yılında Birleşik Krallık' da antiseptik krem olarak piyasaya sürülmüştür (58, 66). 1957 yılından bu yana genel dezenfeksiyon, deri, göz ve boğaz enfeksiyonlarında kullanılmaktadır (66, 79).

KHG, polibiguanid ailesinin bir üyesi olup, merkezde heksametilen zinciri ile bağlanan 2 tane simetrik 4-klorofenil halkası ve 2 tane biguanid grubu içerir (54, 80). KHG, geniş spektrumlu bir antimikrobiyal ajandır; gram pozitif ve gram negatif bakteriler ile mantarlara karşı etkilidir (54). KHG pozitif yüklü, hidrofobik ve lipofilik bir molekül olup, bakterilerin hücre membranı üzerindeki lipopolisakkaritler ve fosfolipitler ile etkileşime girerek bir takım aktif ve pasif geçiş mekanizmalarını kullanarak hücre içine penetre olur (81-85). Hücre içine geçişi; mikrobiyal hücre duvarındaki negatif yüklü fosfat grubuyla, molekülün pozitif yüklü yapısının etkileşimi sonucu hücrenin ozmotik dengesinin değişmesiyle hücre duvarının geçirgenliği artar ve KHG molekülü bakteri sitoplazmasına penetre olur (80).

KHG bir bazdır ve tuz halinde stabildir (54, 80). Konsantrasyonuna bağılı olarak KHG hem bakteriostatik hem de bakterisidal etkiye sahip olabilir.

Düşük konsantrasyonlarda, hücrede geri dönüşümsüz bir hasar olmadan, özellikle potasyum ve fosfor gibi düşük moleküler ağırlığa sahip maddelerin salınımına sebep olarak bakteriostatik etki gösterir (54). Yüksek konsantrasyonlarda ise KHG bakterisidaldir; sitoplazmik içeriklerin çökmesiyle hücre ölümü gerçekleşir (54, 86).

KHG molekülünün katyonik doğasından dolayı, oral mukoza gibi anyonik yapılar tarafından absorbe edilebilir (85, 87). KHG; serum veya tükürük, diş yüzeyindeki pelikül, tükürük glikoproteinleri ve müköz membranda bulunan albumin gibi proteinlere geri dönüşümlü bağlanma yeteneğindedir (54, 88-90). KHG ayrıca hidroksiapatit ve diş üzerine adsorbe olabilir (54). KHG'nin geri dönüşümlü bu alım ve salınım reaksiyonu "substantivite" olarak adlandırılan sabit bir antimikrobiyal aktiviteye sebep olur. Bu etki KHG'nin konsantrasyonuna bağılıdır. %0.005-0.05 gibi düşük konsantrasyonlarda, stabil bir tek tabaka KHG diş yüzeyinde şekillenir ve adsorbe olarak, yüzeyin fiziksel ve kimyasal özellikleri değiştirilerek bakteriyel kolonizasyon önlenir veya azaltılabilir. Yüksek konsantrasyonlarda (\geq %2) yüzey üzerinde çok tabakalı KHG birikimiyle bir rezervuar oluşur ve çevrede KHG konsantrasyonu düştüğü zaman hızla tekrar KHG salınımı gerçekleşir (54, 91).

Medikal alanda, KHG'nin %0.12- %2 konsantrasyonları kullanılmaktadır (54). Loe ve Schiott (92), bu konsantrasyonların hem lokal hem de sistemik olarak düşük doku toksisitesine yol açtığını göstermişlerdir. Diş hekimliğinde KHG, çürüklerin ve plak formasyonunun önlenmesinde, periodontal hastalıklarda, operasyonlardan sonra, aftöz lezyonlarda ve dezenfeksiyon amacıyla kullanılmaktadır (54). Endodontide, irrigasyon solüsyonu ve kanal içi ilaç olarak hem in vivo hem de in vitro olarak çalışılmıştır (93-96).

KHG'nin kanal içi mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etkinliği üzerine literatürde pek çok çalışma vardır. NaOCl en sık kullanılan irrigant olduğundan antimikrobiyal etkinliği genellikle NaOCl ile karşılaştırılmıştır.

Clegg ve ark. (73), NaOCl' nin %1, 3 ve 6' lık konsantrasyonları, %2' lik KHG ve BioPure MTAD' nin apikal dentin biyofilmine etkisini karşılaştırdıkları çalışmalarında

%2' lik KHG' nin biyofilmi parçalama yeteneğinde olmadığını fakat canlı bakterileri elimine etmede %6 NaOCl' den sonra ikinci sırada olduğunu gözlemişlerdir.

NaOCl ile KHG'nin antibakteriyel etkinliğini karşılaştıran çalışmaların bulgularına göre, antibakteriyel etkinlikleri arasında genel olarak anlamlı bir fark yoktur (54, 80). Ancak KHG' nin, mikroorganizmaların biyofilm formlarının eliminasyonunda NaOCl' ye göre daha az etkili olduğu söylenebilir (74, 77, 97).

4.2.2. İrrigasyon Ajitasyon Yöntemleri

Vital ve nekrotik pulpa artıklarının, mikroorganizmaların ve mikrobiyal toksinlerin kök kanal sisteminden uzaklaştırılması endodontik başarı için temeldir (10, 11, 98). Kök kanal anatomisinin karmaşık doğasından ötürü tamamen şekillendirilmesi ve mekanik olarak temizlenmesi imkansızdır (67, 99-101). Enstrumanlar kanalın merkezinde çalışır ve doku debris, mikroorganizmalar ve yan ürünlerine sığınak görevi gören lateral kanallar, isthmuslar, cul-de-sac gibi bölgelerde dokunulmayan alanlar kalır (102-106). Enstrumanların ulaşamadığı bu bölgelere erişebilmek amacıyla yapılan irrigasyon kanal debridmanının temelidir (10, 11, 67, 98, 102-112). İrrigasyonun amacı, biyomekanik tedavi süresince mikroorganizmaları, organik ve inorganik artıkları uzaklaştırarak kontamine dentini dezenfekte etmektir (113). İrrigasyonun başarısı; irrigantın etki mekanizmasına ve kanal sistemindeki uzaklaştırılması gereken materyallere ve yapılara temasına bağlıdır (111). Günümüzde, pH'nın düşürülmesi (114, 115), ısının artırılması (68, 116) ve surfaktan eklenerek ıslatma etkinliğinin artırılması (117) gibi yöntemlerin kullanılmasına rağmen ideal irrigantın özelliklerini bünyesinde bulunduran bir irrigant mevcut değildir (107). Bu nedenle, güncel endodonti pratiğinde NaOCl ve EDTA veya KHG gibi irrigantların kombinasyonları kullanılmaktadır (107, 118).

İrrigasyonun etkinliğinin artırılması amacıyla çeşitli ajitasyon yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler, manuel ve mekanik ajitasyon teknikleri olmak üzere genel olarak ikiye ayrılır. Manuel teknikler; şırınga irrigasyonu, fırçalar, manuel dinamik ajitasyonu (gutta perka ile aktivasyon) içerirken, mekanik ajitasyon teknikleri; döner fırçalar, sürekli irrigasyon altındaki döner alet sistemleri, sonik, ultrasonik ve ardışık düzenli basınç oluşturan cihazları içerir (107).

İğneler ve kanüllerle konvansiyonel şırınga irrigasyonu; diş hekimleri ve endodontistler tarafından yaygın olarak kabul edilmektedir. Teknik, irrigantın kök kanalı içerisine çeşitli boyutlardaki iğne yada kanüllerle taşınmasını içerir. İğne kanal içerisinde aşağı yukarı yönde dikey hareket ettirilerek, irrigantın hidrodinamik aktivasyonu sağlanır (107, 119, 120).

Manuel fırçalar; kök kanal irrigantının ajitasyonu veya kanal duvarlarının mekanik debridmanı için tasarlanmıştır. Endodontik kullanım için üretilen spiral fırçalar ile çalışma boyuna ulaşılır ve ileri-geri hareketle kanal duvarları fırçalanır. Bu işlem sırasında fırça kıllarının enstrumante edilemeyen kanal duvarlarına, finlere ve isthmuslara ulaştığı iddia edilmektedir (107, 121, 122).

Manuel dinamik irrigasyon; kök kanalının apikal bölgesine ulaşmayan irrigantın taşınması ve etkili bir hidrodinamik etki için kanala uyumlu bir gutta perka konun 2-3 mm lik ileri geri hareketle uygulanmasını içerir. İyi uyumlu bir gutta perkanın ileri geri hareketle uygulanması ile kanal içerisinde bir basınç meydana gelir ve irrigantın dokunulmayan alanlara taşınması sağlanır. Bu yöntem, rutin klinik pratikte kolay uygulanabilen, maliyeti düşük bir seçenektir (107, 123).

Döner fırçalar; Ruddle tarafından bir döner el aletine mikrofırçaların takılması ile enstrumante kök kanallarından debris ve smear tabakasını kaldırmak için kullanılmıştır. Debridman aşamasında fırça 300 rpm de döner ve kılların preparasyonun düzensizliklerini düzeltmesini sağlar (107). CanalBrush (Coltene Whaledent, Langenau, Almanya) debris ve smear tabakasını uzaklaştırmak için tasarlanan bir fırçadır. Kök kanal kurvatürüne uyum sağlaması amacıyla esnek olarak tasarlanmıştır (107, 124).

Irrigasyon altındaki döner alet sistemleri; döner alet sistemine bağlı bir irrigant taşıyıcı birim içerir. Aktif döner enstrumantasyon sırasında sürekli irrigant ajitasyonu sağlanır (107, 125).

Sonik sistemler; 2-3 kHz'lik frekansta, yüksek amplitudde ve ileri geri hareket üreten sonik enerji ile çalışan cihazları ve bu cihazlara takılan özel uçları içerirler. Ucun titreşimiyle birlikte ileri ve geri kısa vertikal hareketlerle uygulanması güçlü bir hidrodinamik etki yaratır. Dakikada 10000 salınımda optimum temizlik sağlandığı ve smear tabakasıyla biyofilmin parçalanmasının gerçekleştiği gösterilmiştir (107). Konvansiyonel sonik irrigasyon Rispisonic eğelerin MM 1500 sonic cihazlara

(Medidenta International Inc, Woodside, ABD) takılarak yapılmasıyla gerçekleştirilir. Risiposonic eğeler düzensiz açığa sahiptirler ve çentikli olduğundan ajitasyon sırasında kanal duvarlarına zarar verebilirler (107). EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, ABD) sonik irrigasyonda kullanılmak üzere üretilmiş güncel bir cihazdır. Taşınabilir bir başlık ve farklı boyutlarda üç tip polimer uçtan oluşur. Bu uçların esnek ve güçlü olduğu kolay kırılmadığı öne sürülmektedir. Polimer uçlar düz olduğu için dentini kesmeden irrigasyon solüsyonuna belirli bir hız ve kuvvetle hareket kazandırır (107, 124).

Ultrasonikler; sonik cihazlara kıyasla yüksek frekansta (25- 30 kHz) fakat düşük amplitüdde enerji üretirler. İki tip ultrasonik irrigasyon mevcuttur. İlki ultrasonik enstrumantasyon ve irrigasyonun kombinasyonunu içerirken, ikinci tip enstrumantasyon yapmaksızın PUI'yi içerir (107). Ultrasonik irrigasyon cihazlarıyla yapılan preparasyonları karşılaştıran çalışmalarda ultrasoniklerin manuel preparasyona üstünlüğü gösterilememiştir (126-128). Ayrıca, cihazın dentini kesmesini ve kök kanalını şekillendirmesini kontrol etmek zordur. Oldukça düzensiz kanalların oluşturulması kadar strip perforasyonların oluşması da sıktır (129). PUI ise, kök kanal preparasyonu tamamlandıktan sonra kanal içinde irrigasyon solüsyonu varken bir endodontik eğe ya da pürüzsüz iğne şekilli bir enstruman ile kök kanal duvarlarına değmeden ve enstrumantasyon yapılmadan, sadece aletin titreştirilmesi amacıyla uygulanan işlemi tarif eder (107).

Ardışık düzenli basınç oluşturan cihazlar; irrigantın kanal içine taşınması ve uzaklaştırılmasını eş zamanlı olarak sağlarlar (107). Geleneksel şırınga irrigasyonunda iğnenin ucu kanalların apikal sonlanımından ne kadar uzakta konumlanırsa, hava sıkışması nedeniyle irrigantların apikal kısma ulaşması o kadar zor olur (113). Zıt olarak eğer iğnenin ucu apikal foramene fazla yakın konumlanırsa, irrigantın apikalden taşması ve periapikal dokularda şiddetli iatrojenik hatalarla sonuçlanabilmesinin olasılığı artmaktadır. Ardışık düzenli basınç oluşturan cihazlar bu problemin üstesinden gelmek için geliştirilmiştir (107). RinsEndo sistem (Duerr-Dental, Almanya) ve EndoVac sistem (Discus Dental, Culver City, ABD) bu cihazlara örnek olarak verilebilir. RinsEndo sistemde, cihaza adapte bir kanül yardımı ile kök kanalına 1.6 Hz frekansta 65 µl' lik irrigasyon solüsyonu taşınır. İrrigasyon solüsyonu kanal içine iletilirken aynı zamanda kök kanalında bulunan solüsyonu emme işlemi de gerçekleşmektedir. Bu

döngü dakikada 100 kez tekrarlanmaktadır (107). EndoVac sistem ise mikro ve makro kanülden oluşur. Geleneksel irrigasyon yöntemlerinin aksine apikalde negatif basınç oluşturarak, kanalın içindeki solüsyonun apikal yoldan aspirasyonunu sağlar (107, 124).

4.2.2.1. Pasif Ultrasonik İrrigasyon

Ultrasound, sesle benzer doğaya sahip vibrasyon ya da akustik dalgadır fakat frekansı insan kulağının algılayabildiğinden daha yüksektir (yaklaşık olarak 20000 Hz). Ultrasound üretmek için iki temel yöntem vardır. İlki, magnetostriksiyon (mıknatıssal büzülme) ile elektromanyetik enerjinin mekanik enerjiye dönüştürülmesiyle gerçekleşir; ikincisi ise elektriksel şarj uygulandığında boyutunu değiştiren bir kristal kullanan piezoelektrik prensibine dayanır. Kristal deforme olduğu zaman ısı üretmeyen mekanik salınım gerçekleşir (110).

Ultrasonik cihazlar endodonti alanında ilk olarak Richman tarafından 1957 yılında kök kanal debridmanı için kullanılmıştır, 1980 yılında Martin ve ark. endodontik kullanım için ticari olarak temin edilebilen ultrasonik birimi tasarlamışlardır (107, 110).

Yukarıda bahsedildiği gibi literatür iki tip ultrasonik irrigasyon tanımlamaktadır. İlki ultrasonik irrigasyon ve enstrumantasyonun simultane kombinasyonu olan ultrasonik preparasyon, ikincisi ise enstrumantasyon olmadan fonksiyon gören PUI'dir (107, 110).

Ultrasonik irrigasyonun; dentini kesme ve prepare kanalın final şeklinin belirlenmesinde kontrolünün zorluğu, anormal şekillendirme olasılığı ve perforasyon olasıklarından ötürü klinik kullanımı yıllar önce terk edilmiştir (110, 111, 130, 131).

Simultane enstrumantasyon olmadan irrigasyonu tanımlayan PUI terimi ilk olarak Weller ve ark. (132) tarafından 1980 yılında kullanılmıştır. Bu kesici olmayan teknoloji, kök kanal sisteminde düzensiz şekillerin oluşmasını azaltır. PUI' de, ultrasonik dalgalar yoluyla oluşturulan enerji, salınım yapan bir eğe yada düz bir telle kök kanalındaki irriganta iletilir, aktive eğe dentinle temasta değildir ve kesme yapmaz. PUI' de, iki fiziksel olay gerçekleşir; irrigasyon solüsyonunun kavitasyonu ve mikro-dalgalanma (107, 110).

Kavitasyon, ultrasonik alandan gelen enerjiyle güçlendirilen gazla dolu kabarcıkların akustik bir alandaki titreşim hareketidir, buhar kabarcıklarının

oluşturulması veya bir sıvıdaki önceden var olan kabarcıkların genişleme, büzülme ve patlaması olarak ifade edilir (111, 133). Mikroskobik kabarcıklar şekillenir, bozulur ve patlar, bunun sonucunda lokalize alanlarda basınç ve ısı üretimi gerçekleşir (134). Bu mikroskobik kabarcıkların patlaması yüzeye yakın yerlerde gerçekleşirse, yüzeye tutunan materyallerin uzaklaştırılmasını sağlayan hidrodinamik makaslama kuvvetleri oluşur (134, 135).

Akustik dalgalanma, titreşen ege etrafında dairesel ya da girdap şeklindeki hızlı sıvı hareketi olarak tanımlanır. Kök kanalı içerisinde oluşan dalgalanmaya ise akustik mikrodalgalanma denmektedir (111).

PUİ iki farklı şekilde uygulanabilir. Bunlardan ilkinde ultrasonik el aletinden *sürekli irrigasyon* akışı olurken, ikinci yöntemde ise irrigasyon solüsyonunun kanal içerisine şırınga ile taşınmasını takiben ultrasonik ajitasyonun yapıldığı *kesintili irrigasyondur*. Bu teknikte irrigant kök kanalı içerisine şırıngayla taşınır, daha sonra ultrasonik salınım yapan bir enstruman kullanılarak aktive edilir ve her bir ultrasonik aktivasyon döngüsünden sonra kanal içindeki solüsyon yenilenir. Kanalin apikal kısmına taşınan irrigant miktarı hem şırınganın penetrasyonu ile hemde uygulanan irrigant hacminin bilinmesiyle kontrol edilebilir (107).

Literatürde, kök kanal enstrumantasyonundan sonra PUİ kullanımının bakteriyel azalma miktarı yönünden etkisini değerlendiren bir çok çalışma mevcuttur (109, 112, 113, 136-139). Bu çalışmalarda şırınga irrigasyonuna göre PUİ oldukça etkili bulunmuştur. Alınan bu pozitif sonuçlar iki faktörle ilişkili olabilir (140):

1. Yüksek güçteki ultrasonik akustik dalgalanma bakteriyel biyofilmleri parçalayabilir. Kök kanalındaki biyofilmlerin parçalanması sonucu ortaya çıkan planktonik bakteriler irrigasyon solüsyonunun bakterisidal aktivitesine daha yatkın hale gelebilir.
2. Kavitasyon hücre membranlarını geçici olarak zayıflatarak, irrigasyon solüsyonuna karşı mikroorganizmaları daha geçirgen yapabilir.

Ancak, bazı çalışmalar ultrasonik aktivasyon kullanıldığında da hayatta kalan mikrobiyal koloniler olduğunu göstermektedir (62, 141).

4.2.3. Fotodinamik Terapi (FDT)

FDT, diğerk adıyla "fotodinamik antimikrobiyal kemoterapi" ya da "ışıkla aktive olan dezenfeksiyon sistemi" toksik olmayan bir fotosensitize ajanın ışıkla aktivasyonu esasına dayanan bir medikal tedavidir. Oksijen varlığında fotosensitize ajanın ışıkla teması lokalize foto hasar ve hücre ölümüne sebep olan tekli oksijen ve serbest radikaller gibi oksijen türlerinin oluşumuyla sonuçlanır. Klinik olarak bu reaksiyon sitotoksik ve vaskulotoksiktir (142). Fotodinamik etki, fotosensitizerin lokalizasyonu, tipi ve dozuna, inkübasyon zamanına, oksijen varlığına, kullanılan ışık kaynağının dalga boyuna (nm) ve enerji iletimine bağlıdır (143).

FDT, tıpta kanser tedavileri, cerrahi, radyoterapi ve kemoterapide kullanılmaktadır. Diş hekimliğinde ise periodontal hastalıklar, oral premalignant ve malignant lezyonlar, oral karsinomalar, ağız içi bakteriyel ve fungal enfeksiyonların tedavisinde, periimplantitis, perikoronitis ve çürük tedavisinde kullanım alanları vardır (142, 143).

FDT üç bileşen içerir: ışık kaynağı, bir fotosensitizer ajan ve oksijen. Fotosensitizer uygulandıktan sonra, spesifik dalga boyuna sahip ışık kaynağının aktive edilmesi üzerine, fotosensitizer düşük enerjili durağan durumdan uyarılmış tekli duruma geçiş yapar. Daha sonra, fotosensitizer floresansın emisyonu ile tekrar durağan durumuna geri dönebilir veya daha yüksek enerjili üçlü evreye geçiş yapabilir. Üçlü evre, tekli oksijen ve diğerk radikal türlerini üretmek için endojenöz oksijenle reaksiyona girer ve hedef dokunun seçici ve hızlı yıkımına sebep olur. Üçlü-evre fotosensitizerin biyomoleküllerle reaksiyonu için iki mekanizma vardır. Tip 1 mekanizma, fotosensitizerden doğrudan elektron/hidrojen transferi sağlar ve bu, iyon üreterek ya da bir substrat molekülden elektron/hidrojen kopararak serbest radikaller oluşturur. Bu radikaller hızla oksijenle reaksiyona girer ve süperoksit, hidroksil radikalleri, hidrojen peroksit gibi oldukça reaktif oksijen türleri açığa çıkar. Tip 2 reaksiyonlar, elektronik olarak uyarılmış ve tekli oksijen olarak bilinen oksijenin oldukça reaktif fazının üretimini içerir (142).

Açığa çıkan sitotoksik ürünlerin bakterisidal etkisi hücre ölümüyle sonuçlanan 2 ana faktöre bağlıdır. Hücre plazma membranının ve hücre DNA'sının hasarı (144, 145). FDT' nin bu etkisi fotokimyasal bir olay olup, termal etkisinin olmaması onun

periradiküler dokularda termal yan etkiye yol açmamasını sağlayan avantajlarından biridir (146, 147).

FDT, bakteriler, mantarlar, virüsler ve protozoalar üzerinde etkilidir. Serbest oksijen radikalleri mikrobiyal hücrelerde çeşitli hücre yapılarıyla ve farklı metabolik yollarla etkileşimde buldukları için bu sisteme karşı direnç gelişimi olası değildir. Bu nedenle, FDT sisteminin tekrarlayan uygulamaları dirençli suşların gelişimine neden olmamaktadır. Bakterilerin serbest oksijen parçacıklarının neden olduğu sitotoksik etkiye karşı direnç geliştirmeleri olası değildir (142).

Fotosensitizer ajanların antimikrobiyal etkileri serbest oksijen molekülü aracılığıyla gerçekleşmektedir. Serbest oksijen, yüksek kimyasal reaktivitesinden dolayı ekstrasellüler moleküller üzerinde direkt etki göstermektedir. Dolayısıyla bakteriyel biyofilmlerin ekzopolisakkarit matrikslerinde bulunan polisakkaritler de bu tedaviye duyarlıdır (142).

FDT' nin endodontik tedavideki rolü farklı fotosensitizer ve ışık kaynaklarının kombinasyonları kullanılarak test edilmiştir ve farklı sonuçlar elde edilmiştir (148-152). Nunes ve ark. (148) *E. faecalis*'e karşı FDT, %1'lik NaOCl irrigasyonu ve kontrol gruplarını karşılaştırmışlar ve NaOCl irrigasyonunun FDT' ye göre daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Rios ve ark. (149), %6 NaOCl, toluidin mavisi, LED ile irradyasyon, FDT ve %6 NaOCl+FDT kullanımının *E. faecalis*'e karşı etkinliğini karşılaştırmışlar ve FDT+%6 NaOCl grubunun daha üstün olduğunu bulmuşlardır.

Garcez ve ark. (150) yaptıkları klinik çalışmada endodontik tedavi öncesi, sonrası ve FDT ile gerçekleştirilen endodontik tedavi sonrası 21 hastadaki 30 tek köklü dişi incelemişler ve FDT kullanılan grubun diğer gruplara göre daha üstün olduğunu bulmuşlardır.

Ng ve ark. (151), periradiküler radyolusensi ve nekrotik pulpaya sahip yeni çekilmiş 52 dişte %6 NaOCl ile yapılan kemomekanik debridman ile kemomekanik debridmana ilaveten FDT kullanımını karşılaştırmışlar ve FDT'nin kök kanal sistemindeki bakterileri önemli ölçüde azalttığını bulmuşlardır.

Souza ve ark. (152), 70 adet çekilmiş dişi *E. faecalis* ile enfekte etmişler ve dişleri iki gruba ayırarak bir kısmının enstrumantasyonunu %2,5' lik NaOCl ile ve bir kısmının da %0,85'lik NaCl ile tamamladıktan sonra dişleri 4 deneysel gruba ayırmışlardır. Metilen mavisi+ NaOCl, toluidin mavisi+NaOCl, metilen mavisi+NaCl, toluidin mavisi+NaCl. FDT'nin NaOCl' in irrigasyon solüsyonu olarak kullanıldığı kemomekanik preparasyondan sonra dezenfeksiyonu arttırmadığını gözlemlemişlerdir.

Kök kanal sistemindeki bakterilerin türleri ve üreme modlarının doza bağımlı bir yaklaşımla FDT' ye yatkınlıklarını etkilediği bulunmuştur. Ayrıca dentin, dentin matriks, pulpa dokusu, bakteriyel lipopolisakkaritin FDT'nin antimikrobiyal etkinliğini önemli ölçüde azalttığı ileri sürülmüştür (153).

4.2.3.1. Fotosan Sistemi

Fotosan sistemi, ışıkla aktive olan fotosensitizerler kullanılarak dental tedavilerde dezenfeksiyon yapılmasını sağlayan bir FDT'dir. Fotosan sistemi, kök kanallarının dezenfeksiyonunda, periodontal tedavilerde, periimplantitiste, gingivitis ve perikoronitis tedavisinde kullanılmaktadır.

Fotosan sistemi 3 adet fotosensitizer ajan (düşük, orta ve yüksek viskozite) ve LED ışık cihazından oluşur. Üretici firmanın önerisine göre endodontik tedavilerde düşük viskoziteli fotosensitizer ajan kullanılmalıdır (154).

Fotosan sisteminin prensibinde, fotosensitizer mikroorganizmaların yüzeyine bağlanır, uygulanan ışığı spesifik bir spektrumda absorbe ederek enerji ile dolar. Alınan enerji, mevcut oksijeni reaktif oksijen parçacıklarına ayırır. Bu reaktif oksijen parçacıkları mikroorganizmaların hücresel yapılarına saldırarak ani ölümlerine neden olur (155).

Anında etki göstermesi, tüm mikroorganizmalar üzerine etkili olması, direnç oluşturmaması, yan etkisinin olmaması, hızlı ve kolay uygulanabilir olması, basit bir şekilde uygulanabilmesi ve tedavi maliyetinin düşük olması üretici firmanın belirttiği avantajlarıdır. Dezavantajları ise tedavinin etkili olabilmesi için fotosensitizer ajanların hedef mikroorganizmalarla doğrudan temas etmesi ve ışığın ajanı aktive edebilmesi için fiziksel olarak ulaşması zorunluluğudur (155).

Rios ve ark. (149), *E. faecalis* ile enfekte edilen çekilmiş insan dişlerinde %6 NaOCl, toluidin mavisi, salin ve toluidin mavisinin FDT'si ve NaOCl irrigasyonu sonrası TBO'nun FDT kullanımını dezenfeksiyon etkinliği açısından kıyaslamışlardır. Araştırmacılar çalışmalarında FDT sistemi olarak Fotosan kullanmışlardır. NaOCl irrigasyonu sonrası TBO' nun Fotosan kullanılarak aktive edildiği deney grubunda en iyi sonucu almışlardır.

Filipov ve ark. (156), çekilmiş bir insan dişinde *E. faecalis* ve *C. albicans* biyofilmi oluşturduktan sonra Fotosan uygulamışlar ve SEM altında değerlendirmişlerdir. Koronal, orta ve apikal üçlüde mikroorganizmaların azaldığını fakat kök kanalının apikal üçlüsünde mikroorganizmaların gözlemlendiğini rapor etmişlerdir.

Schlafer ve ark. (157), iki aşamalı yürüttükleri çalışmalarının birinci aşamasında *E. coli*, *C. albicans*, *E. faecalis*, *F. nucleatum* ve *S. intermedius*'un planktonik formlarına karşı Fotosan'ın etkinliğini değerlendirmişler ve Fotosan'ın tüm mikroorganizmaların planktonik formlarına karşı etkili olduğunu bulmuşlardır. Araştırmanın ikinci aşamasında ise 80 adet çekilmiş insan dişini prepare edip, steril ettikten sonra *S. intermedius* kültürüyle inoküle etmişler ve Fotosan kullanmışlardır. Negatif kontrol grubuna kıyasla Fotosan kullanılan grupta istatistiksel olarak anlamlı ölçüde bakteriyel azalma gözlemlenmiştir.

Gergova ve ark. (158), kök kanallarında biyofilm oluşturmak için dokuz Gram pozitif, dokuz Gram negatif ve iki fungal zinciri kullandıkları çalışmalarını 300 adet çekilmiş dişte gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar mikrobiyal kontaminasyon sonrası kontrol grubu, Nd:YAG lazer ile dezenfeksiyon, diod lazer grubu, Fotosan grubu (fotosensitizör kullanılan ve kullanılmayan) ve farklı kimyasal maddelerle iyontoforez ve %2 KHG, %2.5 NaOCl ve %30 hidrojen peroksit ile standart irrigasyon olmak üzere deney gruplarını oluşturmuşlardır. Bakteriyel biyofilme karşı NaOCl ve KHG irrigasyonlarının en iyi sonucu verdiklerini, Fotosan kullanımının diğer lazerlere kıyasla daha üstün dezenfeksiyon sağladığını bulmuşlardır.

4.2.4. Lazerler

"Laser", 'Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation' kelimelerinin baş harflerinden oluşan bir kısaltmadır. Lazer fonksiyonu ilk olarak 1917' de Einstein

tarafından tanımlanmıştır. Radyasyon kaynağının enerjisinin aktif bir madde üzerine düşürülüp, yoğunlaştırılarak emilimi ile oluşan çok ince bir spektrumdaki ışık enerjisinin, mekanik optik düzeneklerle arttırılarak başka bir ortama iletilmesi ile elde edilen enerji şeklinde tanımlanmıştır (159). Lazer ışığının rengi elde edildiği maddeye bağlıdır, elde edildikleri maddelerin isimleriyle anılmaktadırlar (160).

Lazerlerin gelişimi ışığın kompozisyonu hakkındaki bilgilerle başlamıştır. Modern fiziğe göre, ışık dalga ya da partiküllerin özellikleriyle birlikte ikili bir doğaya sahiptir ve bu doğa hangi karakterin baskın olacağını belirleyen belli şartlara ve dalgaboyuna bağlıdır. Günümüzde görünebilir spektrumdan ötesine geçen ışık 400-800 nm' ye ulaşır. Ultraviyole ışık daha kısa dalga uzunluğuna yayılır (160).

Optik özelliklerine bağlı olarak hedef dokuyla lazer ışığı arasında dört olası ilişki meydana gelebilir. Bunlardan biri ışığın dokudan yansımadır, böylelikle enerji dokudan uzaklaşır. İkincisi, ışık doku içerisinde saçılabilir, doku tarafından absorbe edilemeden komşu dokulara saçılabilir. Üçüncüsü, özellikle sert doku tedavilerinde önemli olan ışığın hedef doku tarafından absorbe edilmesidir ve dördüncü olarak ışığın enerjisi dokunun içinden geçer ve altındaki dokuya kadar iletilir (160, 161).

Diş hekimliğinde lazer kullanımı, 1960 yılında Maiman'ın ruby lazeri geliştirmesinden kısa bir süre sonra başlamıştır. Stern ve Sognaes ile Goldman ilk kez diş hekimliğinde ruby lazeri kullanan araştırmacılarıdır (162). Diş hekimliğinde lazerler oral cerrahi, periodontoloji, koruyucu diş hekimliği, kozmetik diş hekimliği ve endodonti alanında kullanılmaktadır.

Diş hekimliğinde kullanılan lazer tipleri; argon lazer, diyot lazer, Nd:YAG, Er,Cr:YSGG lazer, Er:YAG lazer, Ho:YAG lazer, KTP lazer ve karbondioksit lazerdir (159).

Endodonti alanında ilk lazer uygulaması Weichmann ve ark. tarafından 1972 yılında rapor edilmiştir (163). Endodontide kullanım alanları dentin hassasiyetinin tedavisi, dentin yapısının modifiye edilmesi, pulpa hastalıklarının teşhisi, kök kanal sisteminin temizlenmesi ve şekillendirilmesi ve endodontik cerrahi uygulamalarıdır (164, 165).

Lazer ışığının karakteristikleri, hedef ile fiber ucun doğrudan temasta olmasına gerek olmaması ve lazer enerjisinin dağılımı sebebiyle dentinin derin alanlarının

dezenfeksiyonunun lazerlerle sağlanabileceği öne sürülmüştür (14). Literatürde kök kanallarının sterilizasyonu için dental lazerlerin kullanıldığı çok sayıda çalışma mevcuttur.

Gordon ve ark. (166), *E. faecalis* ile enfekte dentin örneklerinin sterilizasyonunda Er,Cr:YSGG lazeri kullanmışlar ve lazerin kullanım süresi ve gücü arttırıldığında bakteriyel azalmanın arttığını bulmuşlardır. Hardee ve ark. (167), %0,5 NaOCl irrigasyonu, Nd:YAG lazer ve her ikisinin kombinasyonunun sterilizasyon etkinliklerini karşılaştırmışlar ve hiç bir grupta tam sterilizasyon gözlememişler ancak Nd:YAG lazerin uygulama süresini arttırdıkları zaman %99 oranında sterilizasyon elde etmişlerdir. Kuvvetli ve ark.(168), *E. faecalis* inoküle edilen dişlerde diod lazer, Er:YAG lazer ve %5,25 NaOCl irrigasyonunu karşılaştırmışlar ve Er:YAG lazerin diğer gruplara kıyasla daha az antibakteriyel etkinliği olduğunu bildirmişlerdir .

4.2.4.1. Er,Cr:YSGG Lazerler ile Kök Kanal Dezenfeksiyonu

Er,Cr:YSGG lazerler, erbium lazer ailesinin bir üyesidir. 2780 nm dalga boyunda çalışan, atış ışınlama sistemi ve su buharı/hava karışımından oluşan bir soğutma sisteminden oluşmaktadır. Erbium ve chromium iyonlarına yttrium-scandium-gallium ve garnet solid kristallerinin ilave edildiği aktif ortama sahiptir. Bu dalga boyu, hidroksiapatitin içindeki suyun absorpsiyon dalga boyuna yakın olduğundan, fotoablasyon suyun anında buharlaştığı yerde meydana gelir ve çevreleyen dokuların ablasyonu sağlanır (159).

Er,Cr:YSGG lazer sistemi hidrokinetik enerji kullanmaktadır. Lazer enerjisi, daha yüksek bir hızla atomize su moleküllerini hızlandırmak amacıyla bu moleküllerin arka yüzeyi üzerine enerjinin taşınması için lazer ışının önündeki suyu ve havayı ısıtır. Bu hidrokinetik enerjinin bir sonucu olarak, kök kanallarının dezenfeksiyonunda Er,Cr:YSGG lazerler daha yetenekli olabilir (15).

Er,Cr:YSGG lazerle ilgili ilk çalışmalar dental sert dokularda, osseoz dokularda, apikal ve periodontal cerrahide kullanımına odaklanmıştır (169). Daha sonra bu dalga boyunun kavite preparasyonları ve çürüğün uzaklaştırılmasında (170, 171), kök kanal sisteminin şekillendirilmesi, genişletilmesi, sterilizasyonunda (13, 15, 172) ve smear tabakasının kaldırılmasında da (18, 173) kullanılabileceği iddia edilmiştir.

Er,Cr:YSGG lazer özel olarak üretilmiş ince ve esnek, farklı çaplarda ve uzunlukta fiber uçlarla kullanılır. Konvansiyonel endodontik fiber uçlarla istenilen sonuçlar alınmasına rağmen günümüzde radial firing tips (RFT) Er,Cr:YSGG fiber uçları geliştirilerek kök kanal duvarlarının daha homojenöz irradiasyonu sağlanmıştır. Konvansiyonel uçlarla lazer ışığının büyük bir kısmı düz bir şekilde apekse doğru ulaşırken, 60° lik açıyla birlikte konikal sınırlara sahip RFT uçlarla daha fazla kök kanal duvarı yüzeyine enerji iletilebilmektedir. RFT uçları iki boyuttadır: 275 µm çapında RFT 2 ve 415 µm çapında RFT 3 (169, 174).

Tablo 1. Er, Cr:YSGG cihazı ve özellikleri

Dalgaboyu	2780 nm
Güç	0.1-8.0 W
Pulse repetition rates:frekans	10-50 Hz
Lazer sınıflaması	4
Operasyon voltajı	100-230 VAC
Boyut	10.5 x 19 x 32 in (27 x 48 x 91 cm)
Ağırlık	75 lbs (34 kg)

Er,Cr:YSGG lazerin kök kanallarının dezenfeksiyonundaki etkinliği üzerine bir kaç çalışma yapılmıştır. Schoop ve ark. (171), *E. coli* ve *E. faecalis* üzerine iki farklı güç ayarında kullanılan Er,Cr:YSGG lazerin mikroorganizmaların eliminasyonunda etkili olduğunu bulmuşlardır .

Wang ve ark. (172), iki farklı güç ayarında uygulanan Er,Cr:YSGG, Nd:YAG ve %2,5 NaOCl irrigasyonunu karşılaştırmışlar, her iki lazer sisteminin bakterisidal etkinliğe sahip olduğunu ancak Nd:YAG lazerin daha üstün olduğunu bulmuşlardır.

Eldeniz ve ark. (15), *E. faecalis* ile kontamine kanallarda %3 NaOCl ile Er,Cr:YSGG kullanımını karşılaştırmışlar ve Er,Cr:YSGG lazerin mikrobiyal popülasyonu azalttığını fakat %3 NaOCl irrigasyonu ile tamamen dezenfeksiyonun sağlandığını bulmuşlardır.

Arabat ve ark. (13), *E. faecalis* ile kontamine örneklerde farklı konsantrasyonlardaki NaOCl irrigasyonu ve farklı güç ve zaman ayarlarındaki Er,Cr:YSGG lazer uygulamasını karşılaştırmışlardır. %5 NaOCl irrigasyonunun en

etkili yöntem olduğunu, Er,Cr:YSGG lazerin 60 sn boyunca 2W güç ayarında uygulandığı zaman %5 NaOCl irrigasyonu kadar etkili olduğunu bulmuşlardır.

4.2.4.2. Lazerle Aktive İrrigasyon

Lazerle aktive edilen irrigasyon (LAI), erbium lazerlerle yapılan ve irrigasyon solüsyonunu aktive eden bir yöntem olarak tanımlanır (18). Blanken ve ark. (19) Er,Cr:YSGG lazerini kullandıkları çalışmalarında, lazerin her atımı sonrasında, lazer enerjisinin güçlü absorpsiyonuyla optik ayrışma sonucu sıvının içerisinde kavitasyon oluştuğunu gözlemlemişlerdir. Lazerin sudaki aktivasyonu, geniş eliptik buhar kabarcıklarının oluşmasını sağlar. Bu buhar kabarcıkları, orjinal hacmin 1600 kat fazlasına genişlemesine sebep olur. Bu genişleme yüksek basınç oluşturur ve sıvının kanal içinde yükselmesini sağlar. Kabarcıklar 100-200 µs sonra büzüldüğünde ise basınç düşer ve sıvı kanal içerisine geri gelerek sekonder kavitasyon etkisi oluşturur. Dolayısıyla lazer sıvı pompası gibi çalışır (19).

Sahar-Helft ve ark. (175), *E. faecalis* biyofilmi ile kaplı kök kanallarının yüzey morfolojileri ve mineral içeriklerine çeşitli endodontik irrigasyon solüsyonlarının Er:YAG lazer ile aktivasyonunun etkisini karşılaştırmışlardır. Örnekleri iki ana gruba ayırmışlardır: sadece irrigasyon solüsyonunun kullanıldığı ve irrigasyon solüsyonlarının Er:YAG lazer ile aktive edildiği grup. Çalışmada test edilen solüsyonlar %2 KHG, %17 EDTA ve salin idi. İrrigasyon solüsyonlarının Er:YAG lazer ile aktivasyonunun kök kanal duvarlarından *E. faecalis* biyofilmini uzaklaştırmada etkili olduğunu bulmuşlardır.

De Groot ve ark. (176), lazer aktive irrigasyonun kök kanallarının apikal kısmından dentinal debris uzaklaştırmadaki etkinliklerini test etmişlerdir. %2 NaOCl şırınga irrigasyonu, %2 NaOCl' nin PUI ile aktivasyonu ve %2 NaOCl' nin Er:YAG lazer ile aktivasyonunu karşılaştırmışlar ve Er:YAG kullanılan grubun diğer gruplara kıyasla debris uzaklaştırmada daha etkili olduğunu gözlemlemişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, %2.5 NaOCl ve %2 KHG solüsyonlarının Er,Cr: YSGG lazer ile aktivasyonlarının birbirleriyle ve standart irrigasyon, FDT, PUI ve lazerle sterilizasyon ile karşılaştırarak, başarısız endodontik tedavilerden sorumlu *E. faecalis* ile mücadelede en etkili olan protokolü bulmaktır.

Bildiğimiz kadarıyla İngilizce literatürde NaOCl ile KHG' nin Er,Cr: YSGG lazer ile aktivasyonunun birbirleriyle ve diğer protokollerle *E. faecalis*'e karşı etkinliğini karşılaştıran bir çalışma mevcut değildir. Hipotezimiz, başarısız endodontik tedavilerden sorumlu olan *E. faecalis*'e karşı bu iki protokolün ve diğer protokollerin etkinliğinin birbirlerinden farklı olmayacağı yönündedir.

5. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi ve Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı araştırma laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

5.1. Örneklerin Hazırlanması

Çalışmamızda çürük ya da periodontal nedenlerle çekilmiş 94 adet tek köklü, tek kanallı kesici insan dişi kullanılmıştır. Dişler, eksternal kök yüzeylerindeki doku artıkları uzaklaştırıldıktan sonra kullanılabilecek kadar oda sıcaklığındaki %0.1 timol solüsyonu içerisinde saklanmıştır.

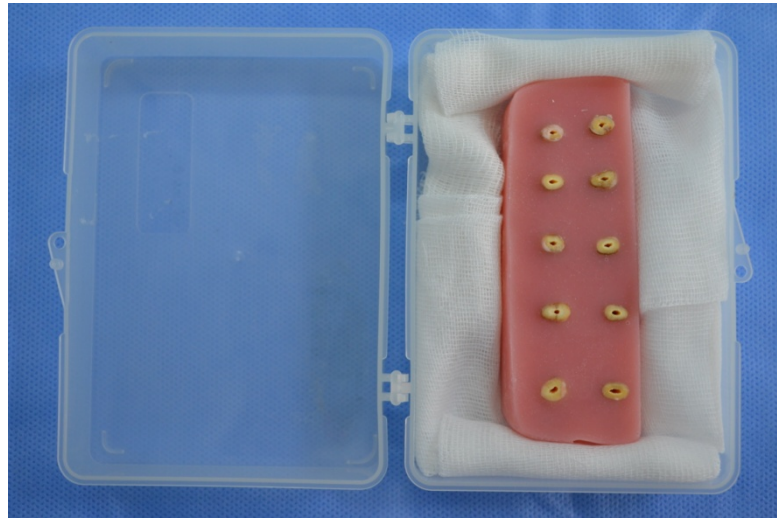
Dişlerin seçiminde açılı röntgenler yardımıyla aşağıdaki kriterler dikkate alınmıştır;

1. Dişlerin tek köklü ve tek kanallı olması,
2. Kök yüzeyinde kırık, çatlak veya çürük olmaması,
3. Kanal açısının Schneider'in sınıflandırmasına göre düz açılı olması (0-10°),
4. Restorasyon ya da kök kanal tedavisi yapılmamış olması,
5. Kanallarda kalsifikasyon ya da rezorpsiyon olmaması,
6. 10 nolu K-tipi eğenin foramen apikaleye kadar ulaşması,
7. Kök oluşumunun tamamlanmış olması.

Kök boyu 15 mm olacak şekilde dişlerin kronları uzaklaştırıldı. Kök ucundan görülen 10 nolu eğe ile ölçülen mesafeden 1 mm kısa olacak şekilde çalışma boyu belirlendi. Sırasıyla 15-20 nolu K tipi eğelerle elle şekillendirme yapılarak glide-path sağlandı. Kök kanalları, ProTaper döner nikel-titanyum kanal eğeleri (Dentsply Mallefer, Ballaigues, İsviçre) kullanılarak üretici firmanın önerileri doğrultusunda 300 devir/dk hızda ve 520 g.cm torkta kullanılarak çalışma boyunda şekillendirildi. SX, S1 ve S2 eğeleri ile koronal ve orta üçlü şekillendirildikten sonra sırasıyla F1, F2 ve F3 nolu eğeler kullanılarak apikal bitirme işlemi tamamlandı. Her bir kanal eğesinin kullanımından sonra kök kanalları 1 mL hacminde %2,5'lik NaOCl (Wizard; Rehber Kimya) ile yıkandı. Son kanal aletinin kullanılmasından sonra kanallar 5 mL %17'lik EDTA (Wizard; Rehber Kimya) ile 1 dk yıkandıktan sonra, 2 mL distile su ve 5 mL

%2,5'lik NaOCl ile final yıkama gerçekleştirildi. Kanal içindeki NaOCl' yi nötralize etmek için 5 mL %5' lik sodyum tiyosülfat (Zag; Bereket Kimya, İstanbul, Türkiye) ile yıkama gerçekleştirildi ve kanallar en son 2 mL distile su ile yıkandı.

Dişlerin kök uçları siyanoakrilat ile kaplandıktan sonra akrilik rezine gömülerek çalışma blokları hazırlandı. Köklerin koronal bölgesinin üst yüzeyinin, akrilik resin maddenin yüzeyi ile aynı seviyede olmasına dikkat edildi. Akrilik resin sertleştikten sonra ağzı kapaklı, otoklavlanabilen plastik taşıyıcı kaplara yerleştirildi. Kapların otoklavda 121 °C' de 1 atm basınç altında 15 dk süreyle sterilizasyonları yapıldı.



Resim 1. Çalışma bloklarının görüntüsü

5.2. Kullanılan Mikroorganizma Suşu ve Besiyerlerinin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan *E. faecalis* (ATCC 29212, American Type Culture Collection) suşu KTÜ Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı laboratuvarlarında bulunan koleksiyondan temin edildi.

Mikroorganizmaların üretimi ve test aşamasında kullanılmak üzere liyofilize besiyerlerinden prospektüslerinde belirtilen oranlar rehberliğinde kültür ortamları hazırlandı. Mueller-Hinton agar (MHA; Oxoid, İngiltere) ve Tryptic Soy Broth (TSB, Oxoid, İngiltere) toz besiyerleri prospektüslerinde belirtilen oranlar dikkate alınarak hassas terazide (Sartorius, Almanya) tartıldı ve distile su içinde manyetik karıştırıcı (Ikamag; Almanya) kullanılarak süspanse edildi. MHA kaynar su banyosu (Mommert; Almanya) içinde ara sıra karıştırılarak agar tamamen çözünene kadar bekletildi. Hazırlanan besiyerleri otoklavda 121 °C' de, 1 atm basınçta, 15 dk tutularak steril edildi.

MHA Pastör fırınında (Heraeus; Almanya) 175 °C' de 1 saat bekletilerek steril edilen 90 mm çapındaki cam petrilere 4 mm kalınlıkta olacak şekilde döküldü. TSB ise steril vida kapaklı cam tüplere ikişer mL olacak şekilde dağıtıldı. Besiyerleri kullanılıncaya kadar buzdolabında kapaklı kutularda saklandı.

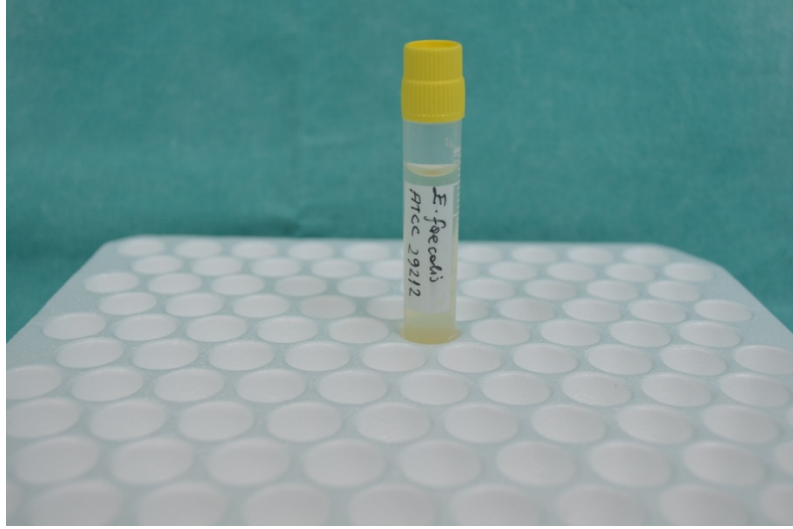
5.3. Mikroorganizmaların Üretilmesi

Eksi 80 °C'deki stoktan çıkarılan *E. faecalis* ATCC 29212 vialli oda ısısında çözüldü ve MHA üzerine ekildi. Üreme gerçekleştiğinde koloni görünümüleri ve boyanma özellikleri değerlendirilerek, stoktaki bakteriyi temsil ettiğine karar verilen birer koloni 2 mL TSB besiyerine aktarıldı. Bulanıklığı McFarland 0.5 oluncaya kadar inkübe edildi. Bu bulanıklıktaki bakteri süspansiyonlarından üzerleri etiketli steril viyalere birer mL aktarılarak -80 °C' ye kaldırıldı.

Bakteri stoklarının kalite kontrolleri için bir gün sonra stok viallerden biri çıkarıldı ve oda ısısında çözüldü. Steril 8 adet 1.5 mL'lik santrifüj tüpüne 0.9'ar mL steril fosfat tamponlu tuzlu su aktarıldı. Stok vialden 100 µL ilk tüpe koyup vortekslendi ve bir sonrakine 100 µL pipetlemek suretiyle bakteri stok solüsyonlarının sulandırımıları hazırlandı. Bu *E. faecalis* sulandırımından MHA' ya 10' ar µL yaygın ekim yapılarak petrilere inkübe edildi. Üremenin ardından stoktaki bakterinin CFU/mL olarak miktarı ve saflığı değerlendirildi.

5.4. Mikroorganizma Süspansiyonlarının Hazırlanması

Deneyden hemen önce -80 °C' deki stok bakteri viallerinden biri çıkarıldı ve oda ısısında çözüldü. Vortekslendikten sonra bu solüsyondan 2 mL TSB' ye 1 mL pipetlendi ve bulanıklığı McFarland 0.5 oluncaya kadar inkübe edildi.



Resim 2. McFarland 0.5 bulanıklığında *E. faecalis* ATCC 29212 suşu

5.5. Kök Kanallarının *E. faecalis* ile Enfekte Edilmesi

Kök kanallarını *E. faecalis* ile enfekte etmek için yeni hazırlanmış McFarland 0.5 bulanıklığındaki bakteri süspansiyonundan onar μL bir otomatik pipet ile kanallara aktarıldı ve steril 30 gauge boyutundaki irrigasyon iğnesi (Kerr; ABD) kullanılarak bakterilerin apikal bölgeye kadar ulaşması sağlandı. Dişlerin kurumasının engellenmesi için taşıyıcı kapların içine nemlendirilmiş pamuk yerleştirildi ve kapakları kapatılarak $37\text{ }^\circ\text{C}$ 'deki etüvde 48 saat inkübe edildi. Bu işlem 4 hafta boyunca gün aşırı devam ettirildi.

5.6. Kontrol Grupları

5.6.1. Negatif Kontrol Grubu

Çalışmamızda sterilizasyonun kontrolü için 2 adet diş örneğinin kök kanallarına $10\ \mu\text{L}$ *E. faecalis* içermeyen steril TSB 30 gauge boyutunda iğne kullanılarak apikal bölgeye kadar ulaştırıldı.

5.6.2. Pozitif kontrol grubu

Biyofilm oluşumunu SEM ile incelemek için 2 adet örneğin kök kanalına $10\ \mu\text{L}$ *E. faecalis* süspansiyonu otomatik pipet ve steril 30 gauge boyutundaki iğne kullanılarak aktarıldı. Dört haftalık ekim süresinden sonra her bir kökün bukkal ve lingual yüzeylerine steril bir metal disk ile longitudinal olarak oluk açılmış ve tüm kök kanalı açığa çıkacak şekilde ikiye ayrıldı ve SEM görüntüsü için hazırlandıktan sonra

KTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü SEM laboratuvarında bulunan JSM-6400 SEM (JEOL, Tokyo, Japonya) altında incelendi.

5.7. Çalışma Grupları

Dört haftalık *E. faecalis* biyofilmi oluşumunu takiben onar dişten oluşan 9 gruba rastgele bir şekilde ayrıldı ve taşıyıcı kaplar etiketlenerek karışmaları engellendi. Kanal dezenfeksiyon işlemleri uygulanmadan önce kök kanallarından S1 mikrobiyal örnekleri alındı. Bu işlem için kök kanalları steril PBS (Phosphate buffered salin, Oxoid) ile ıslatıldı ve içerisine steril 25.02 kağıt kon (DiaDent, Kanada) yerleştirilip 60 sn beklendi. Çıkarılan kağıt kon, içinde 1 mL steril PBS olan Eppendorf tüpleri içerisine aktarıldı. Bu işlem her bir kök kanalı için 3 kez tekrarlandı.

Tüm gruplardan S1 örnekleri alındıktan sonra kanal dezenfeksiyon işlemlerine geçildi.

Grup 1: Standart şırınga irrigasyonu

Standart şırınga irrigasyonu işlemleri; 30 gauge ebadında, ucu kapalı ve yandan delikli irrigasyon iğnesi (KerrHawe SA, Bioggio, İsviçre) ve 2,5 mL' lik şırınga (Aysel A.Ş., İstanbul, Türkiye) kullanılarak yapıldı. Irrigasyon iğnesi kök kanalı içerisinde çalışma boyunca kadar ilerletildi. Irrigasyon işlemi sırasında iğne, kanal içerisinde kök kanal duvarlarına temas etmeden hafifçe yukarı ve aşağı hareket ettirildi.

Grup 1a: 5 mL %2,5' lik NaOCl ile 60 sn irrigasyon gerçekleştirildi ($n=10$).

Grup 1b: 5 mL %2' lik KHG (Consepsis; Ultradent, ABD) ile 60 sn irrigasyon gerçekleştirildi ($n=10$).

Grup 2: Er,Cr: YSGG lazerle dezenfeksiyon

Grup 2a: Grup 1a ile benzer protokolda %2.5' lik 5 ml NaOCl ile 30 sn irrigasyon gerçekleştirildikten sonra, kanallar kağıt konlar ile kurulandı ve Er,Cr:YSGG lazer (Waterlase MD; Biolase Technology, San Clemente, CA, ABD) üretici firmanın önerileri doğrultusunda 0.75W, 20 Hz, %10 hava, H mod, susuz mod dezenfeksiyon ayarlarına getirildi. 200 µm çapındaki RFT2 fiber optik ucu (RFT2 Endolase, Biolase Technology) çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde yerleştirilip kanaldan yukarı doğru yavaş ve takip eden rotasyonel hareketlerle kök kanalından dışarıya doğru

çekilerek lazer aktive edildi. Her kanalda yaklaşık 10 sn'lik süreyle lazer uygulandı. Her dişte bu işlem 3 defa tekrarlanarak toplamda 30 sn lazer uygulaması yapıldı ($n=10$).

Grup 2b: Grup 1b ile benzer protokolde 30 sn irrigasyon gerçekleştirildikten sonra, kanallar kağıt konlar ile kurulandı ve grup 2a'da tanımlanan yöntem ile kanallara Er,Cr:YSGG lazer uygulandı ($n=10$).

Grup 3: Er,Cr: YSGG lazerle aktive irrigasyon

Grup 3a: 5 mL %2.5'lik NaOCl ile 30 sn irrigasyon gerçekleştirildikten ve kanalın içerisi tamamen NaOCl ile doluyken Er,Cr: YSGG lazer uygulandı. RFT2 fiber ucu kanala 4 mm uzunluğunda yerleştirildi ve 30 sn aktive edildi. Bu işlem için lazer cihazı literatürde belirtildiği üzere (49); 0.25W, 20 Hz, %10 hava ve susuz mod ayarlarına getirildi ($n=10$).

Grup 3b: Grup 3a'daki işlemin aynısı %2'lik KHG solüsyonu kullanılarak tekrarlandı ($n=10$).

Grup 4: Pasif ultrasonik irrigasyon

Grup 4a: Kök kanalları 5 mL %2,5 NaOCl ile 30 sn irrigate edildikten sonra, bir piezo elektrik ünit (EMS, Electro Medical Systems, Nyon, İsviçre) kullanılarak PUI gerçekleştirildi. Ultrasonik cihazın ucuna takılı olan 15 nolu paslanmaz çelik bir eğe (Varios U file; Nakanishi Inc., Tochigi, Japonya) çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde yerleştirilerek kanal içindeki NaOCl 30 sn boyunca kısa vertikal hareketlerle kanal duvarlarına dokunulmadan ultrasonik olarak aktive edildi ($n=10$).

Grup 4b: Grup 4a'daki işlemin aynısı %2' lik KHG solüsyonu kullanılarak tekrarlandı ($n=10$).

Dezenfeksiyon protokolleri uygulandıktan sonra, NaOCl kullanılan gruplarda NaOCl'yi nötralize etmek için 5 mL %5' lik sodyum tiyosülfat solüsyonu ile yıkama gerçekleştirildi, sodyum tiyosülfat solüsyonu 5 dk kanalda bekletildi. KHG kullanılan gruplarda, nötralizasyon için 1 dk süre ile 2 mL Tween 80 solüsyonu ile yıkama yapıldıktan sonra 2 mL distile su kullanımını takiben, 2 mL %5 sodyum tiyosülfat ile yıkama yapıp solüsyon 5 dk kanallarda bekletildi.

Grup 5: Fotoaktif Dezenfeksiyon

Bu grupta bir FAD yöntemi olan Fotosan sisteminin (CMS Dental, Kopenhag, Danimarka) kanal içi dezenfeksiyon etkinliği test edildi. Kök kanalları Grup 2a ve b'de olduğu gibi 5 mL %2,5' lik NaOCl ile 30 sn yıkanıp, kağıt konlar ile kurulandıktan sonra üretici firmanın endodontik kullanım için önerdiği şekilde kök kanalları 30 gauge ebadındaki iğne ve 2,5 mL bir enjektör yardımıyla düşük viskoziteli fotosensitizer ajan (toluidin mavisi) ile dolduruldu. Üretici firmanın önerileri doğrultusunda, Fotosan endodontik ucu direnç hissedilene kadar kanal içinde ilerletildikten sonra vibrasyon ile 30 sn ışıkla aktivasyon gerçekleştirildi. İşlem tamamlandıktan sonra kanallar 2 mL distile su ile yıkandı (n=10).

Kanal içi dezenfeksiyon yöntemleri yukarıda anlatıldığı biçimde tüm gruplarda tamamlandıktan sonra S2 mikrobiyal örneklerinin alınması için kanallar steril PBS ile dolduruldu. Steril 15 nolu H tipi eğeler kullanılarak kanal duvarlarındaki olası hayatta kalan bakterilerin solüsyon içine geçmesi sağlandı. Her bir kanal içerisine ardarda üçer adet 25,.02 boyutunda kağıt konlar yerleştirilerek 60' ar sn beklendi. Kağıt kon örnekleri için PBS ile dolu steril 1.5 mL' lik Eppendorf tübüne nakledildi.

5.8. Bakterilerin Sayımı

İçlerinde kağıt konlar bulunan Eppendorf tüpleri iyice vortekslenerek bakterinin sıvı ortama geçişi sağlandı. Bu tüplerden 100'er µl, 0.9 mL PBS içeren steril 1,5 mL santrifüj tüplerine pipetlendi (10^{-1} sulandırım tüpü) ve üzerine ilgili bulunduğu örnek grubu ve numarası yazıldı. Stok örnek tüpü ve 10^{-1} sulandırım tüpünden 10'ar µl MHA besiyerlerinin üzerine pipetlendi ve yayıldı. Petriler 37 °C' de 48 saat inkübe edildikten sonra oluşan koloniler sayıldı ve elde edilen rakam 100 ile çarpılarak kök kanalından toplanan bakteri sayısı belirlendi. Eğer koloniler sayılamayacak kadar yoğunsa 10^{-1} sulandırım tüpünden yapılan ekimdeki üremeler sayıldı ve çıkan rakam 1000 ile çarpıldı.

5.9. İstatistiksel Değerlendirme

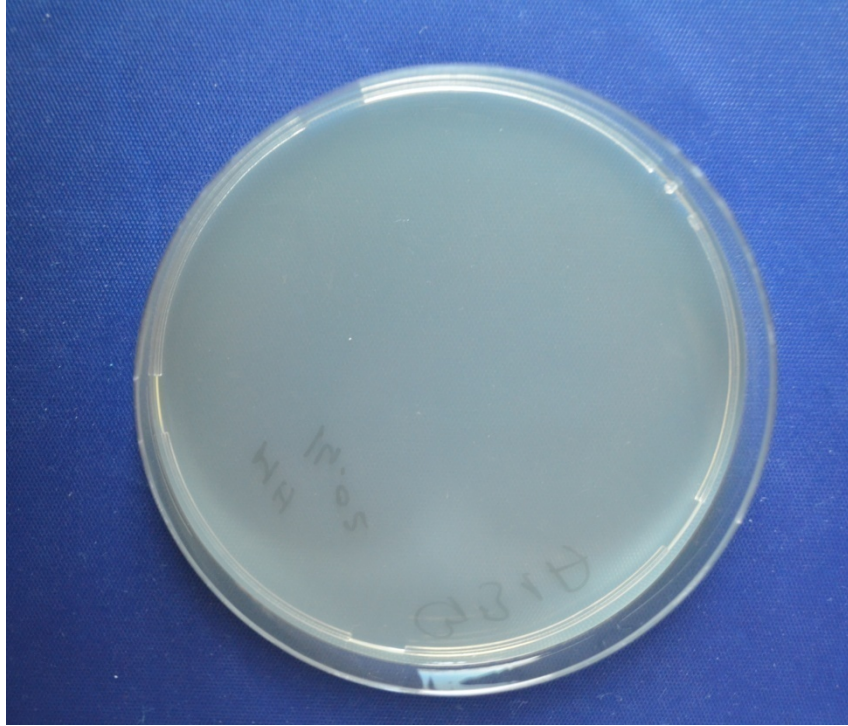
Veriler normal dağılıma uymadığından her bir grubun dezenfeksiyon oranları arasında anlamlı fark olup olmadığını karşılaştırmak için Kruskal Wallis H testi kullanıldı. Kruskal Wallis H Testi sonucunda yokluk hipotezi reddedildiğinde, hangi gruplar arasında fark olduğunun ortaya çıkarılması için Miller (1969) tarafından

geliştirilen çoklu karşılaştırma tekniği kullanıldı. İstatistiksel analiz $p<0.05$ anlamlılık düzeyinde gerçekleştirildi.

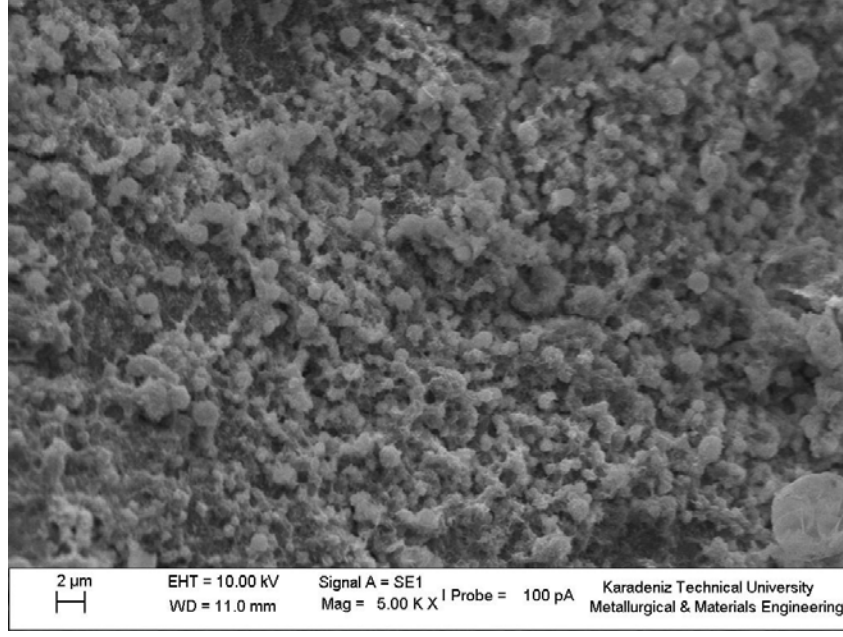
6. BULGULAR

Kruskal Wallis testi için her gruptaki verilere büyüklüklerine göre en küçükten en büyüğe doğru "sıra sayıları" verilir. Bu çalışmada sıra sayıları mikrobiyal azalma yüzdeleri üzerinden verildi. Örneğin, mikrobiyal azalmanın %100 olduğu örneğin sıra sayısı 78 iken daha az oranda mikrobiyal azalma görülen örneklerin sıra sayıları daha düşüktü. Kruskal Wallis testi bulgularına göre $p < 0.05$ olduğunda mikrobiyal azalma yüzdeleri bakımından istatistiksel olarak fark olduğu sonucuna varıldı.

Çalışmamızda negatif kontrol grubundan negatif kültür elde edilmiştir (Resim 3), pozitif kontrol grubundaki örneklerin SEM görüntülerinde ise *E. faecalis* biyofilm oluşumu net bir şekilde izlenmektedir (Resim 4). Bu da deneyin bütün aşamalarının sterilizasyon açısından tamamen güvenilir olduğunu göstermektedir



Resim 3. Negatif kontrol grubu. Alınan mikrobiyal örneğin MHA besiyerine ekiminden sonra üreme olmadığı görünmekte.



Resim 4. Pozitif kontrol grubu. Rastgele seçilen bir örneğin SEM görüntüsü

Grup 1: Standart Şırınga İrrigasyonu

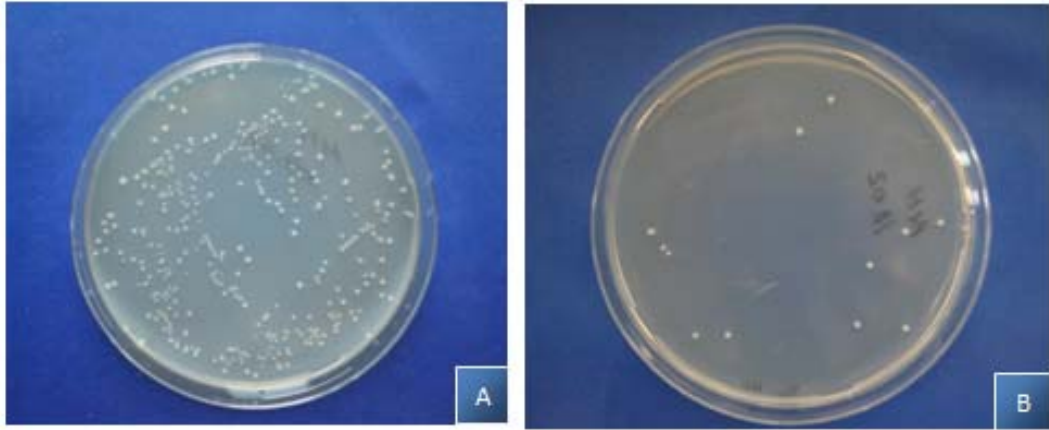
NaOCl kullanılarak standart şırınga irrigasyonu yapılan Grup 1a'da %99.7000 oranında mikrobiyal azalma gözlenmiş olup, ortalama sıra sayısı 37.2 dir (Tablo 2). KHG kullanılan Grup 1b'de ise %99.6092 oranında mikrobiyal azalma gözlendi ve ortalama sıra sayısı 35.5 olarak saptandı (Tablo 3).

Tablo 2. NaOCl ile standart şırınga irrigasyonu. Protokol öncesi (S1) ve sonrası (S2) tespit edilen *E. faecalis* miktarları (CFU/mL), mikrobiyal azalma miktarları (%) ve sıra sayıları.

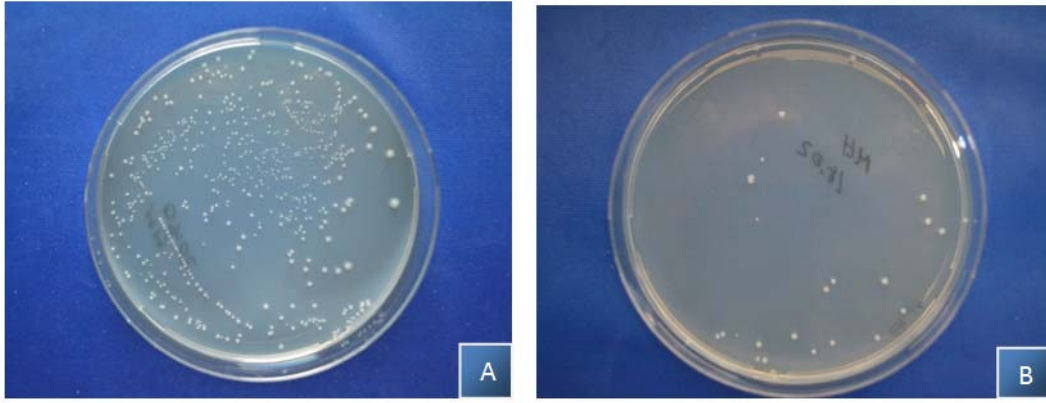
Örnek	S1	S2	Mikrobiyal Azalma (%)	Sıra Sayısı
1	144000	400	99.7222	23
2	105600	500	99.5265	18
3	182400	2400	98.6842	10
4	300800	200	99.9335	40
5	209600	100	99.9522	47
6	440000	1900	99.5681	19
7	305600	0	100	78
8	169600	200	99.8820	35
9	320000	0	100	78
10	148800	400	99.7311	24
Ortalama			99.7000±0.39611	37.2

Tablo 3. KHG ile standart şırınga irrigasyonu. Protokol öncesi (S1) ve sonrası (S2) tespit edilen *E. faecalis* miktarları (CFU/mL), mikrobiyal azalma miktarları (%) ve sıra sayıları

Örnek	S1	S2	Mikrobiyal Azalma (%)	Sıra Sayısı
1	193600	100	99.9483	45
2	326400	0	100	78
3	116800	300	99.7431	25
4	520000	3600	99.3076	17
5	142400	1600	98.8764	12
6	273600	100	99.9634	50
7	112000	200	99.8214	31
8	360000	5200	98.5555	8
9	281600	100	99.9644	51
10	340800	300	99.9119	38
Ortalama			99.6092±0.51771	35.5



Resim 5. NaOCl ile standart şırınga irrigasyonu. Rastgele seçilen bir örneğin MHA besiyeri üzerinde oluşan *E. faecalis* kolonilerinin görüntüsü. A: S1 mikrobiyal örnekleme sonrası, B: S2 mikrobiyal örnekleme sonrası



Resim 6. KHG ile standart şırınga irrigasyonu. Rastgele seçilen bir örneğin MHA besiyeri üzerinde oluşan *E. faecalis* kolonilerinin görüntüsü. A: S1 mikrobiyal örnekleme sonrası, B: S2 mikrobiyal örnekleme sonrası

Grup 2. Er,Cr: YSGG lazerle dezenfeksiyon

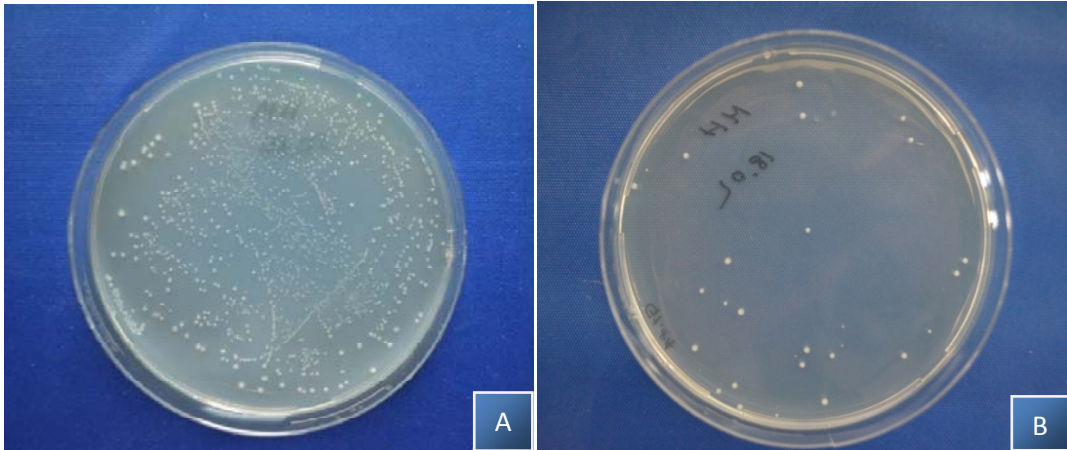
NaOCl ile yıkanıp kağıt konularla kurutulduktan sonra Er,Cr:YSGG lazer ile dezenfeksiyon yapılan Grup 2a'da ki kök kanallarında *E. faecalis* miktarı %99.3209 oranında azalmış olup, bu deney grubunun ortalama sıra sayısı 29.6 dır (Tablo 4). KHG ile yıkanıp kurutulduktan sonra lazer kullanımı sonrası ise mikrobiyal azalma oranı %99.9285 olup, ortalama sıra sayısı 56.1 dir (Tablo 5).

Tablo 4. NaOCl irrigasyonu sonrası Er,Cr:YSGG lazer dezenfeksiyonu. İşlem öncesi (S1) ve sonrası (S2) tespit edilen *E. faecalis* miktarları (CFU/mL), mikrobiyal azalma miktarları (%) ve sıra sayıları.

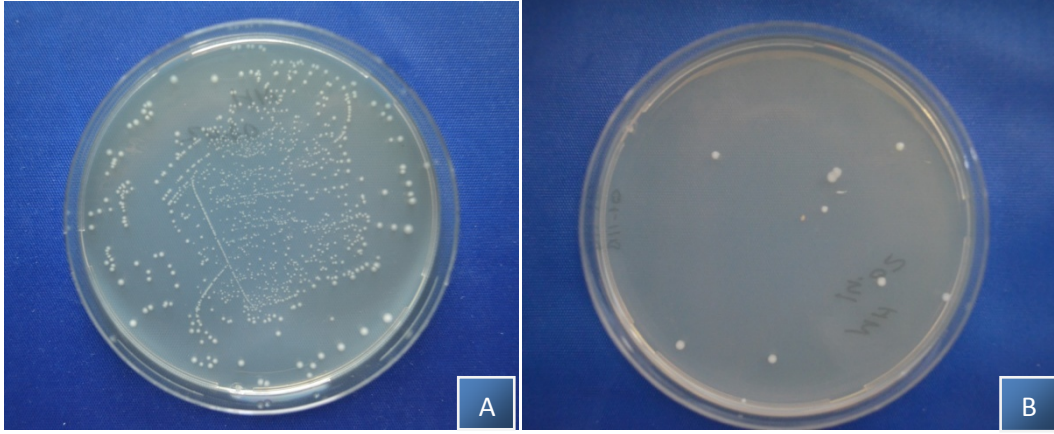
Örnek	S1	S2	Mikrobiyal Azalma (%)	Sıra Sayısı
1	500400	0	100	78
2	480000	14800	96,9166	3
3	604000	7200	98,8079	11
4	392800	900	99,7708	27
5	581600	100	99,9828	62
6	551200	800	99,8548	32
7	677600	5800	99,1440	14
8	589600	4400	98,2537	15
9	547200	2200	99,5979	20
10	250800	300	99,8803	34
Ortalama			99.3209±0.93428	29.6

Tablo 5. KHG irrigasyonu sonrası Er,Cr:YSGG lazer dezenfeksiyonu. İşlem öncesi (S1) ve sonrası (S2) tespit edilen *E. faecalis* miktarları (CFU/mL), mikrobiyal azalma miktarları (%) ve sıra sayıları.

Örnek	S1	S2	Mikrobiyal Azalma (%)	Sıra Sayısı
1	364200	1100	99.6979	22
2	530400	1300	99.7549	26
3	592200	100	99.9831	63
4	487200	100	99.9794	59
5	577200	100	99.9826	61
6	634800	600	99.9054	36
7	495600	0	100	78
8	428400	0	100	78
9	232000	0	100	78
10	550800	100	99.9818	60
Ortalama			99.9285±0.11081	56.1



Resim 7. NaOCl irrigasyonu sonrası Er,Cr: YSGG lazer ile dezenfeksiyon. Rastgele seçilen bir örneğin MHA besiyeri üzerinde oluşan *E. faecalis* kolonilerinin görüntüsü. A: S1 mikrobiyal örnekleme sonrası, B: S2 mikrobiyal örnekleme sonrası



Resim 8. KHG irrigasyonu sonrası Er,Cr:YSGG lazer ile dezenfeksiyon. Rastgele seçilen bir örneğin MHA besiyeri üzerinde oluşan *E. faecalis* kolonilerinin görüntüsü. A: S1 mikrobiyal örnekleme sonrası, B: S2 mikrobiyal örnekleme sonrası

Grup 3: Er,Cr: YSGG lazerle aktive irrigasyon

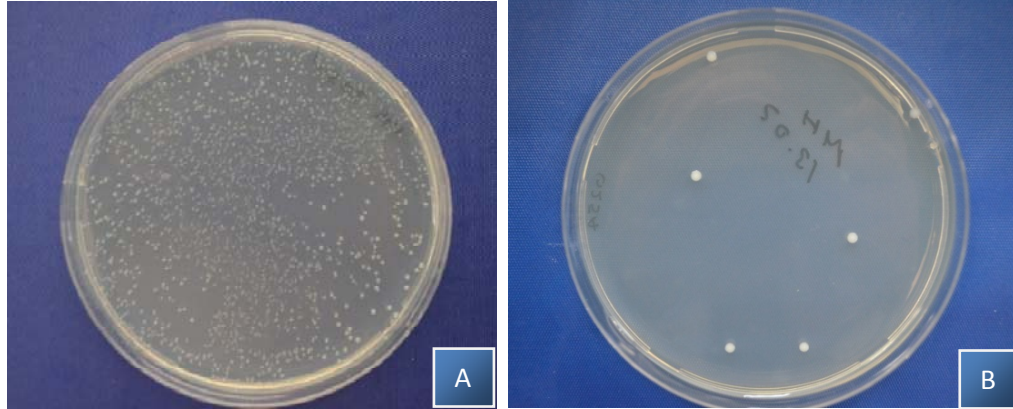
Kanal içindeki NaOCl solüsyonunun Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği Grup 3a'da *E. faecalis* miktarında % 99.9658 oranında bir azalma izlendi ve deney grubunun ortalama sıra sayısı 56.4 olarak hesaplandı (Tablo 6). KHG'nin Er,Cr:YSGG lazer ile aktive edildiği grup 3b' de ise bu değerler sırasıyla % 99.9551 ve 52.2' dir (Tablo 7).

Tablo 6. NaOCl' in Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyonu. Protokol öncesi (S1) ve sonrası (S2) tespit edilen *E. faecalis* miktarları (CFU/mL), mikrobiyal azalma miktarları (%) ve sıra sayıları

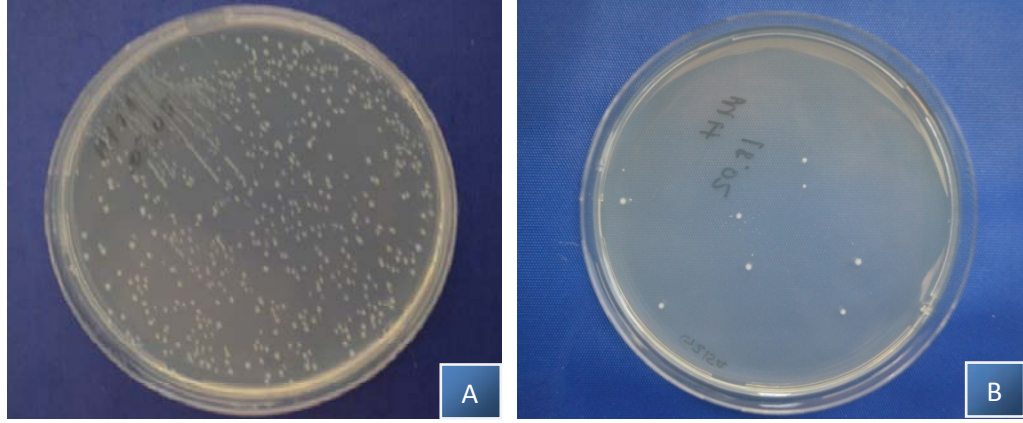
Örnek	S1	S2	Mikrobiyal Azalma (%)	Sıra Sayısı
1	853200	500	99.9413	42
2	732000	200	99.9726	54
3	871200	800	99.9081	37
4	1052400	500	99.9524	48
5	972000	600	99.9382	41
6	984000	300	99.9695	52
7	806400	200	99.9751	56
8	487200	0	100	78
9	775200	0	100	78
10	714000	0	100	78
Ortalama			99.9658±0.03075	56.4

Tablo 7. KHG' nin Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyonu. Protokol öncesi (S1) ve sonrası (S2) tespit edilen *E. faecalis* miktarları (CFU/mL), mikrobiyal azalma miktarları (%) ve sıra sayıları

Örnek	S1	S2	Mikrobiyal Azalma (%)	Sıra Sayısı
1	621600	100	99.9839	64
2	589200	300	99.9490	46
3	744000	400	99.9462	44
4	712800	200	99.9719	53
5	998400	800	99.9198	39
6	621600	800	99.9987	33
7	980400	0	100	78
8	517200	300	99.9419	43
9	1027200	100	99.9902	65
10	416400	100	99.9759	57
Ortalama			99.9551±0.03852	52.2



Resim 9. NaOCl' nin Er,Cr: YSGG lazerle ile aktivasyonu. Rastgele seçilen bir örneğin MHA besiyeri üzerinde oluşan *E. faecalis* kolonilerinin görüntüsü. A: S1 mikrobiyal örnekleme sonrası, B: S2 mikrobiyal örnekleme sonrası



Resim 10. KHG' nin Er,Cr:YSGG lazerle ile aktivasyonu. Rastgele seçilen bir örneğin MHA besiyeri üzerinde oluşan *E. faecalis* kolonilerinin görüntüsü. A: S1 mikrobiyal örnekleme sonrası, B: S2 mikrobiyal örnekleme sonrası

Grup 4: Pasif ultrasonik irrigasyon

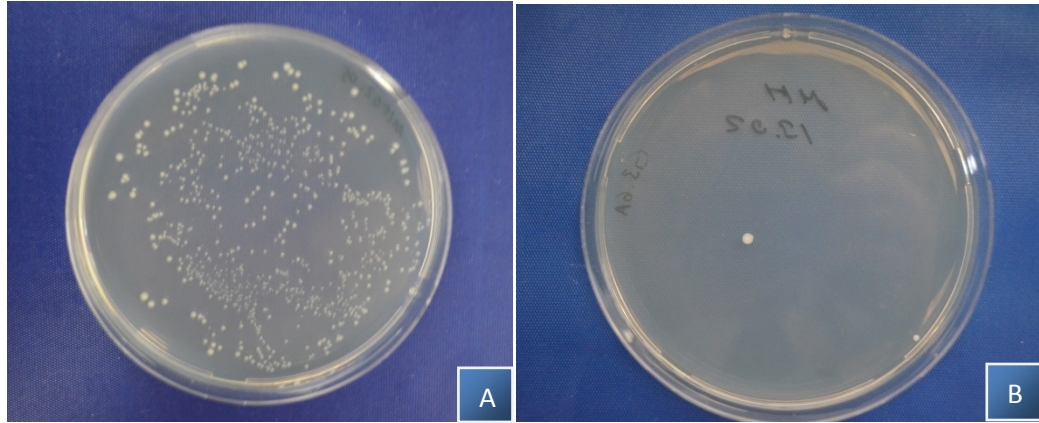
NaOCl'nin PUI ile aktive edildiği Grup 4a'da *E. faecalis* miktarının %99.9616 oranında azaldığı ve ortalama sıra sayısının 70.3 olduğu saptandı (Tablo 8). KHG'nin PUI ile aktive edildiği grup 4b' de mikrobiyal azalma %99.9524 olarak gözlemlendi ve ortalama sıra sayısı 63.1 olarak hesaplandı (Tablo 9).

Tablo 8. NaOCl' nin PUI ile aktivasyonu. İşlem öncesi (S1) ve sonrası (S2) tespit edilen *E. faecalis* miktarları (CFU/mL), mikrobiyal azalma miktarları (%) ve sıra sayıları

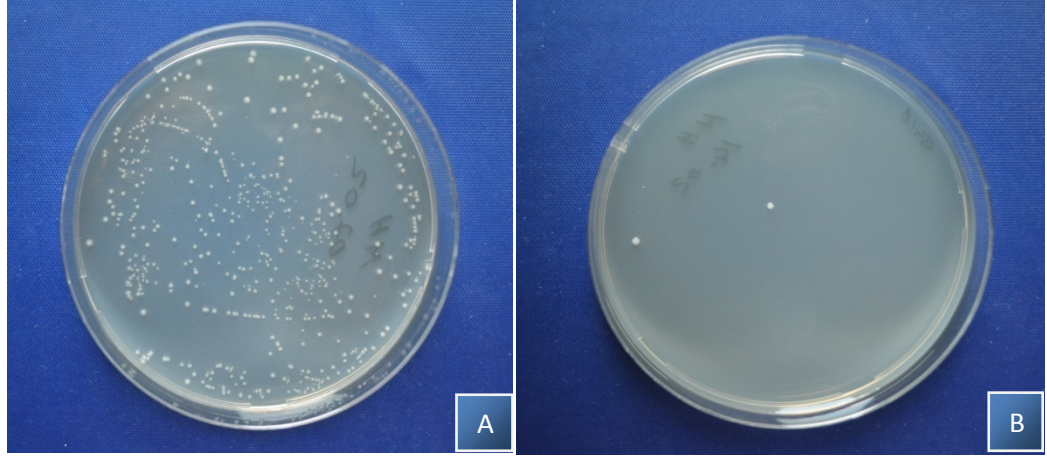
Örnek	S1	S2	Mikrobiyal Azalma (%)	Sıra Sayısı
1	614400	0	100	78
2	580800	0	100	78
3	446400	0	100	78
4	498000	0	100	78
5	82800	300	99.6376	21
6	451200	100	99.9778	58
7	852000	0	100	78
8	799200	0	100	78
9	218400	0	100	78
10	195600	0	100	78
Ortalama			99.9616±0.11401	70.3

Tablo 9. KHG' nin PUI ile aktivasyonu. İşlem öncesi (S1) ve sonrası (S2) tespit edilen *E. faecalis* miktarları (CFU/mL), mikrobiyal azalma miktarları (%) ve sıra sayıları

Örnek	S1	S2	Mikrobiyal Azalma (%)	Sıra Sayısı
1	243600	500	99.7947	29
2	573600	0	100	78
3	564000	0	100	78
4	106800	0	100	78
5	471600	0	100	78
6	302400	600	99.8015	30
7	939600	0	100	78
8	182400	0	100	78
9	435600	200	99.9540	49
10	758400	200	99.9736	55
Ortalama			99.9524±0.08276	63.1



Resim 11. NaOCl ile PUI. Rastgele seçilen bir örneğin MHA besiyeri üzerinde oluşan *E. faecalis* kolonilerinin görüntüsü. A: S1 mikrobiyal örnekleme sonrası, B: S2 mikrobiyal örnekleme sonrası



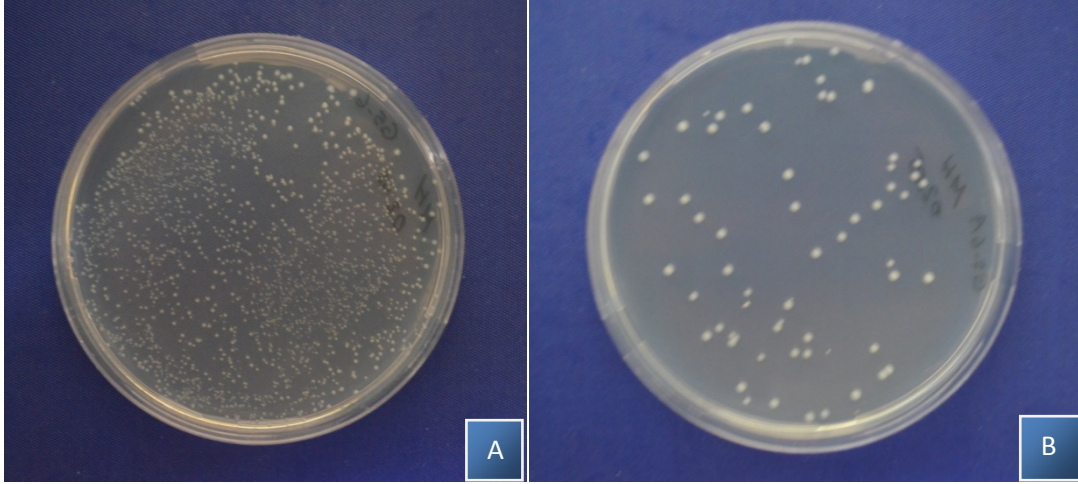
Resim 12. KHG ile PUI. Rastgele seçilen bir örneğin MHA besiyeri üzerinde oluşan *E. faecalis* kolonilerinin görüntüsü. A: S1 mikrobiyal örnekleme sonrası, B: S2 mikrobiyal örnekleme sonrası

Grup 5: Fotoaktif dezenfeksiyon

E. faecalis'in dezenfeksiyonu için FAD kullanılan bu grupta mikrobiyal azalma yüzdesi 97.8911 ve ortalama sıra sayısı 9.1 dir (Tablo 10).

Tablo 10. Fotoaktif dezenfeksiyon. Dezenfeksiyon öncesi (S1) ve sonrası (S2) tespit edilen *E. faecalis* miktarları (CFU/mL), mikrobiyal azalma miktarları (%) ve sıra sayıları

Örnek	S1	S2	Mikrobiyal Azalma (%)	Sıra Sayısı
1	505200	8100	98.3966	6
2	234000	3200	98.6324	9
3	250800	3800	98.4848	7
4	409200	900	99.7800	28
5	208800	8700	95.8333	2
6	280800	6000	97.8632	4
7	235600	15400	93.4634	1
8	358800	2600	99.2753	16
9	345600	6600	98.0902	5
10	198000	1800	99.0909	13
Ortalama			97.8911±1.88444	9.1



Resim 13. Fotoaktif dezenfeksiyon. Rastgele seçilen bir örneğin MHA besiyeri üzerinde oluşan *E. faecalis* kolonilerinin görüntüsü. A: S1 mikrobiyal örnekleme sonrası, B: S2 mikrobiyal örnekleme sonrası

Tablo 11. Deney gruplarının ortalama sıra sayıları

Gruplar	n	Ortalama sıra sayıları
Grup 4a. Pasif ultrasonik irrigasyon (NaOCl)	10	70.3
Grup 4b. Pasif ultrasonik irrigasyon (KHG)	10	63.10
Grup 3a. Er,Cr:YSGG lazerle aktive irrigasyon (NaOCl)	10	56.40
Grup 2b. Er,Cr:YSGG lazerle dezenfeksiyon (KHG)	10	56.10
Grup 3b. Er,Cr:YSGG lazerle aktive irrigasyon (KHG)	10	52.20
Grup 1a. Standart şırınga irrigasyonu (NaOCl)	10	37.20
Grup 1b. Standart şırınga irrigasyonu (KHG)	10	35.50
Grup 2a. Er,Cr:YSGG lazerle dezenfeksiyon (NaOCl)	10	29.6
Grup 5. Fotoaktif dezenfeksiyon	10	9.1

Gruplara ait ortalama sıra sayıları kullanılarak yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre; FAD yöntemi (Grup 5), KHG irrigasyonu sonrası Er,Cr:YSGG lazer ile dezenfeksiyon (Grup 2b) ve NaOCl'nin Er,Cr:YSGG lazerle aktive edildiği (Grup 3a) gruba göre kök kanal dezenfeksiyonu bakımından daha başarısız olmuştur ($p < 0.05$).

Ayrıca, FAD (Grup 5) yöntemi NaOCl ve KHG' nin PUI ile aktive edildiği grup 4a ve 4b' ye göre daha düşük performans göstermiştir ($p < 0.05$).

Ortalama sıra sayılarına bakıldığında en yüksek değeri NaOCl'nin PUI ile aktive edildiği Grup 4a göstermesine rağmen Grup 5 dışındaki diğer gruplarla istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmamıştır ($p > 0.05$).

İkili karşılaştırmalar sonucunda:

- Fotoaktif dezenfeksiyon ile Er,Cr:YSGG lazerle dezenfeksiyon (KHG) arasında
- Fotoaktif dezenfeksiyon ile Er,Cr:YSGG lazerle aktive irrigasyon (NaOCl) arasında
- Fotoaktif dezenfeksiyon ile pasif ultrasonik irrigasyon (NaOCl) arasında
- Fotoaktif dezenfeksiyon ile pasif ultrasonik irrigasyon (KHG) arasında

E. faecalis düzeyinde azalma yönünden istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p < 0.05$). Diğer deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (Tablo 12).

Tablo 12. Grupların ikili karşılaştırmaları

	Std. İrrig. (NaOCl)	Std. irriig. (KHG)	L.dezenfeksiyon (NaOCl)	L.dezenfeksiyon (KHG)	LAI (NaOCl)	LAI (KHG)	PUI (NaOCl)	PUI (KHG)	Fotoaktif dezenfeksiyon
St. İrrig. (NaOCl)		*	*	*	*	*	*	*	*
Std. İrrig. (KHG)			*	*	*	*	*	*	*
L.dezenfeksiyon (NaOCl)				*	*	*	*	*	*
L. dezenfeksiyon (KHG)					*	*	*	*	P< 0,05 Ki-kare: 4,022829
LAI (NaOCl)						*	*	*	P<0,05 Ki-kare: 4,048506
LAI (KHG)							*	*	*
PUI (NaOCl)								*	P<0,05 Ki-kare: 5,238236
PUI (KHG)									P<0,05 Ki-kare: 4,621973
Fotoaktif dezenfeksiyon									

* p>0.05

7. TARTIŞMA

Bu çalışmada, kök kanalları içerisinde oluşturulan *E. faecalis* biyofilmleri üzerine farklı dezenfeksiyon protokollerinin etkinliklerini *in vitro* olarak değerlendirmeyi amaçlandı. Dokuz farklı kanal dezenfeksiyon protokolü test edildi: standart şırınga irrigasyonu (NaOCl, KHG), PUI (NaOCl, KHG), standart irrigasyona ilaveten lazerle dezenfeksiyon (NaOCl, KHG), LAİ (NaOCl, KHG) ve fotoaktif dezenfeksiyon.

In vitro çalışmalarda, deney şartları mümkün olduğunca klinik koşulları en iyi yansıtabilecek şekilde düzenlenmelidir. Endodontik mikrobiyoloji çalışmalarında biyofilmlerin tutunabilmeleri için çok farklı yüzeyler kullanılmıştır. Nitrosellülöz membran filtreler (177), hidroksiapatit diskler (178), çekilmiş dişlerden hazırlanan dentin örnekleri (179) ve çekilmiş dişler (15, 180) kullanılan yüzeyler arasındadır. Çalışmamızda çekilmiş tek köklü insan dişleri kullanıldı ve kök kanal duvarlarında 4 haftalık süreyle *E. faecalis* biyofilmleri oluşturuldu.

E. faecalis endodonti alanındaki antimikrobiyal etkinlik çalışmalarında sık kullanılan bir mikroorganizmadır. Bir çok antimikrobiyal ajana yüksek seviyede direnç göstermesi ve tedavi sonrası hastalıklı dişlerin kök kanallarından sıklıkla izole edilmesi nedeniyle endodontik mikrobiyolojide çok yoğun çalışılmıştır (49, 181, 182). Kök kanallarından uzaklaştırılması zor olduğundan *E. faecalis*'in eşlik ettiği enfeksiyonların yönetimi de zordur (183). Bu çalışmada da hem belirtilen nedenlerden dolayı hem de diğer çalışmalarla bulgularımızın kıyaslayabilmek amacıyla mikroorganizma olarak *E. faecalis* tercih edilmiştir.

Son yıllarda yapılan bir çok çalışmada apikal periodontitisin enfeksiyöz etyolojisi ve hastalıkla ilişkili mikrobiyal türler detaylı bir şekilde tanımlanmıştır (1, 7, 8, 23, 184). Bu çalışmalarda endodontik enfeksiyonların karışık mikrobiyal topluluklar nedeniyle olduğu gösterilmiştir (185). Hem primer enfeksiyonlu hem de tedavi sonrası enfeksiyonlu dişlerde gerçekleştirilen endodontik mikrobiyata çalışmaları kök kanal sisteminin bakteriyel kolonizasyonundaki baskın modelin biyofilmler olduğunu göstermiştir (4, 25, 184). Biyofilm yapıları mikroorganizmaların çevreye adapte olma yetenekleri, çevresel stres ve tehlikelere karşı direnebilmeleri için geliştirdikleri en başarılı stratejilerden biridir. Belirli bakteri türlerinin biyofilm içinde geliştikleri zaman yeni ve daha virülen tipler sergiledikleri bulunmuştur (23). Biyofilmlerdeki bakteriler

planktonik koşullarda yaşayan bakterilere kıyasla antimikrobiyal ajanlara karşı daha dirençlidirler (30). Mikroorganizmaların bir yüzeve adezyonu çok sayıda farklı genin ekspresyonunu tetikler ve böylelikle farklı fenotipler gelişir. Aynı mikroorganizmanın biyofilm içinde organize olmuş formu planktonik formundan farklı özellikler sergilemektedir (31). *E. faecalis* biyofilm oluşturma yeteneğine sahiptir bu da bakterinin fagositozis, antibodiler ve antimikrobiallere karşı 1000 kat daha dirençli olmasına yardımcı olur (42).

George ve ark. (186), *E. faecalis*'in aerobik, anaerobik, besinden zengin ve besinden yoksun durumlarda biyofilm geliştirme yeteneğini incelemişlerdir. Bulgularına göre, *E. faecalis* hücreleri aerobik besinden zengin ortamlarda ürediklerinde, 500-1000 µm çapında düzensiz şekilli amorf makro yapılar üretirler. Daha yakın büyütmelerde bu yapıların bakteriyel hücrelerin agregatları olduğunu bulmuşlardır. SEM ve konfokal lazer tarama mikroskobu (CLSM) ile değerlendirdiklerinde, *E. faecalis* örnekleri besinden zengin, anaerobik ortamda tutulduklarında, kök kanal duvarları üzerinde gözlemlenebilen su kanallarıyla birlikte olgun biyofilm yapıları oluşturmuşlardır. Biyofilm yapısı içerisinde aslı bakteriyel hücreler CLSM' de gösterilmiştir. Besinden yoksun aerobik çevrede oluşan biyofilmde dentinin yüzey bozulması izlenmiştir. Bu bozulmanın substrat yüzeyi, abiotik bozulma ürünleri, bakteriyel hücreler ve metabolik ürünlerinin ilişkisinin bir sonucu olabileceğini öne sürmüşlerdir.

Kishen ve ark. (187), *E. faecalis* ve kök kanal dentin substratı arasındaki ilişkiyi farklı zaman aralıklarında incelemişlerdir. Bu amaçla gruplarda 2, 4 ve 6 haftalık ekimler yapmışlar ve örnekleri SEM, ışık mikroskobu ve CLSM ile incelemişlerdir. 4 haftadan sonra dentin üzerinde oldukça kalın, organize olmuş bir biyofilm tabakası göstermişlerdir.

Biyofilm oluşum süresi 15 dakikadan 60 güne kadar değişiklik göstermektedir ancak bir standardizasyon belirlenememiştir (74-76, 86, 97, 188). Çalışmalar *E. faecalis* biyofilm oluşumu için 1 ya da 2 günlük inkübasyon zamanının yeterli olduğunu rapor etmesine rağmen (189-191), daha uzun inkübasyon süresi daha olgun ve dentinal tübüllerde daha yoğun bir biyofilm tabakasının gelişimine neden olur (187, 192). Biz de çalışmamızda yeterli biyofilm tabakasının oluştuğundan emin olmak için 4 hafta boyunca kök kanallarına *E. faecalis* (ATCC 29212) ekimi gerçekleştirdik.

Çalışmamızda kullandığımız tüm dişlerin kron kısımları uzaklaştırıldı böylelikle bakteri ekimi ve şekillendirme açısından kolaylık sağlandı. Tüm kökler akrilik bloklar içerisine gömülerek çalışma kolaylığı sağlandı. Tüm kök kanalları kanal çapını standardize etmek için aynı yöntemle ProTaper döner alet sistemi F3 numaralı eğeye kadar çalışma boyunca genişletildi. Çalışmamızda *E. faecalis*'e karşı etkin antimikrobiyal protokolün belirlenmesi amaçlandığından, bakteriyel ekim yapıldıktan sonra mekanik enstrumantasyon yapılmadı.

Kök kanalları ve dentin tübüllerindeki canlı bakterilerin varlığını tespit etmek için çeşitli mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmektedir (193). Kök kanallarındaki *E. faecalis*'in varlığı hem kültür hem de moleküler tekniklerle tespit edilebilir (194). Önceki çalışmalarda kültür yönteminin kök kanallarında *E. faecalis*' in belirlenmesi için yeterli duyarlılıkta olduğu rapor edilmiştir (193, 194). Diğer taraftan kültür teknikleri gibi in vitro testler klinik durumları tam olarak yansıtmaz bu sebeple bulgular dikkatle yorumlanmalıdır (193).

Mikrobiyal örneklerin toplanması için çok sayıda yöntem önerilmiştir ve bunlar; eğeler kullanılarak kanalın iç yüzeyinden dentin talaşlarının alınması, eksternal kök yüzeyinden frezler kullanılarak dentin talaşlarının toplanması, kağıt konların kullanımı ve likit nitrojende kök uçlarının toz haline getirilmesidir (195). Dentin talaşlarının eğelerle ya da reamerlarla alınarak kültüre edilmesine kıyasla kağıt kon kültürleri daha yaygın olarak kullanılmaktadır (195). Ancak kağıt kon örneklerinde sadece kök kanal duvarı üzerinde lokalize mikroorganizmalar alınabilirken, dentin tübüllerine penetre olan mikroorganizmalar alınmaz (196). Biz çalışmamızda bu durumun üstesinden gelebilmek için öncelikle steril bir 15 numara H tipi eğe ile kanal duvarlarında çevresel eğeleme yaparak tübüllerde lokalize mikroorganizmaların da kanal içindeki taşıyıcı solüsyona düşmelerini sağlamaya çalıştık. Sonra 25.02 üç adet kağıt konu birer dakika süreyle kanalda bekleterek mikrobiyal örnekleri topladık.

Kök kanal sistemi enfekte ise preparasyon sonrası oluşan dentinal debris ve smear tabakası da enfektedir. Smear tabakası dentinal debris, pulpa doku artıkları, odontoblastik uzantılar ve eğer mevcutsa mikroorganizmalardan oluşur. Kök kanal duvarlarına sıkıca yapışır ve dentin tübüllerinin 40 µm derinliğine kadar penetre olabilir (197, 198). Dentinal debris; dentin talaşları, doku artıkları ve kök kanal duvarlarına

atake partiküller olarak tanımlanabilir. Hem dentinal debris hem de smear tabakası kök kanal medikamentlerini ve irrigasyon solüsyonlarını inaktive edebilir ve biyofilm tabakasına ulaşmalarını engelleyebilir (199). Günümüzde, dentinal debrisin isthmusları blokajı büyük bir problem olarak karşımıza çıkabilmektedir (200). İlk enstruman kök kanalında kullanıldıktan sonra, eğenin temas ettiği kök kanal duvarları enfekte smear tabakası ile kaplanır. Bu bölgelerde biyofilm mekanik olarak hasar görür fakat aynı zamanda smear tabakasıyla da birleşir. Eğenin temas etmediği kök kanal duvarlarında ise biyofilm mevcuttur ve dentinal debris tarafından kaplanabilir veya bloke edilebilir. Bu durum dezenfeksiyon prosedürlerinin etkinliğini engeller (201).

Smear tabakası, dentinal debris ve dokunulmamış biyofilm tabakası sadece irrigasyon ile uzaklaştırılabilir. Etkili bir irrigasyon prosedürü için, pulpa dokusu, dentinal debris, smear tabakası, enstrumantasyon ürünleri, mikroorganizmalar ve yan ürünlerinin kök kanal duvarlarından ve kök kanal sisteminden uzaklaştırılabilmesi amacıyla hem *mekanik yaklaşım* hem de bu ürünlerin çözünmesi ve bozulması için *kimyasal yaklaşım* önemlidir (201).

NaOCl, nekrotik pulpa dokusunu uzaklaştırdığından ve geniş spektrumlu antimikrobiyal etkinliğe sahip olması nedeniyle endodonti pratiğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, kolay ulaşılabilen, ekonomik ve raf ömrü uzun bir solüsyondur. Ancak, NaOCl' nin toksisitesi, düşük konsantrasyonlarında bile vital dokuyla temasta enflamatuar reaksiyonu indüklemesi, oldukça koroziv bir materyal olması gibi biyoyumluluk problemleri nedeniyle KHG gibi daha az toksik materyallerin kullanımı gündeme gelmiştir (195). Çalışmamızda irrigasyon solüsyonu olarak %2,5 konsantrasyonda NaOCl ve %2 konsantrasyonda KHG kullandık. Bulgularımıza göre *E. faecalis* biyofilmi üzerine NaOCl solüsyonunun 1 dk kök kanalı içerisine uygulanması (%99.7000), %2 KHG solüsyonunun uygulamasından (%99.6092) daha etkilidir fakat istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

Chavez de Paz ve ark. (78), *E. faecalis*, *L. paracasei*, *S. anginosus* ve *S. gordonii* biyofilmleri üzerine %2,5 KHG, EDTA ve %1 NaOCl solüsyonlarının antimikrobiyal etkinliklerini konfokal lazer tarama mikroskopuyla değerlendirmişlerdir. Bulgularına göre %1 NaOCl en etkili solüsyon olarak saptanırken, KHG *E. faecalis* biyofilminin sadece %50' sini uzaklaştırabilmiştir.

Dunavant ve ark. (190), %1 ve %6 NaOCl solüsyonlarının biyofilmdeki bakteriler üzerine sırasıyla %99.78 ve %99.99 etkili olduğunu bulmuşlardır. Giardino ve ark. (202), %5.25 NaOCl, Tetraclean ve MTAD nin *E.faecalis* biyofilmine etkinliğini karşılaştırmışlar ve sadece %5.25 NaOCl nin biyofilmi parçaladığını ve uzaklaştırdığını bulmuşlardır.

Spratt ve ark. (77), farklı irrigasyon solüsyonlarının 5 farklı bakteri üzerindeki etkilerini değerlendirmişler ve en etkili solüsyon olarak %2.25 NaOCl'i tespit etmişlerdir.

Williamson ve ark. (76), %6 NaOCl ve %2 KHG' nin *E. faecalis* biyofilmine etkinliğini karşılaştırdıkları çalışmalarında KHG' nin daha az etkili olduğunu bulmuşlardır.

Agrawal ve ark. (195), %5.25 NaOCl, BioPure MTAD ve %2 KHG solüsyonlarının *E. faecalis* üzerine etkilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında KHG grubunun diğer çalışma gruplarına göre daha başarısız olduğunu bulmuşlardır.

Kanal içerisindeki bakteriyel yük miktarının tamamının ya da tamamına yakın bir kısmının uzaklaştırılmasının önemi çeşitli klinik çalışmalarda vurgulanmaktadır ve kalan bakteriyel yükün tedavi sonuçlarını negatif olarak etkileyebileceği gösterilmiştir (2, 203). Obturasyon sırasında kültüre edilebilen bakterilerin varlığı tedavinin başarı oranını %94' ten 68' e kadar düşürmektedir (2). Benzer şekilde Molander ve ark. (203), obturasyondan önce pozitif kültüre sahip olan dişlerde başarı oranının %49 gibi düşük bir oranda olduğunu bildirmişlerdir. Ancak kök kanal tedavisi sırasında kemomekanik preparasyon, kanal içi medikasyon gibi işlemler yapılırken en yüksek teknik standartlar kullanıldığında bile kompleks kök kanal sisteminde hiç dokunulmamış alanlar kalmaktadır (204, 205). Endodontik tedavinin hedefi kök kanal sisteminden total bakteri eliminasyonu olduğundan, ideal dezenfeksiyon protokolünü geliştirmek ve belirlemek için çalışmalar devam etmektedir.

Etkili bir dezenfeksiyon protokolü hem mekanik hem de kimyasal yaklaşımı içerir. Hem mekanik hem de kimyasal yaklaşım irrigasyonun akışı ile ilişkilidir. İrrigasyon prosedürü sırasında iki faz gelişir: solüsyonun kök kanalına taşındığı ve kanal içerisinde hareket ettiği akış fazı ve solüsyonun kök kanalının içinde hareketsiz kaldığı dinlenme fazıdır (201). Şırınga irrigasyonu sadece solüsyon akışıyla ilgili

kontrol yapılabilirken, irrigantın aktivasyonu ile solüsyonun kök kanal sistemi boyunca taşınmasına izin verilir ve ayrıca irrigantın kimyasal özelliklerini, tazelenmesini ve karıştırılmasını artırır (206). Irrigant aktivasyon sistemleri bir enerji kaynağı yardımıyla irrigantın akışını geliştiren ilave bir aktivasyon fazı ortaya çıkarır (201). Bizde çalışmamızda NaOCl ve KHG solüsyonlarının ultrasonik ve lazer aktivasyonlarının *E. faecalis* biyofilmi üzerine etkisini inceledik.

Manuel ve döner enstrumantasyon sonrası PUI kullanımının bakteri miktarını önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir (107). Bu pozitif bulgular iki ana faktöre bağlanabilir. Bunlardan ilki, akustik akımın kök kanallarındaki bakteriyel biyofilmin dağılmasına yol açmasıdır. Bakteriyel biyofilmin dağılmasıyla irrigantların bakterisidal etkilerine karşı daha duyarlı olan planktonik bakteriler açığa çıkar. Hücre membranını zayıflatarak bakterilerin irrigantlara karşı daha geçirgen olmasını sağlayabilen kaviteasyon ise ikinci faktördür (107, 110).

Siqueira ve ark. (207), kök kanallarından *E. faecalis* eliminasyonunda solüsyon olarak %4 NaOCl kullandığı üç irrigasyon yöntemini in vitro olarak test etmişlerdir. *E. faecalis* ile kontamine edilen kök kanallarını 3 gruba ayırmışlardır. Gruplar şu şekildedir; %4 NaOCl solüsyonu ile irrigasyon ve el aletiyle ajitasyon, %4 NaOCl ile irrigasyon ve pasif ultrasonik aktivasyon, %4 NaOCl ve %3 H₂O₂ ile irrigasyon. Yapılan kültür sonucunda deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır. Tüm deney gruplarında benzer *E. faecalis* eliminasyonu gözlenmektedir.

Bhuva ve ark. (136), konvansiyonel %1 NaOCl şırınga irrigasyonu ile %1 NaOCl PUI' nin *E. faecalis*'e karşı etkinliğini in vitro olarak karşılaştırmışlardır. Her iki grup için konvansiyonel şırınga irrigasyonu yapılan kontrol grubuna göre daha üstündür. Deney gruplarına bakıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur.

Gründling ve ark. (137), sığır dişlerini kullandıkları çalışmalarında NaOCl, PUI ve EDTA kullanımının *E. faecalis* üzerine etkinliğini araştırmışlardır. Çalışma için 4 grup oluşturmuşlardır: grup 1, işlem yapılmayan kontrol grubu; grup 2, distile su ile PUI; grup 3, %2 NaOCl ve %17 EDTA ile konvansiyonel irrigasyon; grup 4, %2 NaOCl ve %17 EDTA irrigasyonuna ilaveten, distile su ile PUI. Araştırmacılar sadece ultrasonik etkinliğini değerlendirebilmek için distile suyu aktive etmişlerdir. Örnekleri

hem mikrobiyal kültür yöntemiyle hem de SEM ile incelemiştir. Mikrobiyal kültür yönteminin bulgularına göre NaOCl kullanılan gruplarda üreme gözlenmezken sadece distile su kullanılan grupta mikrobiyal üreme mevcuttur ve istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir. SEM değerlendirmesinde ise NaOCl kullanılan gruplar arasında anlamlı fark yokken distile su kullanılan gruplara göre daha üstün oldukları belirlenmiştir.

Brito ve ark. (208), yapmış olduğu in vitro çalışmada ise kök kanalları *E. faecalis* ile 7 gün boyunca kontamine edildikten sonra gruplar konvansiyonel irrigasyon, PUI ve EndoVac sistem olarak ayrılmıştır. Bütün gruplarda solüsyon olarak %2,5 NaOCl ve %17 EDTA kullanılmıştır. Mikrobiyal analizde deney grupları arasında istatistiksel olarak fark gözlenmemiştir.

Paiva ve ark. (209), nekrotik kök kanallı dişlere sahip hastalarda yaptıkları klinik çalışmada dişlerden S1 örnekleri alındıktan sonra döner enstrumantasyonla yapılan preparasyon sonrası S2, %2.5 NaOCl nin PUI veya %2 KHG ile final irrigasyonu sonrası S3 örneklerini almışlar ve PCR sonuçlarına bakmışlardır. Tüm S1 örneklerinde bakteri açısından pozitif iken, mantar ve arkealara rastlamamışlardır. PUI grubu ve KHG ile final irrigasyonu yapıldıktan sonra bakteri insidansı azalmıştır fakat iki grup arasında anlamlı fark saptanmamıştır.

Literatürdeki çalışmalara benzer şekilde bizim çalışmamızda da NaOCl ve KHG ile konvansiyonel irrigasyon ve bu solüsyonlarla yapılan PUI grupları arasında antibakteriyel etkinlik açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır. Fakat göreceli olarak her iki solüsyonun da PUI diğer gruplara göre daha üstündür.

Tedavinin başarısını arttırmak için konvansiyonel endodontik temizleme prosedürlerine yardımcı olarak farklı dalga boylarında lazerlerin irriganı aktive etmek amacıyla kullanımı önerilmiştir (49). LAİ tekniği için Er:YAG veya Er,Cr:YSGG tip lazerler önerilmektedir (210). Bu lazerler suda iyi absorbe olan 2796-2940 nm infrared dalga boyuna sahiptir (201). LAİ' nin dinamikleri yüksek-hızlı görüntüleme teknikleri kullanılarak çalışılmıştır (19, 176). Bu çalışmalar, fiberin uç kısmında büyük bir buhar kabarcığının oluşup patladığını ve bu buhar kabarcığının lazer enerjisinin absorpsiyonu ve irrigantın hızla ısınması nedeniyle ortaya çıktığını göstermektedir. Bu kabarcıklarının kollabe olması kök kanal sistemi içerisinde bir şok dalgası ve bir çok kabarcığın

oluşmasını indüklemektedir. Oluşan sıvı akışı, akustik dalga ile birleşince; daha küçük buhar kabarcıklarının titreşmesiyle sonuçlanır ve bu şekilde temizleme etkinliği oluşur (201). Fotodinamik terapinin aksine, LAİ ile daha önce inaktif olan bir irrigant değil, NaOCl veya EDTA gibi endodontik irrigantların aktivasyonu sağlanır (210). Lazerin normal fiber uçları ya da özel olarak geliştirilmiş fiberler (foton-başlatıcılı foto akustik dalga, PIPS) kök kanalının apeksine ya da pulpa odasına yerleştirilerek solüsyon aktive edilir (211, 212).

Bu çalışmada Er,Cr: YSGG lazer cihazı, 0.25 W, 20 Hz, %10 hava ve susuz mod ayarlarına getirilerek uygulanmış ve 25 mm uzunluğunda, 200 µm çapında RFT 2 endodontik fiber uç kullanılmıştır. Irrigant esktrüzyonunu minimize etmek ve termal enerjinin istenmeyen etkilerinden kaçınmak için fiber ucun sadece 4 mm'si kök kanalı içerisine yerleştirildi ve 30 sn aktive edildi.

LAİ uygulamalarında fiber ucun kanal içerisine hangi uzunlukta yerleştirileceği konusunda literatürde bir konsensus yoktur. Literatürde kanalın içerisine 1 mm (213), 4 mm (214), apikal foramenden 5 mm uzağa (18) ve apikal foramenden 1 mm uzağa (176) yerleştiren çalışmalar mevcuttur. Biz çalışmamızda lazer aktivasyonu sırasında irrigantın kök kanalından taşarak uzaklaşmasını engellemek amacıyla fiber ucu kanal orifisinden itibaren 4 mm derinliğe yerleştirdik.

Diğer bir deney grubunda, üretici firmanın önerileri doğrultusunda standart şırınga irrigasyonu sonrasında kök kanallarını paper pointler ile kurularak lazerle sterilizasyon gerçekleştirdik. Bu amaçla RFT 2 endodontik ucu çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde kanalın içerisine yerleştirildi ve cihaz 0.75 W, 20 Hz, %10 hava, susuz H mod ayarlarına getirilerek 10 sn koronale doğru rotasyonel hareketlerle uygulama gerçekleştirildi. Bu işlem 3 defa tekrarlanarak toplamda 30 sn lazer uygulaması yapıldı.

Dezenfeksiyon protokolleri sonrası NaOCl'nin lazerle aktive edildiği grupta mikrobiyal azalma yüzdesi %99.9658 ve KHG'nin lazerle aktive edildiği grupta ise %99.9551 tir. Rutin kullandığımız standart irrigasyon yöntemine kıyasla bu oranlar daha yüksektir fakat istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Lazerle sterilizasyon uygulanan gruplarda ise NaOCl sonrası kullanımda %99.3209 ve KHG sonrası

kullanımda %99.9285 oranında mikrobiyal azalma gözlemlendi. Diğer gruplara kıyasla istatistiksel olarak fark olmadığı bulundu.

Arnabat ve ark. (13), *E. faecalis* ile kontamine kanallarda farklı parametrelerde Er,Cr:YSGG lazer ile sterilizasyonun etkinliğini araştırmışlardır. Çalışmalarında lazerle sterilizasyonu %5 NaOCl ve %0.5 NaOCl irrigasyonu ile kıyaslamışlar ve %5 NaOCl ile yapılan şırınga irrigasyonu ve 60 sn, 2 W lazer uygulanan grupların en başarılı gruplar olduğunu gözlemlemişlerdir. Ancak, bizim çalışmamızdan daha yüksek bir güç kullanmışlardır.

Cheng ve ark. (215), *E. faecalis* ile kontamine kök kanallarının dezenfeksiyonunda Er,Cr:YSGG lazer kullanımını test etmişler ve salinle irrig edilen kanallara kıyasla daha fazla bakteriyel azalma gözlemlemişlerdir.

Wang ve ark. (172), Er,Cr:YSGG ve Nd:YAG lazer ile dezenfeksiyon ve NaOCl irrigasyonunun *E. faecalis* üzerine etkinliğini araştırmışlar ve her iki lazer sisteminin de önemli bakterisidal etkisinin olduğunu fakat Nd:YAG lazer ile dezenfeksiyonun, Er,Cr:YSGG lazer kullanımına göre daha iyi dezenfeksiyon sağladığını fakat her iki lazer sisteminin de %2.5 NaOCl şırınga irrigasyonuna kıyasla daha başarısız olduğunu bulmuşlardır.

Eldeniz ve ark. (15), Er,Cr:YSGG lazer ile %3 NaOCl nin *E. faecalis* üzerine etkinliğini karşılaştırmışlar ve lazer dezenfeksiyonunun kök kanallarındaki mikrobiyal popülasyonu azalttığını ancak bakterilerin tümünü uzaklaştıramadığını fakat %3 NaOCl solüsyonunun tüm kök kanallarını sterilize ettiğini bulmuşlardır.

Licata ve ark. (49), Er,Cr:YSGG lazerinin farklı irradyasyon zamanları ve güçlerde kullanımının *E. faecalis* üzerine etkinliğini %5.25 NaOCl irrigasyonu ile karşılaştırmışlar ve istatistiksel olarak farklılık gözlemlememişlerdir.

Martins ve ark. (216), yaptıkları klinik çalışmada hastaları iki gruba ayırmışlar ve bir grubu %3 NaOCl irrigasyonu ve kalsiyum hidroksit medikasyonu ile diğer grubu ise salin solüsyonu ve Er,Cr:YSGG lazer ile dezenfekte ettikten sonra kanal dolgularını tamamlamışlar ve 6 aylık takipte periapikal indeks kullanılarak kemik iyileşmesini incelemişlerdir. Her iki grupta da PAI skorlarında anlamlı düşüş izlenen benzer sonuçlar alınmıştır.

Çalışmamızın bulguları literatürle benzerlik göstermektedir. Er,Cr:YSGG lazer kullanılarak yapılan dezenfeksiyon işlemleri konvansiyonel irrigasyon işlemi yapılan gruplara kıyasla anlamlı fark göstermemektedir. Ayrıca literatürden farklı olarak KHG solüsyonu kullanılan deney gruplarıyla da benzerlik göstermektedir.

Pedulla ve ark. (189), Er:YAG lazer ile gerçekleştirilen aktivasyon işleminin *E. faecalis*'e karşı etkinliğini konvansiyonel irrigasyonla karşılaştırdıkları çalışmalarında 30 sn boyunca %5 NaOCl solüsyonunu ve steril distile suyu aktive etmişlerdir. NaOCl' nin aktive edildiği grup ile konvansiyonel irrigate edilen NaOCl grubu arasında anlamlı fark saptamamışlardır.

Al-Shahrani ve ark. (217), Pedulla ve ark. (189) yapmış olduğu çalışmaya benzer şekilde çekilmiş insan dişlerini dört gruba ayırarak salin ve %6 NaOCl solüsyonlarının Er:YAG ile aktivasyonu ve konvansiyonel irrigasyonlarını kıyaslamışlardır. Deney grupları benzer olmasına karşın protokolleri ve uygulama süresi farklılık göstermektedir. Pedulla ve ark. (189) çalışmalarında 30 saniyelik uygulamalar yaparken, Al-Shahrani ve ark. (217) 90 saniyelik uygulamalar gerçekleştirmiş ve mikrobiyal değerlendirmenin yanında SEM ve CLSM ile de incelemede bulunmuşlardır. Mikrobiyal değerlendirmelerinde, en etkin protokolün NaOCl'nin lazerle aktivasyonu olduğunu bulmuşlardır. SEM ve CLSM bulguları da kanıtlarını destekler niteliktedir. Bizim bulgularımızda daha düşük konsantrasyonda (%2.5) NaOCl kullanmamıza rağmen iki çalışmayla da nispeten benzerdir. %2.5 NaOCl ile standart irrigasyon yaptığımız deney grubumuz, lazerle aktive ettiğimiz gruba kıyasla daha başarısızdır fakat istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur.

Peters ve ark. (211), 70 adet çekilmiş premolar dişi oral kaviteden in situ yöntemle elde ettikleri mikroorganizmalarla 2 hafta enfekte etmişler ve primer örnekleri aldıktan sonra dişleri deney gruplarına ayırmışlardır. Deney grupları şu şekildedir: grup 1; 60 sn %6 NaOCl ile konvansiyonel irrigasyon; grup 2; 30 sn NaOCl ile irrigasyondan sonra 30 sn PUİ uygulaması ve grup 3; 30 sn NaOCl ile irrigasyon sonrası 30 sn Er:YAG lazer ile solüsyonun aktivasyonu. Bu çalışmanın dezenfeksiyon süresi olarak çalışma prensibi çalışmamızla benzerdir. Mikrobiyal azalma yüzdelerine göre bulguları karşılaştırdıklarında araştırmacılar LAİ grubunun standart irrigasyon ve PUİ kıyasla daha fazla negatif örnek sayısına ulaştığını fakat üç grup arasında istatistiksel anlamlılık

düzeğine erişilemediğini ve fark olmadığını saptamışlardır. Konvansiyonel irrigasyon grubunda başarı oranı %96.6, PUI grubunda %98.5 ve lazer grubunda %99.5'dir. Bizim çalışmamızda daha yüksek başarı oranları elde edilmekle birlikte PUI, konvansiyonel irrigasyon ve LAİ uygulanan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı.

Sahar-Helft ve ark. (175), 60 adet çekilmiş insan dişini preparasyonu takiben *E. faecalis* süspansiyonu ile 3 hafta inkübe ettikten sonra ana olarak 2 gruba ayırmışlardır. İlk grup, onarlı alt gruplar halinde %2 KHG, %17 EDTA ve salin ile irrigate edilirken; ikinci grupta aynı irrigasyon solüsyonları ile lazer uygulaması gerçekleştirilmiştir. LAİ protokolü için araştırmacılar fiber ucu çalışma uzunluğundan 1 mm kısa yerleştirmiş ve 15 sn süreyle 4 defa uygulayarak toplamda 60 sn solüsyonları aktive etmişlerdir. SEM görüntülerine göre, %2 KHG irrigasyonu gerçekleştirilen grupta dentin tübüllerinin içinde yüzeye yapışan bakterilerin elimine olmadığını ancak KHG'nin lazerle aktivasyonu sonrası bakteri miktarının anlamlı düzeyde azaldığını saptamışlardır. Dental tübüllerin sadece bir kesitinde bakterilerin kolonize olduğunu gözlemlemişlerdir. %17 EDTA uygulamasının adhere *E. faecalis* miktarını azalttığını, bu solüsyonun lazerle kombinasyonunun ise kök kanal duvarlarından bakterilerin uzaklaştırılma etkisini arttırdığını bulmuşlardır. Salin gruplarının ise *E. faecalis* biyofilmini uzaklaştırmada yetersiz olduğunu gözlemlemişlerdir. Bizim çalışmamızda SEM ile değerlendirme yapılmamasına karşın bulgularımız Sahar-Helft ve ark.'nın çalışmasıyla benzerdir. %2'lik KHG kullanılan grupların *E. faecalis*'e karşı etkinliklerini kendi içlerinde kıyaslırsak en başarılı PUI, takiben KHG sonrası lazerle sterilizasyon, KHG'nin lazerle aktivasyonu ve standart şırınga irrigasyondur fakat istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur.

Seet ve ark. (218), salin ve %4 NaOCl solüsyonunun konvansiyonel irrigasyonlarının, sonik aktivasyonlarının ve Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyonlarının *E. faecalis*'e karşı etkinliklerini SEM değerlendirmesi ile kıyasladıkları çalışmalarında NaOCl gruplarının saline göre üstün olduğunu bulmuşlardır. Niteliksel olarak %4 NaOCl nin sonik veya lazer aktivasyonunun standart irrigasyona kıyasla daha fazla bakteriyel azalmaya sebep olduğu sonucuna varmışlardır.

Ordinola-Zapata ve ark. (62), farklı irrigasyon teknikleri ile aktive edilen %6 NaOCl ile biyofilm uzaklaştırmasını incelemişlerdir. Bu çalışmada 50 steril sığır dentin kesitlerini (2x2 mm) SEM altında incelemişlerdir. Kesitleri çekilmiş sığır dişlerinin apikal üçlüsünde perfore bir alan yaratarak bu bölgeye adapte etmişlerdir ve beş deney grubu oluşturmuştur. Bu gruplar, standart irrigasyon, sonik aktivasyon, PUİ, Er:YAG lazer ile aktivasyon ve kontrol grubudur. LAİ'nin ; PUİ, sonik ve standart irrigasyona kıyasla en az kontaminasyon gösteren grup olduğunu bulmuşlardır . Bulgularımız bu çalışmayla ve Seet ve ark.'nın (218) çalışmasına kıyasla farklıdır bu da gereç ve yöntemdeki farklılıkla açıklanabilir.

Christo ve ark. (210), çalışmalarında farklı konsantrasyonlardaki NaOCl solüsyonlarının iğne irrigasyonlarıyla Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyonlarının *E. faecalis* biyofilmine karşı etkinliklerini kıyaslamışlardır. Bu çalışma için araştırmacılar salin, %1 NaOCl, %4 NaOCl şırınga irrigasyonu ve %0.5 NaOCl, %1 NaOCl ve %4 NaOCl solüsyonlarının LAİ olacak şekilde 6 grup oluşturmuşlardır. Salinle irrigasyon gerçekleştirilen grubun diğer tüm gruplara kıyasla daha başarısız olduğu sonucuna varmışlardır ($p<0.0001$). *E. faecalis* eliminasyonunda %4 NaOCl nin LAİ grubuna kıyasla daha başarısız olduğunu, diğer gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığını bulmuşlardır.

Çalışmamızda her iki solüsyonun da Er,Cr:YSGG lazer ile aktivasyonu, solüsyonların şırınga irrigasyonlarına kıyasla daha üstün olup aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur. Bulgularımız NaOCl'in şırınga irrigasyonu ve lazerle aktivasyonu arasında bakteriyel azalma yönünden fark bulamayan Pedulla ve ark. (189), Peters ve ark. (211) bulgularıyla benzerdir. Zıt olarak, %4 NaOCl nin standart irrigasyonu LAİ 'yi kalitatif SEM analiziyle kıyaslayan Seet ve ark. (218) ve %6 NaOCl 'yi kıyaslayan Ordinola-Zapata ve ark. (62) ve Al-Shahrani ve ark. (217) CLSM, SEM ve mikrobiyal değerlendirme yaptıkları çalışmalarında LAİ grupları standart irrigasyon yapılan gruplara kıyasla anlamlı derecede daha üstündür. Ayrıca, Sahar-Helft ve ark. (175) KHG irrigasyonu ve lazerle irrigasyonunu kıyasladıkları çalışmalarında, KHG' nin lazerle aktivasyonunu anlamlı derecede daha başarılı bulmuşlardır. Bu farklılıklar kullanılan lazer tipi, gücü, uygulama süresi, örnekleme yöntemi ve değerlendirme yönteminden kaynaklı olabilir.

FDT, toksik olmayan bir fotosensitizer ajan ve zararsız görünebilir ışık kaynağından oluşmaktadır ve ilk olarak kanser tedavisinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Fotoaktif dezenfeksiyon (FAD) olarak da adlandırılan sistem kök kanal sisteminin dezenfeksiyonu amacıyla da kullanılmakta olup, literatürde dezenfeksiyon etkinliğini değerlendiren çok sayıda çalışma mevcuttur (150, 152, 219, 220).

Fotosan sistemi, dental tedavilerde kullanılmak üzere geliştirilmiş bir FDT cihazıdır. Üç farklı viskoziteye sahip fotosensitizer ajan ve LED ışık cihazından oluşmaktadır. Üretici firmanın talimatlarına göre endodontik tedavide düşük viskoziteli fotosensitizer ajan ile kök kanalları doldurulduktan sonra 30 sn LED ışık cihazı ile uygulama gerçekleştirilmektedir.

Çalışmamızda üretici firmanın talimatlarına uyarak dezenfeksiyon işlemini gerçekleştirdik. Bulgularımıza göre FDT gerçekleştirdiğimiz kök kanallarında mikrobiyal azalma yüzdesi ortalama %97.8911'dir ve ortalama sıra sayısı 9.1'dir. Bu değerler ile FDT grubu KHG sonrası lazerle dezenfeksiyon, NaOCl' nin LAİ ve her iki solüsyonun da PUİ' sine kıyasla *E. faecalis* üzerine etkinlik açısından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha başarısızdır. Diğer deney gruplarına kıyasla görece daha düşük başarı değerlerine sahip olmasına rağmen, istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı.

Ng ve ark. (151), pulpa nekrozu ve periapikal radyolüseni nedeniyle çekilmiş olan 52 adet diş üzerinde fotodinamik terapi sisteminin etkinliğini ex vivo olarak değerlendirmişlerdir. Dişlerin dış yüzeylerini steril ettikten sonra iki gruba ayırmışlardır ve kök kanallarından primer mikrobiyal örnekleri almışlardır. Bir gruba %6 NaOCl ile kemomekanik preparasyon yapmışlar diğer gruba ise kemomekanik preparasyona ek olarak Fotosan uygulamışlardır. Araştırmacılar, kemomekanik preparasyona ilaveten fotodinamik terapinin uygulandığı gruba diğer deney grubuna kıyasla daha etkili bulmuşlardır.

Rios ve ark. (149), çekilmiş insan dişleri üzerinde yaptıkları çalışmalarında beş deney grubu oluşturmuşlardır. %6 NaOCl ile standart irrigasyon, toluidin mavisi ile irrigasyon, sadece ışık uygulaması, toluidin mavisinin ışıkla aktivasyonu ve NaOCl irrigasyonunu takiben toluidin mavisinin ışıkla aktivasyonunun *E. faecalis'* e karşı etkinliğini kıyaslamışlardır. CFU bulgularına göre standart irrigasyon ve FDT kombinasyonunun diğer gruplara kıyasla daha etkili olduğunu bulmuşlardır ($p < .005$).

Garcez ve ark. (221), periapikal lezyonlu dişlere sahip 20 hastada kemomekanik preparasyon sonrası FDT' nin etkinliğini klinik olarak değerlendirmiştir. Araştırmacılar polietilenimin ve ce6 bileşimini fotosensitizer ajan olarak kullanmışlar ve 2 dk ışıkla aktive etmişlerdir. FDT' nin mikroorganizmaların eliminasyonunda etkili olduğunu saptamışlar ve geleneksel preparasyon ve irrigasyona ilaveten FDT uygulamasını önermişlerdir.

Benzer bir diğer çalışmalarında Garcez ve ark. (150), 21 hastanın periapikal lezyona sahip 30 anterior dişine endodontik tedavi ve FDT uygulamışlardır. Bu hastalar daha önce antibiyotik tedavisi görmüştür. Araştırmacılar mikrobiyal analizleri sonucunda tüm hastaların en az bir antibiyotiğe dirençli mikroorganizmaya sahip olduğunu bulmuşlardır. Sadece endodontik tedavinin mikrobiyal türleri önemli ölçüde azalttığını fakat 3 dişin tamamen bakterilerden yoksun olduğunu gözlerken FDT uygulaması sonrası tüm dişlerden bakterilerin elimine olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışmaların bulgularına göre, FDT kök kanal irrigasyonundan sonra özellikle de dirençli mikroorganizmalar üzerine antimikrobiyal etkinliğe sahiptir.

Souza ve ark. (152), kemomekanik preparasyon sonrası iki farklı fotosensitizer ajan (metilen mavisi ve toluidin mavisi) ile uygulanan FDT' nin *E. faecalis* üzerine etkinliğini incelemişlerdir. Her iki ajan kullanıldığında da FDT'nin kemomekanik preparasyona anlamlı bir katkısı olmadığını göstermişlerdir.

Tennert ve ark. (220), 160 adet çekilmiş diş üzerinde yürüttükleri çalışmalarında, 70 adet diş preparasyondan sonra steril edip primer enfeksiyon için, 20 adet diş kontrol grubu için ayırmışlar ve kalan 70 adet diş kök kanal dolgusu uyguladıktan 24 saat sonra retreatment gerçekleştirip *E. faecalis* ile kontamine etmişlerdir. Hem primer enfeksiyon sağlanan gruba hem de retreatment sonrası kontamine edilen gruba üç protokol uygulamışlardır. Bu dezenfeksiyon protokolleri %3 NaOCl ile irrigasyon, FDT ve %3 NaOCl uygulamasını takiben FDT uygulaması. Bizim çalışmamıza benzer olan deney grubunu incelersek araştırmacılar, primer enfeksiyon sonrası FDT uygulanan deney grubunda % 92.7, NaOCl ile standart irrigasyon yapılan deney grubunda % 99.9 ve irrigasyona ilaveten FDT uygulanan grupta ise %99.9 oranında başarı saptamışlardır. Bizim bulgularımıza benzer şekilde FDT grubunu istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha başarısız bulmuşlardır.

Bergmans ve ark. (222), *S. anginosus*, *E. faecalis* ve *F. nucleatum* üzerine etkinliğini inceledikleri çalışmalarında FDT'nin kontrol grubuna kıyasla bakteriyel yükü azaltmada etkili olduğunu fakat bakterilerin eliminasyonunda yetersiz olduğunu bulmuşlardır.

Wang ve Huang (223), %2.5 NaOCl'nin PUI'si, FDT ve her iki sistemin kombinasyonunun *E. faecalis* üzerine etkinliğini *in vitro* olarak kıyaslamışlardır. Her 3 grubun da *E. faecalis* eliminasyonunda başarılı olduğunu fakat kombine tedavinin en etkili yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

Meire ve ark. (224), iki farklı FDT sistemi, farklı güçlerde Er:YAG lazer uygulaması, Nd:YAG lazer uygulaması ve %2.5 NaOCl' ye farklı sürelerde daldırma ve %0.25 NaOCl' nin Er:YAG ile aktivasyonu işlemlerinin dentin disklerine inoküle edilen *E. faecalis* üzerine etkinliğini incelemişlerdir. 100 mJ atımla kullanılan Er:YAG uygulaması ve NaOCl kullanılan gruplarda anlamlı fark olduğunu bulmuşlardır. %2.5 NaOCl ye 5, 10 ve 30 dakikalık daldırma işlemleri sonucu tamamen bakterilerin arındığını saptamışlardır. Her iki FDT sisteminin de *E. faecalis* eliminasyonunda zayıf olduğunu belirtmişlerdir.

Bago ve ark. (48), %2.5 NaOCl ile standart irrigasyon, NaOCl' nin sonik aktivasyonu, diod lazer ile sterilizasyon, toluidin mavisinin FDT ile aktivasyonunu ve phenothiazine kloridinin FDT ile aktivasyonunu karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar her iki FDT sisteminin de sonik aktivasyonla benzer etkinliğe sahip olduğunu ve bu sistemlerin standart irrigasyon ve lazer uygulamalarına kıyasla daha etkin olduklarını bulmuşlardır.

Farklı FDT sistemlerinin kullanımı, farklı fotosensitizer ajanların, değişik ışık parametrelerinin kullanımı gibi yöntemsel farklılıklar, FDT sistemlerinin mikrobiyal etkinliğini değerlendiren çalışmaların birbirleriyle kıyaslanmalarını zorlaştırmaktadır. Kök kanal sistemindeki bakteri türleri ve üreme modlarının FDT' ye yatkınlıklarını etkileyebileceği bulunmuştur (225). Ayrıca dentin, dentin matriksi, pulpa dokusu, bakteriyel lipopolisakkaritlerin de FDT'nin antimikrobiyal yeteneğini etkileyebileceği de gösterilmiştir (153).

Bizim bulgularımıza göre FDT sistemi *E. faecalis* eliminasyonunda %97.8911 başarı oranı gösterse de KHG irrigasyonu sonrası lazerle dezenfeksiyon, NaOCl'nin LAİ

ve her iki solüsyonun da PUI'sine kıyasla istatistiksel olarak daha başarısız bulunmuştur. FDT'ye kıyasla KHG ve NaOCl ile gerçekleştirilen diğer dezenfeksiyon yöntemlerinin birbirleri üzerine avantajları bulunmamakla birlikte, göreceli olarak en başarılı yöntem 10 örneğin 8' inde total eliminasyon gösteren NaOCl'nin PUI'sidir.

7.1. Sonuç ve Öneriler

Çalışmamızın sınırlamaları göz önünde bulundurularak elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. *E. faecalis*'in kök kanallarından eliminasyonunda FAD yöntemi, %2 KHG irrigasyonu sonrası Er,Cr:YSGG lazerle dezenfeksiyon ve %2.5 NaOCl'nin Er,Cr:YSGG lazerle aktive edilmesine kıyasla daha başarısızdır.
2. FAD yöntemi hem %2 KHG'nin, hem de %2.5' lik NaOCl' nin PUI ile aktive edildiği gruplara kıyasla daha başarısızdır.
3. İstatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamasına rağmen görece en başarılı grup on örneğin sekizinde negatif kültür elde edilen %2.5'lik NaOCl'nin PUI'sidir.
4. Toluidin mavisinin kullanıldığı Fotosan yöntemi geliştirilinceye kadar kök kanal dezenfeksiyonunda dikkatli kullanılmalıdır.

İn vitro çalışmalardan elde edilen bulgular klinik uygulamalara doğrudan yansıtılamayabilir fakat bu çalışmalar klinik çalışmalara öncü olabilirler. Bireysel faktörler, kök kanal yapısı, kök kanal florasındaki değişkenlik gibi unsurlar dikkate alınarak ileride gerçekleştirilecek in vivo çalışmalarda araştırmamızın bulguları faydalı olabilir.

8. KAYNAKLAR

1. Siqueira JF, Rocas IN, Ricucci D, Hulsmann M (2014). Causes and management of post-treatment apical periodontitis. *Br Dent J* 216: 305-312.
2. Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G (1997). Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J* 30: 297-306.
3. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U (1998). Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 85: 86-93.
4. Ricucci D, Siqueira JF (2010). Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. *J Endod* 36: 1277-1288.
5. Vieira AR, Siqueira JF, Ricucci D, Lopes WS (2012). Dentinal tubule infection as the cause of recurrent disease and late endodontic treatment failure: a case report. *J Endod* 38: 250-254.
6. Nair PN (2006). On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Int Endod J* 39: 249-281.
7. Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J (2005). Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 99: 231-252.
8. Siqueira JF (2001). Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *Int Endod J* 34: 1-10.
9. Rocas IN, Siqueira JF, Santos KR (2004). Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. *J Endod* 30: 315-320.
10. Siqueira JF, Rocas IN (2008). Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod* 34: 1291-1301 e1293.
11. Wong R (2004). Conventional endodontic failure and retreatment. *Dent Clin North Am* 48: 265-289.
12. Klinker T, Klimm W, Gutknecht N (1997). Antibacterial effects of Nd: YAG laser irradiation within root canal dentin. *J Clin Laser Med Surg* 15: 29-31.
13. Arnabat J, Escribano C, Fenosa A, Vinuesa T, Gay-Escoda C, Berini L, Vinas M (2010). Bactericidal activity of erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser in root canals. *Lasers Med Sci* 25: 805-810.
14. Bergmans L, Moisiadis P, Teughels W, Van Meerbeek B, Quirynen M, Lambrechts P (2006). Bactericidal effect of Nd:YAG laser irradiation on some endodontic pathogens ex vivo. *Int Endod J* 39: 547-557.

15. Eldeniz AU, Ozer F, Hadimli HH, Erganis O (2007). Bactericidal efficacy of Er,Cr:YSGG laser irradiation against *Enterococcus faecalis* compared with NaOCl irrigation: an ex vivo pilot study. *Int Endod J* 40: 112-119.
16. Fransson H, Larsson KM, Wolf E (2013). Efficacy of lasers as an adjunct to chemo-mechanical disinfection of infected root canals: a systematic review. *Int Endod J* 46: 296-307.
17. Funato A, Nakamura Y, Matsumoto K (1991). Effects of Nd:YAG laser irradiation on microcirculation. *J Clin Laser Med Surg* 9: 467-474.
18. De Moor RJ, Blanken J, Meire M, Verdaasdonk R (2009). Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: evaluation of the efficacy. *Lasers Surg Med* 41: 520-523.
19. Blanken J, De Moor RJ, Meire M, Verdaasdonk R (2009). Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study. *Lasers Surg Med* 41: 514-519.
20. Shehab N (2014). Recovery rate of *E.faecalis* after Er,Cr:YSGG laser disinfection of root canals: an ex- vivo study. *American Journal of Medical and Biological Research* 2: 12-17.
21. Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ (1965). The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 20: 340-349.
22. Moller AJ, Fabricius L, Dahlen G, Ohman AE, Heyden G (1981). Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissue in monkeys. *Scand J Dent Res* 89: 475-484.
23. Siqueira JF, Rocas IN, Ricucci D (2012). Biofilms in endodontic infections. *Endod Topics* 22: 33-49.
24. Siqueira JF, Rôças IN, Lopes HP (2002). Patterns of microbial colonization in primary root canal infections. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol, and Endod* 93: 174-178.
25. Nair PN (1987). Light and electron microscopic studies of root canal flora and periapical lesions. *J Endod* 13: 29-39.
26. Molven O, Olsen I, Kerekes K (1991). Scanning electron microscopy of bacteria in the apical part of root canals in permanent teeth with periapical lesions. *Endod Dent Traumatol* 7: 226-229.
27. Sen BH, Piskin B, Demirci T (1995). Observation of bacteria and fungi in infected root canals and dentinal tubules by SEM. *Endod Dent Traumatol* 11: 6-9.
28. Tronstad L, Barnett F, Cervone F (1990). Periapical bacterial plaque in teeth refractory to endodontic treatment. *Endod Dent Traumatol* 6: 73-77.

29. Siqueira JF, Lopes HP (2001). Bacteria on the apical root surfaces of untreated teeth with periradicular lesions: a scanning electron microscopy study. *Int Endod J* 34: 216-220.
30. Donlan RM, Costerton JW (2002). Biofilms: survival mechanisms of clinically relevant microorganisms. *Clin Microbiol Rev* 15: 167-193.
31. Svensater G, Bergholtz G (2004). Biofilms in endodontic infections. *Endod Topics* 9: 27-36.
32. Mohammadi Z, Palazzi F, Giardino L, Shalavi S (2013). Microbial biofilms in endodontic infections: an update review. *Biomed J* 36: 59-70.
33. Portenier I, Waltimo MTT, Haapasalo M (2003). *Enterococcus faecalis* –the root canal survivor and ‘star’ in post-treatment disease. *Endod Topics* 6: 135-159.
34. Tendolkar PM, Baghdayan AS, Shankar N (2003). Pathogenic enterococci: new developments in the 21st century. *Cell Mol Life Sci* 60: 2622-2636.
35. Lee W, Lim S, Son HH, Bae KS (2004). Sonicated extract of *Enterococcus faecalis* induces irreversible cell cycle arrest in phytohemagglutinin-activated human lymphocytes. *J Endod* 30: 209-212.
36. Hubble TS, Hatton JF, Nallapareddy SR, Murray BE, Gillespie MJ (2003). Influence of *Enterococcus faecalis* proteases and the collagen-binding protein, Ace, on adhesion to dentin. *Oral Microbiol Immunol* 18: 121-126.
37. Siqueira JF, De Uzeda M, Fonseca ME (1996). A scanning electron microscopic evaluation of in vitro dentinal tubules penetration by selected anaerobic bacteria. *J Endod* 22: 308-310.
38. Giard JC, Hartke A, Flahaut S, Benachour A, Boutibonnes P, Auffray Y (1996). Starvation-induced multiresistance in *Enterococcus faecalis*. JH2-2. *Curr Microbiol* 32: 264-271.
39. Hartke A, Giard JC, Laplace JM, Auffray Y (1998). Survival of *Enterococcus faecalis* in an oligotrophic microcosm: changes in morphology, development of general stress resistance, and analysis of protein synthesis. *Appl Environ Microbiol* 64: 4238-4245.
40. Kayaoglu G, Orstavik D (2004). Virulence Factors of *Enterococcus Faecalis*: Relationship to Endodontic Disease. *Crit Rev Oral Biol Med* 15: 308-320.
41. Figdor D, Davies JK, Sundqvist G (2003). Starvation survival, growth and recovery *Enterococcus faecalis* in human serum. *Oral Microbiol Immunol* 18: 234-239.
42. Distel JW, Hatton JF, Gillespie MJ (2002). Biofilm formation in medicated root canals. *J Endod* 28: 689-693.

43. Molander A, Reit C, Dahlen G, Kvist T (1998). Microbiological status of root-filled teeth with apical periodontitis. *Int Endod J* 31: 1-7.
44. Gomes BP, Pinheiro ET, Gade-Neto CR, Sousa EL, Ferraz CC, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ (2004). Microbiological examination of infected dental root canals. *Oral Microbiol Immunol* 19: 71-76.
45. Peciuliene V, Balciuniene I, Eriksen HM, Haapasalo M (2000). Isolation of *Enterococcus faecalis* in previously root-filled canals in a Lithuanian population. *J Endod* 26: 593-595.
46. Peciuliene V, Reynaud AH, Balciuniene I, Haapasalo M (2001). Isolation of yeasts and enteric bacteria in root-filled teeth with chronic apical periodontitis. *Int Endod J* 34: 429-434.
47. Siqueira JF, Rocas IN (2003). PCR methodology as a valuable tool for identification of endodontic pathogens. *J Dent* 31: 333-339.
48. Bago I, Plecko V, Gabric Panduric D, Schauperl Z, Baraba A, Anic I (2013). Antimicrobial efficacy of a high-power diode laser, photo-activated disinfection, conventional and sonic activated irrigation during root canal treatment. *Int Endod J* 46: 339-347.
49. Licata ME, Albanese A, Campisi G, Geraci DM, Russo R, Gallina G (2013). Effectiveness of a new method of disinfecting the root canal, using Er, Cr:YSGG laser to kill *Enterococcus faecalis* in an infected tooth model. *Lasers Med Sci* 30(2): 707-12
50. Mohammadi Z, Abbott PV (2009). Antimicrobial substantivity of root canal irrigants and medicaments: a review. *Aust Endod J* 35: 131-139.
51. Paque F, Balmer M, Attin T, Peters OA (2010). Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study. *J Endod* 36: 703-707.
52. Peters OA, Laib A, Gohring TN, Barbakow F (2001). Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. *J Endod* 27: 1-6.
53. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y (2014). Irrigation in endodontics. *Br Dent J* 216: 299-303.
54. Basrani B, Haapasalo M (2012). Update on endodontic irrigating solutions. *Endod Topics* 27: 74-102.
55. Pashley EL, Birdsong NL, Bowman K, Pashley DH (1985). Cytotoxic effects of NaOCl on vital tissue. *J Endod* 11: 525-528.

56. Siqueira JF, Machado AG, Silveira RM, Lopes HP, De Uzeda M (1997). 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* 30: 279-282.
57. Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spano JC, Marchesan MA, Pecora JD (2002). Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J* 13: 113-117.
58. Zehnder M (2006). Root canal irrigants. *J Endod* 32: 389-398.
59. Berber VB, Gomes BP, Sena NT, Vianna ME, Ferraz C, Zaia A, Souza Filho FJ (2006). Efficacy of various concentrations of NaOCl and instrumentation techniques in reducing *Enterococcus faecalis* within root canals and dentinal tubules. *Int Endod J* 39: 10-17.
60. Ma J, Wang Z, Shen Y, Haapasalo M (2011). A new noninvasive model to study the effectiveness of dentin disinfection by using confocal laser scanning microscopy. *J Endod* 37: 1380-1385.
61. Wang Z, Shen Y, Haapasalo M (2012). Effectiveness of endodontic disinfecting solutions against young and old *Enterococcus faecalis* biofilms in dentin canals. *J Endod* 38: 1376-1379.
62. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Aprecio RM, Handysides R, Jaramillo DE (2013). Biofilm removal by 6% sodium hypochlorite activated by different irrigation techniques. *Int Endod J* 47: 659-666
63. Moorer WR, Wesselink PR (1982). Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J* 15: 187-196.
64. Hand RE, Smith ML, Harrison JW (1978). Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *J Endod* 4: 60-64.
65. Siqueira JF, Rocas IN, Favieri A, Lima KC (2000). Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod* 26: 331-334.
66. Spangber L, Engstrom B, Langelan K (1973). Biologic effects of dental materials .3. Toxicity and antimicrobial effect of endodontic antiseptics in-vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol and Endod* 36: 856-871.
67. Shuping GB, Orstavik D, Sigurdsson A, Trope M (2000). Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. *J Endod* 26: 751-755.
68. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M (2005). The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod* 31: 669-671.

69. Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M (2010). Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod* 36: 1558-1562.
70. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y (2010). Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am* 54: 291-312.
71. Gomes BP, Ferraz CC, Vianna ME, Berber VB, Teixeira FB, Souza-Filho FJ (2001). In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J* 34: 424-428.
72. McDonnell G, Russell AD (1999). Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. *Clin Microbiol Rev* 12: 147-179.
73. Clegg MS, Vertucci FJ, Walker C, Belanger M, Britto LR (2006). The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *J Endod* 32: 434-437.
74. Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, Espigares-Garcia M, Baca P (2009). *Enterococcus faecalis* biofilms eradication by root canal irrigants. *J Endod* 35: 711-714.
75. Bryce G, O'Donnell D, Ready D, Ng YL, Pratten J, Gulabivala K (2009). Contemporary root canal irrigants are able to disrupt and eradicate single- and dual-species biofilms. *J Endod* 35: 1243-1248.
76. Williamson AE, Cardon JW, Drake DR (2009). Antimicrobial susceptibility of monoculture biofilms of a clinical isolate of *Enterococcus faecalis*. *J Endod* 35: 95-97.
77. Spratt DA, Pratten J, Wilson M, Gulabivala K (2001). An in vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. *Int Endod J* 34: 300-307.
78. Chavez de Paz LE, Bergenholtz G, Svensater G (2010). The effects of antimicrobials on endodontic biofilm bacteria. *J Endod* 36: 70-77.
79. Spangberg L, Rutberg M, Rydinge E (1979). Biologic effects of endodontic antimicrobial agents. *J Endod* 5: 166-175.
80. Mohammadi Z (2008). Chlorhexidine gluconate, its properties and applications in endodontics. *Int Endod J* 2: 113-125.
81. Hennessey TS (1973). Some antibacterial properties of chlorhexidine. *J Periodontal Res Suppl* 12: 61-67.
82. Hugo WB, Longworth AR (1964). Some Aspects of the Mode of Action of Chlorhexidine. *J Pharm Pharmacol* 16: 655-662.

83. Basrani B, Lemonie C (2005). Chlorhexidine gluconate. *Aust Endod J* 31: 48-52.
84. Athanassiadis B, Abbott PV, Walsh LJ (2007). The use of calcium hydroxide, antibiotics and biocides as antimicrobial medicaments in endodontics. *Aust Dent J* 52: S64-82.
85. Winrow MJ (1973). Metabolic studies with radiolabelled chlorhexidine in animals and man. *J Periodontal Res Suppl* 12: 45-48.
86. Gomes BP, Souza SF, Ferraz CC, Teixeira FB, Zaia AA, Valdrighi L, Souza-Filho FJ (2003). Effectiveness of 2% chlorhexidine gel and calcium hydroxide against *Enterococcus faecalis* in bovine root dentine in vitro. *Int Endod J* 36: 267-275.
87. Magnusson B, Heyden G (1973). Autoradiographic studies of ¹⁴C-chlorhexidine given orally in mice. *J Periodontal Res Suppl* 12: 49-54.
88. Hjeljord LG, Rolla G, Bonesvoll P (1973). Chlorhexidine-protein interactions. *J Periodontal Res Suppl* 12: 11-16.
89. Rolla G, Loe H, Schiott CR (1970). The affinity of chlorhexidine for hydroxyapatite and salivary mucins. *J Periodontal Res* 5: 90-95.
90. Turesky S, Warner V, Lin PS, Soloway B (1977). Prolongation of antibacterial activity of chlorhexidine adsorbed to teeth. Effect of sulfates. *J Periodontol* 48: 646-649.
91. Emilson CG, Ericson T, Heyden G, Magnusson BC (1973). Uptake of chlorhexidine to hydroxyapatite. *J Periodontal Res Suppl* 12: 17-21.
92. Loe H, Schiott CR (1970). The effect of mouthrinses and topical application of chlorhexidine on the development of dental plaque and gingivitis in man. *J Periodontal Res* 5: 79-83.
93. Basrani B, Ghanem A, Tjaderhane L (2004). Physical and chemical properties of chlorhexidine and calcium hydroxide-containing medications. *J Endod* 30: 413-417.
94. Basrani B, Santos JM, Tjaderhane L, Grad H, Gorduysus O, Huang J, Lawrence HP, Friedman S (2002). Substantive antimicrobial activity in chlorhexidine-treated human root dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 94: 240-245.
95. Basrani B, Tjaderhane L, Santos JM, Pascon E, Grad H, Lawrence HP, Friedman S (2003). Efficacy of chlorhexidine- and calcium hydroxide-containing medicaments against *Enterococcus faecalis* in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 96: 618-624.
96. Siqueira JF, De Uzeda M (1997). Intracanal medicaments: evaluation of the antibacterial effects of chlorhexidine, metronidazole, and calcium hydroxide associated with three vehicles. *J Endod* 23: 167-169.

97. Shen Y, Qian W, Chung C, Olsen I, Haapasalo M (2009). Evaluation of the effect of two chlorhexidine preparations on biofilm bacteria in vitro: a three-dimensional quantitative analysis. *J Endod* 35: 981-985.
98. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR (2004). The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *Int Endod J* 37: 607-612.
99. Card SJ, Sigurdsson A, Orstavik D, Trope M (2002). The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J Endod* 28: 779-783.
100. Fariniuk LF, Baratto-Filho F, Da Cruz-Filho AM, De Sousa-Neto MD (2003). Histologic analysis of the cleaning capacity of mechanical endodontic instruments activated by the ENDO flash system. *J Endod* 29: 651-653.
101. Ferreira RB, Alfredo E, Porto de Arruda M, Silva Sousa YT, Sousa-Neto MD (2004). Histological analysis of the cleaning capacity of nickel-titanium rotary instrumentation with ultrasonic irrigation in root canals. *Aust Endod J* 30: 56-58.
102. Peters OA (2004). Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 30: 559-567.
103. Schafer E, Zapke K (2000). A comparative scanning electron microscopic investigation of the efficacy of manual and automated instrumentation of root canals. *J Endod* 26: 660-664.
104. Wu MK, Van der Sluis LW, Wesselink PR (2003). The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals. *Int Endod J* 36: 218-224.
105. Wu MK, Wesselink PR (2001). A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J* 34: 137-141.
106. Tan BT, Messer HH (2002). The quality of apical canal preparation using hand and rotary instruments with specific criteria for enlargement based on initial apical file size. *J Endod* 28: 658-664.
107. Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR (2009). Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod* 35: 791-804.
108. Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M (2005). In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod* 31: 166-170.
109. Harrison AJ, Chivatxaranukul P, Parashos P, Messer HH (2010). The effect of ultrasonically activated irrigation on reduction of *Enterococcus faecalis* in experimentally infected root canals. *Int Endod J* 43: 968-977.
110. Mozo S, Llana C, Forner L (2012). Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*: e512-e516.

111. Van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J* 40: 415-426.
112. Weber CD, McClanahan SB, Miller GA, Diener-West M, Johnson JD (2003). The effect of passive ultrasonic activation of 2% chlorhexidine or 5.25% sodium hypochlorite irrigant on residual antimicrobial activity in root canals. *J Endod* 29: 562-564.
113. Hulsmann M, Hahn W (2000). Complications during root canal irrigation-- literature review and case reports. *Int Endod J* 33: 186-193.
114. Cotter JL, Fader RC, Lilley C, Herndon DN (1985). Chemical parameters, antimicrobial activities, and tissue toxicity of 0.1 and 0.5% sodium hypochlorite solutions. *Antimicrob Agents Chemother* 28: 118-122.
115. Christensen CE, McNeal SF, Eleazer P (2008). Effect of lowering the pH of sodium hypochlorite on dissolving tissue in vitro. *J Endod* 34: 449-452.
116. Kamburis JJ, Barker TH, Barfield RD, Eleazer PD (2003). Removal of organic debris from bovine dentin shavings. *J Endod* 29: 559-561.
117. Giardino L, Ambu E, Becce C, Rimondini L, Morra M (2006). Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. *J Endod* 32: 1091-1093.
118. Kishen A, Sum CP, Mathew S, Lim CT (2008). Influence of irrigation regimens on the adherence of *Enterococcus faecalis* to root canal dentin. *J Endod* 34: 850-854.
119. Van der Sluis LW, Gambarini G, Wu MK, Wesselink PR (2006). The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J* 39: 472-476.
120. Hauser V, Braun A, Frentzen M (2007). Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo). *Int Endod J* 40: 644-652.
121. Keir DM, Senia ES, Montgomery S (1990). Effectiveness of a brush in removing postinstrumentation canal debris. *J Endod* 16: 323-327.
122. Al-Hadlaq SM, Al-Turaiki SA, Al-Sulami U, Saad AY (2006). Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: a scanning electron microscopic study. *J Endod* 32: 1181-1184.
123. Wiggins S, Ottino JM (2004). Foundations of chaotic mixing. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci* 362: 937-970.
124. Akyüz Ekim ŞN, Erdemir A (2015). Endodontide irrigasyon aktivasyon yöntemleri. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg* 10: 98-104.

125. Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG (2002). Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *J Endod* 28: 837-839.
126. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA, Walton AJ (1988). Ultrasonic debridement of root canals: acoustic cavitation and its relevance. *J Endod* 14: 486-493.
127. Baker MC, Ashrafi SH, Van Cura JE, Remeikis NA (1988). Ultrasonic compared with hand instrumentation: a scanning electron microscope study. *J Endod* 14: 435-440.
128. Goldman M, White RR, Moser CR, Tenca JI (1988). A comparison of three methods of cleaning and shaping the root canal in vitro. *J Endod* 14: 7-12.
129. Lumley PJ, Walmsley AD, Walton RE, Rippin JW (1992). Effect of precurving endosonic files on the amount of debris and smear layer remaining in curved root canals. *J Endod* 18: 616-619.
130. Abbott PV, Heijkoop PS, Cardaci SC, Hume WR, Heithersay GS (1991). An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *Int Endod J* 24: 308-316.
131. Klyn SL, Kirkpatrick TC, Rutledge RE (2010). In vitro comparisons of debris removal of the EndoActivator system, the F file, ultrasonic irrigation, and NaOCl irrigation alone after hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod* 36: 1367-1371.
132. Weller RN, Brady JM, Bernier WE (1980). Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod* 6: 740-743.
133. Walmsley AD (1987). Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *Int Endod J* 20: 105-111.
134. Walmsley AD, Lea SC, Felver B, King DC, Price GJ (2013). Mapping cavitation activity around dental ultrasonic tips. *Clin Oral Investig* 17: 1227-1234.
135. Ahmad M, Pitt Ford TJ, Crum LA (1987). Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod* 13: 490-499.
136. Bhuva B, Patel S, Wilson R, Niazi S, Beighton D, Mannocci F (2010). The effectiveness of passive ultrasonic irrigation on intraradicular *Enterococcus faecalis* biofilms in extracted single-rooted human teeth. *Int Endod J* 43: 241-250.
137. Grundling GL, Zechin JG, Jardim WM, De Oliveira SD, De Figueiredo JA (2011). Effect of ultrasonics on *Enterococcus faecalis* biofilm in a bovine tooth model. *J Endod* 37: 1128-1133.
138. Al-Jadaa A, Paque F, Attin T, Zehnder M (2009). Acoustic hypochlorite activation in simulated curved canals. *J Endod* 35: 1408-1411.

139. Al-Jadaa A, Paque F, Attin T, Zehnder M (2009). Necrotic pulp tissue dissolution by passive ultrasonic irrigation in simulated accessory canals: impact of canal location and angulation. *Int Endod J* 42: 59-65.
140. Joyce E, Phull SS, Lorimer JP, Mason TJ (2003). The development and evaluation of ultrasound for the treatment of bacterial suspensions. A study of frequency, power and sonication time on cultured *Bacillus* species. *Ultrason Sonochem* 10: 315-318.
141. Jensen SA, Walker TL, Hutter JW, Nicoll BK (1999). Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod* 25: 735-738.
142. Konopka K, Goslinski T (2007). Photodynamic Therapy in Dentistry. *J Dent Res* 86: 694-707.
143. Chrepa V, Kotsakis GA, Pagonis TC, Hargreaves KM (2014). The effect of photodynamic therapy in root canal disinfection: a systematic review. *J Endod* 40: 891-898.
144. Gursoy H, Ozcakir-Tomruk C, Tanalp J, Yilmaz S (2013). Photodynamic therapy in dentistry: a literature review. *Clin Oral Investig* 17: 1113-1125.
145. Lee MT, Bird PS, Walsh LJ (2004). Photo-activated disinfection of the root canal: a new role for lasers in endodontics. *Aust Endod J* 30: 93-98.
146. Amyra T, Walsh LT, Walsh LJ (2000). An assessment of techniques for dehydrating root canals using infrared laser radiation. *Aust Endod J* 26: 78-80.
147. Walsh LJ (1997). The current status of low level laser therapy in dentistry. Part 1. Soft tissue applications. *Aust Dent J* 42: 247-254.
148. Nunes MR, Mello I, Franco GC, De Medeiros JM, Dos Santos SS, Habitante SM, Lage-Marques JL, Raldi DP (2011). Effectiveness of photodynamic therapy against *Enterococcus faecalis*, with and without the use of an intracanal optical fiber: an in vitro study. *Photomed Laser Surg* 29: 803-808.
149. Rios A, He J, Glickman GN, Spears R, Schneiderman ED, Honeyman AL (2011). Evaluation of photodynamic therapy using a light-emitting diode lamp against *Enterococcus faecalis* in extracted human teeth. *J Endod* 37: 856-859.
150. Garcez AS, Nunez SC, Hamblim MR, Suzuki H, Ribeiro MS (2010). Photodynamic therapy associated with conventional endodontic treatment in patients with antibiotic-resistant microflora: a preliminary report. *J Endod* 36: 1463-1466.
151. Ng R, Singh F, Papamanou DA, Song X, Patel C, Holewa C, Patel N, Klepac-Ceraj V, Fontana CR, Kent R, Pagonis TC, Stashenko PP, Soukos NS (2011). Endodontic photodynamic therapy ex vivo. *J Endod* 37: 217-222.

152. Souza LC, Brito PR, De Oliveira JC, Alves FR, Moreira EJ, Sampaio-Filho HR, Rocas IN, Siqueira JF (2010). Photodynamic therapy with two different photosensitizers as a supplement to instrumentation/irrigation procedures in promoting intracanal reduction of *Enterococcus faecalis*. *J Endod* 36: 292-296.
153. Shrestha A, Kishen A (2012). The effect of tissue inhibitors on the antibacterial activity of chitosan nanoparticles and photodynamic therapy. *J Endod* 38: 1275-1278.
154. <http://www.metcodental.com/dosya/FotoSan.pdf>.
155. <http://www.crossprotection.com.sg/?p=3059>.
156. Filipov I, Markova K, Boyadzhieva E (2013). Efficiency of Photoactivated Disinfection on Experimental Biofilm - Scanning Electron Microscopy Results. *J of IMAB* 19: 383-387.
157. Schlafer S, Vaeth M, Horsted-Bindslev P, Frandsen EV (2010). Endodontic photoactivated disinfection using a conventional light source: an in vitro and ex vivo study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 109: 634-641.
158. Gergova RT, Gueorgieva T, Dencheva-Garova MS, Krasteva-Panova AZ, Kalchinov V, Mitov I, Kamenoff J (2015). Antimicrobial activity of different disinfection methods against biofilms in root canals. *J Investig Clin Dent* 30: 1-9
159. Coluzzi DJ (2004). Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dent Clin North Am* 48: 751-770, v.
160. Martens LC (2011). Laser physics and a review of laser applications in dentistry for children. *Eur Arch Paediatr Dent* 12: 61-67.
161. Zakariasen KL, Dederich DN (1991). Dental lasers and science. *J Can Dent Assoc* 57: 570-573.
162. Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K (2000). Lasers in endodontics: a review. *Int Endod J* 33: 173-185.
163. Weichman JA, Johnson FM, Nitta LK (1972). Laser use in endodontics. II. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 34: 828-830.
164. Lee MT, Bird PS, Walsh LJ (2004). Photo-activated disinfection of the root canal: a new role for lasers in endodontics. *Aust Endod J* 30: 93-98.
165. Mohammadi Z (2009). Laser applications in endodontics: an update review. *Int Dent J* 59: 35-46.
166. Gordon W, Atabakhsh VA, Meza F, Doms A, Nissan R, RizoIU I, Stevens RH (2007). The antimicrobial efficacy of the erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial emitting tips on root canal dentin walls infected with *Enterococcus faecalis*. *J Am Dent Assoc* 138: 992-1002.

167. Hardee MW, Miserendino LJ, Kos W, Walia H (1994). Evaluation of the antibacterial effects of intracanal Nd:YAG laser irradiation. *J Endod* 20: 377-380.
168. Kuvvetli SS, Sandalli N, Topcuoglu N, Kulekci G (2009). Antibacterial efficacy of diode and Er:YAG laser irradiation in experimentally contaminated primary molar root canals. *J Clin Pediatr Dent* 34: 43-48.
169. Ozkan L, Cetiner S, Sanlidag T (2014). Effect of Er,Cr:YSGG laser irradiation with radial firing tips on *Candida albicans* in experimentally infected root canals. *Biomed Res Int* 2014: 938245.
170. Ishizaki NT, Matsumoto K, Kimura Y, Wang X, Kinoshita J, Okano SM, Jayawardena JA (2004). Thermographical and morphological studies of Er,Cr:YSGG laser irradiation on root canal walls. *Photomed Laser Surg* 22: 291-297.
171. Schoop U, Kluger W, Moritz A, Nedjelic N, Georgopoulos A, Sperr W (2004). Bactericidal effect of different laser systems in the deep layers of dentin. *Lasers Surg Med* 35: 111-116.
172. Wang QQ, Zhang CF, Yin XZ (2007). Evaluation of the bactericidal effect of Er,Cr:YSGG, and Nd:YAG lasers in experimentally infected root canals. *J Endod* 33: 830-832.
173. Silva AC, Guglielmi C, Meneguzzo DT, Aranha AC, Bombana AC, De Paula Eduardo C (2010). Analysis of permeability and morphology of root canal dentin after Er,Cr:YSGG laser irradiation. *Photomed Laser Surg* 28: 103-108.
174. Kolnick J (2011). The clinical use of the Er,Cr:YSGG laser in endodontic therapy. *Roots* 2: 14-18.
175. Sahar-Helft S, Stabholtz A, Moshonov J, Gutkin V, Redenski I, Steinberg D (2013). Effect of Er:YAG laser-activated irrigation solution on *Enterococcus Faecalis* biofilm in an ex-vivo root canal model. *Photomed Laser Surg* 31: 334-341.
176. De Groot SD, Verhaagen B, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR, Van der Sluis LW (2009). Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization. *Int Endod J* 42: 1077-1083.
177. Hope CK, Garton SG, Wang Q, Burnside G, Farrelly PJ (2010). A direct comparison between extracted tooth and filter-membrane biofilm models of endodontic irrigation using *Enterococcus faecalis*. *Arch Microbiol* 192: 775-781.
178. Stojicic S, Shen Y, Haapasalo M (2013). Effect of the source of biofilm bacteria, level of biofilm maturation, and type of disinfecting agent on the susceptibility of biofilm bacteria to antibacterial agents. *J Endod* 39: 473-477.

179. Del Carpio-Perochena AE, Bramante CM, Duarte MA, Cavenago BC, Villas-Boas MH, Graeff MS, Bernardineli N, De Andrade FB, Ordinola-Zapata R (2011). Biofilm dissolution and cleaning ability of different irrigant solutions on intraorally infected dentin. *J Endod* 37: 1134-1138.
180. Anic I, Matsumoto K (1995). Comparison of the sealing ability of laser-softened, laterally condensed and low-temperature thermoplasticized gutta-percha. *J Endod* 21: 464-469.
181. Haapasalo HK, Siren EK, Waltimo TM, Orstavik D, Haapasalo MP (2000). Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study. *Int Endod J* 33: 126-131.
182. Sood S, Malhotra M, Das BK, Kapil A (2008). Enterococcal infections & antimicrobial resistance. *Indian J Med Res* 128: 111-121.
183. Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ, Owatz CB (2006). *Enterococcus faecalis*: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *J Endod* 32: 93-98.
184. Siqueira JF, Rocas IN, Lopes HP (2002). Patterns of microbial colonization in primary root canal infections. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 93: 174-178.
185. Siqueira JF, Rocas IN (2009). Diversity of endodontic microbiota revisited. *J Dent Res* 88: 969-981.
186. George S, Kishen A, Song KP (2005). The role of environmental changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by *Enterococcus faecalis*. *J Endod* 31: 867-872.
187. Kishen A, George S, Kumar R (2006). *Enterococcus faecalis*-mediated biomineralized biofilm formation on root canal dentine in vitro. *J Biomed Mater Res A* 77: 406-415.
188. Estrela C, Sydney GB, Figueiredo JAP, Estrela CRA (2009). A model system to study antimicrobial strategies in endodontic biofilms. *J Appl Oral Sci* 17: 87-91.
189. Pedulla E, Genovese C, Campagna E, Tempera G, Rapisarda E (2012). Decontamination efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming (PIPS) of irrigants using low-energy laser settings: an ex vivo study. *Int Endod J* 45: 865-870.
190. Dunavant TR, Regan JD, Glickman GN, Solomon ES, Honeyman AL (2006). Comparative evaluation of endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod* 32: 527-531.
191. Dewsnup N, Pileggi R, Haddix J, Nair U, Walker C, Varella CH (2010). Comparison of bacterial reduction in straight and curved canals using erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser treatment versus a traditional irrigation technique with sodium hypochlorite. *J Endod* 36: 725-728.

192. Davey ME, O'Toole GA (2000). Microbial biofilms: from Ecology to Molecular Genetics. *Microbiol Mol Biol Rev* 64: 847-867.
193. Kocak S, Kocak MM, Saglam BC, Aktas E (2014). Efficacy of three irrigation agitation techniques on bacterial elimination: a microbiologic and microscopic evaluation. *Scanning* 36: 512-516.
194. Cogulu D, Uzel A, Oncag O, Aksoy SC, Eronat C (2007). Detection of *Enterococcus faecalis* in Necrotic Teeth Root Canals by Culture and Polymerase Chain Reaction Methods. *Eur J Dent* 1: 216-221.
195. Agrawal V, Rao MSR, Dhingra K, Gopal VR, Mohapatra A, Mohapatra A (2013). 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*. *J Contemp Dent Pract* 14: 842-847.
196. Deplazes P, Peters O,Barbakow F (2001). Comparing apical preparations of root canals shaped by nickel-titanium rotary instruments and nickel-titanium hand instruments. *J Endod* 27: 196-202.
197. Sen BH, Wesselink PR, Turkun M (1995). The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J* 28: 141-148.
198. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD (1984). Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod* 10: 477-483.
199. Haapasalo M, Qian W, Portenier I, Waltimo T (2007). Effects of dentin on the antimicrobial properties of endodontic medicaments. *J Endod* 33: 917-925.
200. Paque F, Boessler C, Zehnder M (2011). Accumulated hard tissue debris levels in mesial roots of mandibular molars after sequential irrigation steps. *Int Endod J* 44: 148-153.
201. Van der Sluis LW, Verhaagen B, Macedo RG, Versluis M (2014). Disinfection of the root canal system by sonic, ultrasonic, and laser activated irrigation. *Disinfection of Root Canal Systems: The Treatment of Apical Periodontitis*. (Ed: Cohenca N). John Wiley & Sons, USA, 217-238.
202. Giardino L, Ambu E, Savoldi E, Rimondini R, Cassanelli C, Debbia EA (2007). Comparative evaluation of antimicrobial efficacy of sodium hypochlorite, MTAD, and Tetraclean against *Enterococcus faecalis* biofilm. *J Endod* 33: 852-855.
203. Molander A, Warfvinge J, Reit C, Kvist T (2007). Clinical and radiographic evaluation of one- and two-visit endodontic treatment of asymptomatic necrotic teeth with apical periodontitis: a randomized clinical trial. *J Endod* 33: 1145-1148.
204. Lin LM, Pascon EA, Skribner J, Gangler P, Langeland K (1991). Clinical, radiographic, and histologic study of endodontic treatment failures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 71: 603-611.

205. Foschi F, Nucci C, Montebugnoli L, Marchionni S, Breschi L, Malagnino VA, Prati C (2004). SEM evaluation of canal wall dentine following use of Mtwo and ProTaper NiTi rotary instruments. *Int Endod J* 37: 832-839.
206. Boutsoukis C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, Van der Sluis LW (2010). Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod* 36: 875-879.
207. Siqueira JF, Machado AG, Silveira RM, Lopes HP, De Uzeda M (1997). 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* 30: 279-282.
208. Brito PR, Souza LC, Machado de Oliveira JC, Alves FR, De-Deus G, Lopes HP, Siqueira JF (2009). Comparison of the effectiveness of three irrigation techniques in reducing intracanal *Enterococcus faecalis* populations: an in vitro study. *J Endod* 35: 1422-1427.
209. Paiva SS, Siqueira JF, Rocas IN, Carmo FL, Ferreira DC, Curvelo JA, Soares RM, Rosado AS (2012). Supplementing the antimicrobial effects of chemomechanical debridement with either passive ultrasonic irrigation or a final rinse with chlorhexidine: a clinical study. *J Endod* 38: 1202-1206.
210. Christo JE, Zilm PS, Sullivan T, Cathro PR (2015). Efficacy of low concentrations of sodium hypochlorite and low powered Er,Cr:YSGG laser activated irrigation against an *Enterococcus faecalis* biofilm. *Int Endod J* [Epub ahead of print]
211. Peters OA, Bardsley S, Fong J, Pandher G, Divito E (2011). Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *J Endod* 37: 1008-1012.
212. Peeters HH, Suardita K (2011). Efficacy of smear layer removal at the root tip by using ethylenediaminetetraacetic acid and erbium, chromium: yttrium, scandium, gallium garnet laser. *J Endod* 37: 1585-1589.
213. Arslan H, Ayranci LB, Karatas E, Topcuoglu HS, Yavuz MS, Kesim B (2013). Effect of agitation of EDTA with 808-nanometer diode laser on removal of smear layer. *J Endod* 39: 1589-1592.
214. Deleu E, Meire MA, De Moor RJ (2015). Efficacy of laser-based irrigant activation methods in removing debris from simulated root canal irregularities. *Lasers Med Sci* 30: 831-835.
215. Cheng X, Guan S, Lu H, Zhao C, Chen X, Li N, Bai Q, Tian Y, Yu Q (2012). Evaluation of the bactericidal effect of Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG laser radiation, and antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) in experimentally infected root canals. *Lasers Surg Med* 44: 824-831.

216. Martins MR, Carvalho MF, Vaz IP, Capelas JA, Martins MA, Gutknecht N (2013). Efficacy of Er,Cr:YSGG laser with endodontical radial firing tips on the outcome of endodontic treatment: blind randomized controlled clinical trial with six-month evaluation. *Lasers Med Sci* 28: 1049-1055.
217. Al Shahrani M, DiVito E, Hughes CV, Nathanson D, Huang GT (2014). Enhanced removal of *Enterococcus faecalis* biofilms in the root canal using sodium hypochlorite plus photon-induced photoacoustic streaming: an in vitro study. *Photomed Laser Surg* 32: 260-266.
218. Seet AN, Zilm PS, Gully NJ, Cathro PR (2012). Qualitative comparison of sonic or laser energisation of 4% sodium hypochlorite on an *Enterococcus faecalis* biofilm grown in vitro. *Aust Endod J* 38: 100-106.
219. Soukos NS, Chen PS, Morris JT, Ruggiero K, Abernethy AD, Som S, Foschi F, Doucette S, Bammann LL, Fontana CR, Doukas AG, Stashenko PP (2006). Photodynamic therapy for endodontic disinfection. *J Endod* 32: 979-984.
220. Tennert C, Feldmann K, Haamann E, Al-Ahmad A, Follo M, Wrbas KT, Hellwig E, Altenburger MJ (2014). Effect of photodynamic therapy (PDT) on *Enterococcus faecalis* biofilm in experimental primary and secondary endodontic infections. *BMC Oral Health* 14: 132.
221. Garcez AS, Nunez SC, Hamblin MR, Ribeiro MS (2008). Antimicrobial effects of photodynamic therapy on patients with necrotic pulps and periapical lesion. *J Endod* 34: 138-142.
222. Bergmans L, Moisiadis P, Huybrechts B, Van Meerbeek B, Quirynen M, Lambrechts P (2008). Effect of photo-activated disinfection on endodontic pathogens ex vivo. *Int Endod J* 41: 227-239.
223. Wang Y, Huang X (2014). Comparative antibacterial efficacy of photodynamic therapy and ultrasonic irrigation against *Enterococcus faecalis* in vitro. *Photochem Photobiol* 90: 1084-1088.
224. Meire MA, De Prijck K, Coenye T, Nelis HJ, De Moor RJ (2009). Effectiveness of different laser systems to kill *Enterococcus faecalis* in aqueous suspension and in an infected tooth model. *Int Endod J* 42: 351-359.
225. Upadya MH, Kishen A (2010). Influence of bacterial growth modes on the susceptibility to light-activated disinfection. *Int Endod J* 43: 978-987.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Soyadı, Adı : AYDIN, Saime Aslı
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 22. 05. 1987 Bandırma
Medeni hali : Evli
Telefon : 0462 377 47 75
E-Posta : s.aslikahraman@gmail.com
Yazışma adresi : KTÜ Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Trabzon

EĞİTİM BİLGİLERİ

Derece	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Lisans	Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2009
Lise	Ankara Dikmen Lisesi	2004

AKADEMİK/MESLEKİ DENEYİMİ

Görevi	Kurum	Süre (Yıl-Yıl)
1. Araştırma Görevlisi	K.T.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	2010 -

YABANCI DİL

İngilizce

UZMANLIK ALANI

Endodonti

YAYINLAR/ BİLDİRİLER

ÖDÜLLER/ TEŞVİKLER/ BURSLAR

HOBİLER

Yüzmek, kitap okumak, film izlemek