



T. C.
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**Er:YAG (PIPS) VE Nd:YAG LAZERLERİN KÖK KANALINDA
ENTEROCOCCUS FAECALIS VE CANDIDA ALBICANS
ÜZERİNE ETKİNLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hüseyin BENCE
DOKTORA TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANLARI

Dr. Öğr. Üyesi Fatma TUNÇ

Prof. Dr. Güven KAYAOĞLU

Gaziantep
2020

T.C.
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

Er:YAG (PIPS) VE Nd:YAG LAZERLERİN KÖK KANALINDA ENTEROCOCCUS
FAECALİS VE CANDIDA ALBİCANS ÜZERİNE ETKİNLİKLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Hüseyin BENCE

Tez Savunma Tarihi: 12/03/2020

Prof.Dr.MehmetTARAKÇIOĞLU
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez çalışmasının bir “Doktora” derecesi için uygun ve yeterli bir çalışma olduğunu onaylıyorum.

Doç. Dr. Uğur AYDIN
Endodonti Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımda okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir “Doktora” tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üye. Fatma TUNÇ
Tez Danışmanı

Prof. Dr. Güven KAYAOĞLU
Ortak Tez Danışmanı

Bu tez tarafımda okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir “Doktora” tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

İmzası

Prof. Dr. Ali Cemal TINAZ

Doç. Dr. Fatih SARI

Dr. Öğr. Üye. Fatma TUNÇ

Dr. Öğr. Üye. Fatih AKSOY

Dr. Öğr. Üye. Melis YILMAZ

BEYAN

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

12/03/2020

Hüseyin BENCE

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim ve tezim hazırlanması boyunca desteğini, ilgisini ve tecrübesini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve deneyimleriyle ufkumu genişleten, zengin bakış açısıyla yol gösteren, tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi. Fatma TUNÇ 'a,

Doktora eğitimime ve tezimin hazırlanmasına katkıda bulunan ikinci tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Güven KAYAOĞLU'na,

Doktora eğitimim süresince desteğini esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Dr. Uğur AYDIN'a,

Asistanlık eğitimim boyunca bilgilerinden ve fikirlerinden son derece yararlandığım ve tezimi yapmamda verdiği destekten dolayı Sayın Arş. Gör. Zeynel Abidin ŞİMŞEKYILMAZ'a,

Çalışmamda ve asistanlık eğitimim boyunca beraber çalıştığım tüm Endodonti Bölümü AD asistan arkadaşlarıma,

Ayrıca tüm yaşamım boyunca sevgileri ile yanımda olan ve her konuda olduğu gibi tezim süresince de maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili annem, babam ve kardeşlerime teşekkürlerimi sunarım.

12/03/2020

Hüseyin BENCE

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMA ve SİMGELER	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
RESİMLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ	viii
ÖZET	1
ABSTRACT.....	2
1. GİRİŞ VE AMAÇ	3
2. GENEL BİLGİLER.....	6
2.1. Kök Kanal Dezenfeksiyonunun Önemi	6
2.2. Kök Kanal Tedavisinin Başarısını Etkileyen Faktörler	6
2.2.1. Mikrobiyal faktörler.....	6
2.2.1.1. <i>Enterococcus faecalis</i> (<i>E. faecalis</i>).....	8
2.2.1.2. <i>Candida albicans</i> (<i>C. albicans</i>).....	11
2.2.1.3. Biyofilm	13
2.2.2. Mikrobiyal olmayan faktörler	15
2.3. Kök Kanal Preparasyonunun Önemi	16
2.3.1. Kök Kanal Preparasyon Yöntemleri	17
2.3.1.1. Standardize preparasyon tekniği.....	17
2.3.1.2. Step-Back tekniği.....	17
2.3.1.3. Dengelenmiş kuvvet tekniği (Balanced-Force).....	18
2.3.1.4. Step-down tekniği.....	18
2.3.1.5. Crown-down tekniği	18
2.3.2. Ni-Ti Döner Sistemlerde Kanal Preparasyonu.....	19
2.3.3. Ni-Ti Alaşımların Tarihsel Gelişimi ve Metalurjik Özellikleri	19
2.3.4. Reciproc Sistem.....	20
2.4. Kök Kanal İrrigasyonunun Önemi	21
2.4.1. Endodontide Kullanılan İrrigasyon Ajanları	23
2.4.1.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)	23
2.4.1.2. Etilendiamintetraasetik Asit (EDTA)	24
2.4.1.3. Sitrik Asit (SA).....	24

2.4.1.4. MTAD	25
2.4.1.5. Tetraclean	25
2.4.1.6. Klorheksidin Glukonat (CHX)	26
2.5. Lazerler	26
2.5.1. Lazerlerin Sınıflandırılması	28
2.5.2. Lazer-Doku Etkileşimi	29
2.5.3. Lazerlerin Diş Hekimliği Uygulamaları	29
2.5.4. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler	29
2.5.4.1. Argon lazerler	29
2.5.4.2. CO ₂ lazer	30
2.5.4.3. Diyot lazer	31
2.5.4.4. Er,Cr:YSGG lazer	31
2.5.4.5. Nd:YAG lazer	32
2.5.4.6. Er:YAG lazer ve PIPS tekniği	33
2.5.5. Lazer Kullanım Parametreleri	34
3. GEREÇ VE YÖNTEM	36
3.1. Çalışma Yöntemi	36
3.2. Örneklerin Hazırlanması	36
3.3. Çalışmada Kullanılan Mikroorganizmalar	38
3.4. Standart Mikroorganizmaların Üretilmesi ve Deney İçin Hazırlanması	39
3.5. Deney ve Kontrol Gruplarının Oluşturulması	39
3.6. Kök Kanallarının Enfekte Edilmesi	40
3.7. Kök Kanal Dezenfeksiyonu	41
3.7.1. Nd:YAG lazer grupları	41
3.7.2. Er:YAG (PIPS) lazer + NaOCl grupları	42
3.7.3. Sodyum Hipoklorit (NaOCl) grupları	44
3.7.4. Pozitif Kontrol Grupları	44
3.7.5. Negatif Kontrol Grupları	45
3.8. Lazer ve NaOCl Uygulamasından Sonra Cfu/ml Değerlerinin Belirlenmesi	45
3.9. İstatistiksel Değerlendirme	46
4. BULGULAR	47
4.1. <i>E. faecalis</i> ile Enfekte Edilen Örneklerden Dezenfeksiyon İşlemlerinin Öncesi ve Hemen Ardından Elde Edilen Bulgular	47

4.2. <i>C. albicans</i> ile Enfekte Edilen Örneklerden Dezenfeksiyon İşlemlerinin Hemen Ardından Elde Edilen Bulgular	49
5. TARTIŞMA	52
6. SONUÇ	62
7. KAYNAKLAR	63
8. ÖZGEÇMİŞ	82
9. EKLER	83



KISALTMA ve SİMGELER

aPDT	Antimikrobiyal FotoDinamik Terapi
CO ₂	Karbondioksit
Ca(OH) ₂	Kalsiyum hidroksit
CHX	Klorheksidin Glukonat
CFU	Colony forming unit
CW	Continuous Wave
DNA	Deoksi ribo Nükleik Asit
<i>E. faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
EDTA	Etilendiamintetraasetik asit
Er,Cr:YSGG	Erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet
Er:YAG	Erbium: yttrium- aluminum-garnet
g	Gram
Gr(+)	Gram pozitif
Gr(-)	Gram negatif
Hz	Hertz
J	Joule
LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
mJ	Milijoule
mJ/cm ²	Milijoule/santimetrekare
ml	Mililitre
mm	Milimetre
MTA	Mineral trioksit agregat
NaOCl	Sodyum Hipoklorit
Nd:YAG	Neodymium-yttrium-aluminum-garnet
Ni-Ti	Nikel Titanyum
nm	Nanometre
#	Numara
<i>P. aeruginosa</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
pH	Power of hydrogen
PIPS	Photon Induced Photoacoustic Streaming
RNA	Ribo Nükleik Asit
PCR	Polymerase Chain Reaction
SEM	Scanning Electron Microscope
<i>S. aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
Sn	Saniye
°C	Santigrat Derece
W	Watt
%	Yüzde
>	Büyüktür
<	Küçüktür
μ	Mikron
μm	Mikrometre
μl	Mikrolitre

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4. 1. Deney gruplarındaki <i>E. faecalis</i> miktarının dezenfeksiyon işleminin öncesi ve hemen ardından medyan grafiği.....	49
Şekil 4. 2. Deney gruplarındaki <i>C. albicans</i> miktarının dezenfeksiyon işleminin öncesi ve hemen ardından medyan grafiği.....	51



RESİMLER LİSTESİ

Resim 3. 1. 12 mm kök boyuna sahip kron kısmı kesilmiş örnekler	37
Resim 3. 2. Köklerin apeksleri kompozit dolguyla tıkanmış örnekler	37
Resim 3. 3. Eppendorf tüpleri içerisinde yer alan örnekler	38
Resim 3. 4. <i>E. faecalis</i> üremesinin gözlendiği koyun kanlı agar besiyeri görüntüsü	39
Resim 3. 5. <i>C. albicans</i> üremesinin gözlendiği SDA besiyeri görüntüsü	39
Resim 3. 6. Mikrobiyolojik ekimlerin gerçekleştirildiği güvenlik kabini	41
Resim 3. 7. Çalışmamızda kullanılan Nd:YAG lazer cihazı	42
Resim 3. 8. Nd:YAG lazer parametre değerleri.....	42
Resim 3. 9. Çalışmamızda kullanılan Er:YAG lazer cihazı	43
Resim 3. 10. Er:YAG lazer parametre değerleri	43
Resim 3. 11. Çalışmamızda kullanılan NaOCl solüsyonu.....	44
Resim 3. 12. Kanalların %5'lik NaOCl ile irrigasyon işlemi	44
Resim 3. 13. Dezenfeksiyon uygulamasını takiben kültür alma işlemi	45

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 4. 1. Deney gruplarındaki <i>E. faecalis</i> miktarının (cfu/ml) dezenfeksiyon işleminin öncesi ve hemen ardından medyan [%25-%75] değerleri tablosu	47
Tablo 4. 2. Dezenfeksiyon işlemleri öncesi <i>E. faecalis</i> miktarı bakımından gruplar arası karşılaştırma	48
Tablo 4. 3. Deney gruplarındaki <i>E. faecalis</i> miktarının dezenfeksiyon işleminin sonrası P değerleri tablosu	48
Tablo 4. 4. Deney gruplarındaki <i>C. albicans</i> miktarının dezenfeksiyon işleminin öncesi ve hemen ardından medyan [%25-%75] değerleri tablosu	50
Tablo 4. 5. Dezenfeksiyon işlemleri öncesi <i>C. albicans</i> miktarı bakımından gruplar arası karşılaştırma	50
Tablo 4. 6. Deney gruplarındaki <i>C. albicans</i> miktarının dezenfeksiyon işleminin sonrası P değerleri tablosu	51

ÖZET

Er:YAG (PIPS) VE Nd:YAG LAZERLERİN KÖK KANALINDA ENTEROCOCCUS FAECALIS VE CANDIDA ALBICANS ÜZERİNE ANTİMİKROBİYAL ETKİNLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hüseyin BENCE

Doktora Tezi, Gaziantep Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Endodonti Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Fatma TUNÇ

Ortak Tez Danışmanı: Prof. Dr. Güven KAYAOĞLU

Mart 2020, 95 sayfa

Bu çalışmamızın amacı, kök kanal dezenfeksiyonu için farklı yöntem olarak gösterilen lazer sistemlerinden Nd:YAG ve Er:YAG (PIPS) lazerlerin, *Enterococcus faecalis* ve *Candida albicans* üzerindeki antimikrobiyal etkinliklerinin NaOCl ile karşılaştırılmasıdır. Çalışmamızda 140 tek köklü ve tek kanallara sahip insan alt premolar dişi kullanıldı. Örnekler prepare edildikten sonra sterilize edilip 2 gruba ayrıldı. Grup 1'deki kök kanalları *E. faecalis*, Grup 2'deki kök kanalları *C. albicans* ile enfekte edildi. Negatif kontrol grubu hariç, her bir örneğin kök kanalına 10^5 cfu/ml yoğunluğunda ve 10 µl hacminde mikroorganizma ekimi yapılarak standardizasyon sağlandı. Bütün örnekler 4 haftalık inkübasyona tabi tutulmasının ardından rastgele 10 gruba ayrıldı; 1A: Nd:YAG lazer (n=20), 1B: Er:YAG lazer + NaOCl (n=20), 1C: %5 NaOCl (n=20), 1D: pozitif kontrol (n=5), 1E: negatif kontrol (n=5), 2A: Nd:YAG lazer (n=20), 2B: Er:YAG lazer + NaOCl (n=20), 2C: %5 NaOCl (n=20), 2D: pozitif kontrol (n=5), 2E: negatif kontrol (n=5). Tüm örneklerden, dezenfeksiyon işlemi sonrası kültür alınarak cfu/ml değerleri belirlendi. Veriler Kruskal Wallis ve Dunn testleri ile analiz edildi. Er:YAG lazer + NaOCl, NaOCl ve Nd:YAG lazer gruplarında dezenfeksiyon işleminin ardından kök kanallarından elde edilen mikroorganizma miktarında anlamlı azalma olduğu gözlemlendi ($p<0.05$). NaOCl'nin tek başına kullanımı ile Er:YAG (PIPS) lazer tekniği kullanılarak aktive edilmesi arasında mikroorganizma eliminasyonu açısından anlamlı bir fark görülmemektedir. NaOCl çok kuvvetli bir dezenfektandır.

Anahtar kelimeler: *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*, lazer.

ABSTRACT

COMPARISON OF THE ANTIMICROBIAL EFFECTS OF Er:YAG (PIPS) AND Nd:YAG LASERS IN THE ROOT CANAL ON ENTEROCOCCUS FAECALIS AND CANDIDA ALBICANS

Hüseyin BENCE

Phd Thesis, Gaziantep University Health Sciences Institute

Department of Endodontics

Supervisor: Asst. Prof. Fatma TUNÇ

Co-advisor: Prof. Dr. Güven KAYAOĞLU

March 2020, 95 pages

This study aimed to evaluate the antimicrobial efficiency of Nd:YAG and Er:YAG (PIPS) lasers on *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* grown in root canals of extracted teeth. One hundred and forty single-rooted human mandibular premolars were selected for the study. After preparation and sterilization, the samples were divided into 2 groups. Root canals in Group 1 were infected with *E. faecalis* while others in Group 2 were infected with *C. albicans*. Each sample (except negative control groups) was inoculated with 10^5 cfu/ml and a volume of 10 µl of microorganisms. After 4 weeks of incubation, the teeth were randomly divided into 10 subgroups; 1A: Nd:YAG laser (n=20), 1B: Er:YAG (PIPS) laser + NaOCl (n=20), 1C: 5% NaOCl (n=20), 1D: positive control (n=5), 1E: negative control (n=5), 2A: Nd:YAG laser (n=20), 2B: Er:YAG (PIPS) laser + NaOCl (n=20), 2C: 5% NaOCl (n=20), 2D: positive control (n=5), 2E: negative control (n=5). After the disinfection procedure, the culture of each sample was estimated immediately to determine the cfu/ml values. The data were analyzed with the Kruskal Wallis and Dunn tests. Er:YAG (PIPS) laser + NaOCl, NaOCl and Nd:YAG laser groups presented a significant reduction in the number of viable microorganisms obtained from the root canal following the disinfection procedure ($p<0.05$). There was no significant difference in terms of microorganism elimination between irrigation with NaOCl alone and activation of the irrigation solution with the Er:YAG (PIPS) laser. NaOCl was already a very strong disinfectant.

Keywords: *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*, laser.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Endodonti, dental pulpa ve periradiküler bölgenin şekli, işlevi, sağlığı, yaralanmaları, hastalıkları ve bunların sistemik refah ve sağlığıyla ilişkisini inceleyen diş hekimliği dalıdır.

Endodontik tedavide, bir hastalık olan apikal periodontitisin önlenmesi ve tedavisi amaçlanmaktadır (1).

Endodontik tedavinin temel amacı, mikroorganizmaların ve mikrobiyal bileşenlerin ortadan kaldırılması, tedavi sırasında ve sonrasında yeniden enfeksiyonunun önlenmesi için tüm kök kanal sisteminin dezenfekte edilmesidir. Bu amaç, mekanik sistemlerin irrigasyon solüsyonları ile ilişkilendirildiği kemo-mekanik debridman ile sağlanır (2).

Bakteriler, doğrudan ve / veya ürettikleri toksinler ile pulpal ve periapikal lezyonların ana nedenleridirler (3,4). Bağışıklık sisteminin kök kanal sistemine erişememesi, sistemin endodontik enfeksiyonların yok edilmesinde yetersiz kalmasına neden olmaktadır (5).

Kök kanal tedavisinin hedeflerinden biri, mikroorganizma sayısını azaltmak, diğeri kök kanal sistemini dezenfekte etmektir (6,7). Bu hedefe ulaşmak için kök kanal sisteminin mekanik olarak preparasyonu, irrigasyonu, dezenfeksiyonu ve obturasyonu gerekir (8,9).

Mekanik temizlik geleneksel kök kanal tedavilerinin ayrılmaz bir parçası olmasına rağmen, araştırmalara göre, mikroorganizmaların lateral kanallara, apikal deltalara, istmusa, dentin tübüllerinin içine derin penetrasyonu ve smear tabakasının varlığı sebebiyle tam temizlik sağlanamamaktadır (10,11).

Antimikrobiyal ajanların ve mekanik debridmanın eş zamanlı kullanılması kök kanal sistemindeki bakteri sayısını azaltır (10,12). Tedavilerin uzun dönem başarısı, kök kanal sisteminin anatomisine, kök kanallarına ulaşan bakterilerin direncine ve kök kanalının mikroflorası gibi farklı faktörlere bağlıdır (13).

Genel olarak; kök kanalında ve de özellikle apikal bölgede kalan artık mikroorganizmalar, tedavi sonrası hastalıkların ana nedenlerinden biri olarak bilinir.

Yapılan alışmalar ile mümkün olan en iyi tedavilerin bile, kanalda dirençli mikroorganizmaların varlığı nedeniyle başarsız olma ihtimalinin olduğu belirtilmektedir (14,15).

Primer endodontik enfeksiyonlar polimikrobiyaldir ve genellikle gram negatif anaerobik rodlar baskındır. Sekonder enfeksiyonlardan ise bir veya birkaç bakteri türü sorumludur (9,16).

E. faecalis, endodontik enfeksiyonlarda en dirençli bakterilerden biridir ve varlığı endodontik tedavilerin başarsız olma olasılığı ile ilişkilidir (10,17). Bu mikroorganizmanın dentin tübüllerine nüfuz etme kabiliyeti ve Ca(OH)_2 gibi kanal içi ilaçlara karşı dirençli olmaları nedeniyle, bu bakterilere karşı oldukça etkin bir irrigant kullanılmalıdır (15,18).

Mantarlar endodontik enfeksiyonlara ve periapikal hastalıklara sebep olabilen kemoorganotrof ökaryotik mikroorganizmalardır. Patogeneze de rol oynayabilecek virülans özelliklerine (zorlu evre şartlarına uyum, çeşitli yüzeylere adezyon, hidrolitik enzimlerin üretimi, morfolojik geçiş, biyofilm oluşumu, kaçınma ve immünomodülasyon) sahiptir.

Primer kök kanal enfeksiyonunda az miktarda bulunan mantarlara, başarsız olunan kök kanal dolgulu dişlerin kök kanallarında sıklıkla rastlanır. *C. albicans*, bugüne kadar enfekte olmuş kök kanallarında en çok görülen mantar türüdür. Bu türün dentini istila etmesi nedeniyle dentinofilik mikroorganizma olduğu düşünülmektedir. *C. albicans*'ın ayrıca kalsiyum hidroksit gibi kanal içi ilaçlarına karşı direnç gösterdiği vurgulanmaktadır. Dentin tübüllerinde canlı kalması ve sık kullanılan kanal içi ilaçlara karşı direnç geliştirmesi, *C. albicans*'ın kök kanal enfeksiyonlarında aldığı rolün göstergesidir.

Klorheksidin, kalsiyum hidroksitli ajanlar ve EDTA gibi solüsyonlar, mantar enfeksiyonu olduğu düşünülen vakalarda kanal içerisinde mikroorganizma eliminasyonu amacıyla kullanılabilirler (19).

Klinik alışmalar, antimikrobiyal ajanların, irrigasyon çözeltileri veya randevular arasında kanal içi ilaç olarak hazırlanmasının ve kullanılmasının, bakterilerin varlığını azalttığını (20-23), ancak bakterileri tamamen yok etmeyi başaramadığını göstermiştir.

Rezidüel enfeksiyon, kök kanal tedavilerinin başarısızlığının yaygın bir nedeni olarak bilinmekte (24), daha etkili antimikrobiyal tedavi stratejileri üzerine sürekli araştırmalar yapılmaktadır. İrrigantların kök kanallarını temizleme ve dezenfekte etme yeteneği, kök kanal sisteminin kompleks anatomisi ve dentin içine sınırlı nüfuz etme derinliği ile sınırlıdır (25,26).

Endodontide temel problemlerden biri, irrigantın derinlemesine nüfuz etmesini engelleyen, sınırlı kanal alanındaki irrigantın türbülanssız akışkan dinamiğidir. Ultrasonik cihazlarla aktivasyon da dahil olmak üzere irrigasyon solüsyonlarının etkinliğini arttırmak amacıyla farklı aktivasyon teknikleri tanıtılmıştır (27). Bununla birlikte, bu yöntemin etkinliğinin ultrasonik ucun penetrasyonu ile sınırlı olduğu ve yöntemin göreceli olarak etkisiz hale geldiği bildirilmiştir (28).

Sodyum hipoklorit (NaOCl), antibakteriyel özellikleri ve organik dokuları çözme kabiliyeti nedeniyle kullanılan en yaygın endodontik irriganttır (29). Bununla birlikte, NaOCl, diş apeksinin ötesine enjekte edilirse periapikal dokular için oldukça toksiktir.

Dental lazer uygulaması endodontik alanda giderek popülerite kazanmıştır. Lazerlerin kullanımı, ışığın kök kanal dezenfeksiyonunda kullanımına ilgi uyandırmakla beraber, bu konuda kök kanal sisteminin karmaşıklığına daha iyi penetre olabileceği tezi ile birçok çalışma yapılmıştır (30).

Bu çalışma; Nd:YAG ve Er:YAG (PIPS) lazerin *E. faecalis* ve *C. albicans* ile kontamine olmuş kök kanallarındaki dezenfeksiyon etkinliklerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök Kanal Dezenfeksiyonunun Önemi

Endodontik tedavinin ana hedefi, vital ve vital olmayan kalıntıları ve mikroorganizmaları içeren tüm pulpa boşluğunun mekanik ve kimyasal olarak tamamen temizliği ve ardından inert bir dolgu maddesiyle (31) tamamen tıkanmasıdır. Kök kanallarının farklı anatomisi ve karmaşıklığı, dentin bileşimine ek olarak, endodontide etkin dezenfeksiyon açısından temel zorluklardır (14).

Sodyum hipoklorit (NaOCl) gibi antimikrobiyaller endodontik tedavide mikrobiyal biyofilmlerle mücadele etmek için yaygın olarak kullanılır (32). Bununla birlikte, kök kanalının anatomik karmaşıklıkları ve temizlenmemiş kısımları endodontik tedavinin etkinliğini tehlikeye atabilir. Sıradan kök kanal irrigasyon yöntemlerinin ve ilaçların sınırlamalarının üstesinden gelmek, kanal sistemini dezenfekte etmek için bazı önerilerde bulunulmuştur. Kimyasal irrigasyonun takip ettiği mekanik debridmanın, enfekte kanallarda mikroorganizmaların çoğunu uzaklaştırdığı, ancak kök kanal sisteminde üç boyutlu düşünüldüğünde artık bakterilerin, kanal dolgusundan hemen önce kök kanalının bazı kısımlarında mevcudiyetlerini devam ettirdikleri görülmüştür (21,24).

Yetersiz enstrümantasyon, kırık enstrümanlar, gözden kaçan kanallar veya yetersiz koronal restorasyon gibi bazı problemler periapikal patolojilere neden olabilmektedir (33).

2.2. Kök Kanal Tedavisinin Başarısını Etkileyen Faktörler

2.2.1. Mikrobiyal faktörler

Endodontik tedavi ile dişlerin korunması, endodontik prosedürlerin artması, öngörülebilir başarı oranının yakalanması, endodontik patolojinin tam olarak anlaşılması ve bununla mücadele edilebilmesi nedeniyle popüler hale gelmiştir. Temel olarak, endodontik enfeksiyon, diş kök kanal sisteminin enfeksiyonu ve apikal periodontitisin ana nedenidir (34). Her ne kadar çeşitli kimyasal ve fiziksel faktörler periradiküler inflamasyonu indüklese de, bilimsel kanıtlar, farklı apikal periodontitis

tiplerinin ilerlemesi ve sürekliliği için mikroorganizmaların gerekli olduğunu açıkça göstermektedir (2).

Endodontik tedavide amaç, mikroorganizmaların kök ve / veya periradiküler dokuları enfekte etmesini veya re-enfeksiyonunu engellemektir. Bu nedenle, hastalığın farklı formlarıyla ilişkili endodontik mikrobiyota hakkında bilgi sahibi olmak, endodontik tedavinin başarısının temelini oluşturur.

Şüphesiz, mikrobiyota varlığının endodontik enfeksiyonda önemli bir rol oynadığı kanıtlanmıştır (2). Mikroorganizmaların pulpa ulaşmasının pek çok yolu vardır ve tedavi planlanması açısından bu yolların bilinmesi çok önemlidir.

Mikroorganizmaların pulpa ulaşma yolları aşağıdaki gibidir (35):

Dental tübüller: Çürük lezyonlarından sonra veya dental prosedürler sırasında mikroorganizmalar, dentin tübüllerini kullanarak pulpa merkezine ulaşabilirler. Bakteriler, lezyon sınırı ile pulpa arasındaki dentin mesafesi 0.2 mm olduğunda pulpa erişimini sağlar (36).

Açık kavite: Koronal kırık gibi travma nedenli pulpa ekspozu veya operatif prosedürler sırasında iyatrojenik nedenlerle, pulpa yüzeyindeki fiziksel bariyer ortadan kalkar ve pulpa oral ortamla temas halinde kalır.

Periodontal membran: Mikroorganizmalar gingival sulkustan, lateral kanal veya apikal foramen yoluyla periodontal membrandan pulpa odasına ulaşabilir. Bu yol, dişlerin lüksasyonu nedeniyle, daha da önemlisi periodontal cep oluşumuyla epitel migrasyon sonucu mikroorganizmalar için uygun hale gelir.

Kan dolaşımı: Geçici bir bakteriyemi, sağlıklı bir bireyde herhangi bir sebepten dolayı ortaya çıkabilir. Kanda bulunan bakteriler, travma veya operatif prosedürleri takiben inflamasyona neden olmaksızın dental pulpa tarafından çekilir. Kan veya lenf yoluyla bu çekim, endodontik enfeksiyon için bir yol görevi gören anachoresis olarak bilinir.

Hatalı restorasyon: Çalışmalar, oklüzal açıklıkla tükürük kontaminasyonunun, guta perka ve kanal patı ile doldurulmuş kanallarda periapikal alana 6 haftadan daha kısa sürede ulaşabileceğini kanıtlamıştır (37). Geçici dolgu kırılırsa, diş yapısı final

restorasyondan önce kırılırsa veya son restorasyon yetersizse, bakteriler periapikal dokuya erişebilir ve bu durum enfeksiyonla sonuçlanabilir.

Kapsam: Mikroorganizmalar, dokuların birbirine yakın olması sonucunda enfekte olmuş bir diştten sağlıklı bir pulpaya sahip ana ve / veya lateral kanallara ulaşabilir ve böylece enfeksiyonu komşu bir dişe yayabilir.

E. faecalis ve maya, özellikle de *C. albicans*, başarısız endodontik tedaviler ve inatçı endodontik enfeksiyonlarda, tekrar tedavi gören kök kanallarından en çok izole edilen türler olarak tanımlanmıştır (38,39).

E. faecalis, gram-pozitif kok ve fakültatif anaeroblardır. Bunlar normal bağırsak organizmalarıdır ve ağız boşluğu ile dişeti sulkusunda kalabilirler. Bu bakteri az miktarda bulunduğu, kolayca elimine edilir; ancak çok sayıda ise, yok edilmesi zordur. *E. faecalis*, kök kanalında hayatta kalmasını sağlayacak birçok farklı özelliğe sahiptir. Bu mikroorganizmalar aşağıdaki özelliklere sahiptirler:

- Yetersiz besleyici ortamda yaşama ve kalıcılık
- Bazı ilaç (örn, kalsiyum hidroksit) ve irrigasyonların (örneğin, sodyum hipoklorit) varlığında hayatta kalım
- İlaçlı kanallarda biyofilm oluşturmak
- Dentinal tübüllerin içindeki sıvıları istila ve metabolize edip kollajene yapışmak
- Yaşayabilir ancak kültürlenemez duruma dönüşmek
- Antibiyotik direnci kazanmak
- Düşük pH, yüksek tuzluluk ve yüksek sıcaklıklara sahip zorlu ortamlarda yaşamak
- Uzun süren açlık sürelerine dayanım ve periodontal ligamentten akan doku sıvısını kullanmak.

2.2.1.1. *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*)

Enterokoklar, tek tek, çiftler halinde veya kısa zincirler şeklinde ortaya çıkabilen gram pozitif koklardır.

Bu mikroorganizmalar, oksijen varlığında veya yokluğunda büyüme yeteneğine sahip fakültatif anaeroblardır (40,41).

Enterococcus türleri, insan intestinal lümeninde çok miktarda [dışkı gramı başına 105-108 koloni oluşturan ünite (CFU)] yaşar ve çoğu durumda konakçılara zarar vermez. Ayrıca insan kadın genital yollarında ve ağız boşluğunda daha az sayıda bulunurlar (42). Karbonhidratlar, gliserol, laktat, malat, sitrat, arginin, agmatin ve birçok keto asit gibi çeşitli kaynakları metabolize eder (40). *Enterococci*, aşırı alkali pH(9.6) ve tuz yoğunlaşmaları (40,43) dahil olmak üzere çok zorlu ortamlarda hayatta kalabilir. Safra asitleri, deterjanlar, ağır metaller, alkol, asit ve kuruma karşısında dirençlidirler (40). 10 ile 45 °C arasında büyüebilir ve 30 dakika boyunca 60 °C'lik bir sıcaklıkta hayatta kalabilirler (43).

Halen 23 *Enterococci* türü bulunmaktadır ve bunlar mannitol, sorboz ve arginin ile etkileşimlerine bağlı olarak beş türe ayrılırlar. *E. faecalis*; *E. faecium*, *E. Mundtii*, *E. casseliflavus* ve *E. gallinarum* ile aynı gruptadır. *E. faecalis* normalde arabinoz, tellürit ve piruvat ile test edilerek tanımlanabilir.

E. faecalis arabinoz negatiftir ve diğer atipik varyantlar dışında, piruvatı metabolize eden ve tellüriti tolere eden grupta tek üyedir (44). *E. faecalis*, primer endodontik enfeksiyonlar ve kalıcı enfeksiyonlar dahil olmak üzere farklı periapikal inflamasyon yanıtlarına neden olabilir. Primer endodontal enfeksiyonlar kategorisinde, *E. faecalis*, asemptomatik kronik periapikal lezyonlarla, akut periradiküler periodontitis veya akut periradiküler apselerden sıklıkla izole edilmektedir. *E. faecalis* primer endodontik enfeksiyonlarda %4 ile %40 oranlarında bulunur. İnatçı periradiküler lezyonlarda bulunan *E. faecalis*'in sıklığının çok daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Aslında, başarısız olmuş kök kanal tedavisi vakalarının primer endodontik enfeksiyonlara göre *E. faecalis* içirme olasılığı dokuz kat daha fazladır (41).

***E. faecalis*'in hayatta kalım ve virulans faktörleri:**

E. faecalis, lizis enzimleri, sitolisin, agregasyon faktörü, feromonlar ve lipoteikoik asit gibi bazı virülans yeteneklerine sahiptir (41).

Konakçı hücrelere bağlı olduğu, diğer bakteri hücreleriyle rekabet etmesine izin veren proteinleri eksprese ettiği ve konakçı yanıtlarını değiştirdiği gösterilmiştir (38,41). *E. faecalis*, potansiyel olarak endodontik başarısızlığa katkıda bulunarak lenfositlerin etkisini baskılayabilir (45).

E. faecalis, çeşitli virulans faktörlerine sahip olması ile sınırlı değildir. Ayrıca, bu virülans özelliklerini türler arasında paylaşabilme özelliği, hayatta kalmasına ve hastalığa neden olma yeteneğine katkıda bulunmaktadır (46). *E. faecalis* virulans faktörlerine daha az gereksinimi olduğu için, dişlerin kök kanallarında hayatta kalma ve patojen olarak kalmaya devam etme kabiliyetine daha fazla yatkındır (41).

E. faecalis, kök kanal sistemi içerisinde hayatta kalma zorluklarının çeşitli yollarla üstesinden gelir. Yaygın genetik polimorfizmler gösterdiği bildirilmiştir (47). Dentine adezyonuna yardımcı olan serin proteaz, jelatinaz ve kollajen bağlayan proteine (Ace) sahiptir (48). Dentin tübüllerini istila edip uzun süre yaşayabilecek kadar küçüktür. Yeterli besin tedariki sağlanana kadar uzun bir açlık süresine dayanma kapasitesine sahiptir. Kanal duvarlarındaki dentin tübüllerine yerleşen aç hücreler, serumun besin kaynağı olarak kullanılmasıyla iyileşebilir (49).

Alveoler kemikten ve periodontal ligamentten kaynaklanan serum, ek olarak *E. faecalis*'in tip I kollajene adezyonunda rol oynar (38). Dentinal tübüller içindeki *E. faecalis*'in, 10 günden fazla bir süre boyunca kalsiyum hidroksitin kanal içi uygulamalarına direnç gösterdiği belirtilmiştir (50).

E. faecalis, bakterilerin fagositoza, antikorlara ve antimikrobiyallere karşı 1000 kat daha fazla dirençli hale gelmesini sağlayan biyofilm oluşturabilir (51). Yaygın olarak kullanılan bir kanal içi ilaç olan kalsiyum hidroksitin, özellikle yüksek pH değerlerinde uygulanmadığında, *E. faecalis*'in kendi başına öldürülmesinde etkisiz olduğu vurgulanmıştır (52-54).

E. faecalis'in kalsiyum hidroksit ile kanal içi ilaçlamaya dayanabilme sebebini açıklamak için aşağıdaki mekanizmalar ortaya konulmuştur:

- *E. faecalis* indirek etkiyle pH homeostazını korur. Bu, hücre stoplazmasının tamponlanmasının yanı sıra hücre zarına nüfuz eden iyonların bir sonucu olarak ortaya çıkar.
- *E. faecalis*, pH homeostazını korumak için ek bir yol sağlayan bir proton pompasına sahiptir; Bu, iç pH'ı düşürmek için protonları hücreye “pompalamak” ile gerçekleştirilir.

- Ortalama 11.5 veya daha büyük bir pH'ta, *E. faecalis* hayatta kalmaz (55,56).

2.2.1.2. *Candida albicans* (*C. albicans*)

Mantarlar kemoorganotrof ökaryotik mikroorganizmalar olup, çevrede bulunan oral mikroorganizma florasında küçük oranda bulunurlar (57). Mantar oral florasının asıl kısmı *Candida* üyeleri tarafından oluşmuştur (58). *C. albicans*, en çok çalışılmış mantar türlerinden biridir. Mantar enfeksiyonları genellikle “hastalıklı hastalıklar”dır ve konakçının etkilenmesi için bazı yatkınlıkları mevcut olmalıdır (59). *Candida* türleri sağlıklı erişkinlerin %25'inde, hastanede yatan hastaların %50'sinde ve bağışıklık sistemi baskılanmış hastaların yaklaşık %90'ında ağız boşluklarında ortak mikroorganizmalar olarak bulunmuştur (60).

Son on yılda endodontik enfeksiyonlarda görülen *C. albicans* insidansı dikkat çekici oranda artmış, primer ve refrakter endodontik enfeksiyonlarda sıklıkla mantarların yer aldığı görülmüştür (61-64). Mantarlar enfekte olmuş kök kanallarında tespit edilmiştir, ancak kök kanalındaki mantar hücrelerinin sayısı genellikle bakterilerinkinden daha düşüktür (61).

Candida çok yönlüdür ve çeşitli pH değerlerine adapte olabilir, çevresel koşullara cevap olarak gen ekspresyonunu değiştirebilir, degradatif enzimler üretir çeşitli, yüzeylere yapışabilir ve bağışıklık sisteminden kaçmak için morfolojik formlarını değiştirebilir (62). Klinik açıdan önemli olan *Candida* türleri, 3.0-8.0 pH aralığında in vitro olarak gelişebilmektedir (63).

C. albicans'ın primer habitatı dilin dorsal yüzeyleri gibi mukozal yüzeyler olup, bu yüzeyleri enfekte edebilen ve yaşamını sürdürebilen eşsiz bir parazittir. Ayrıca mukoza ve supragingiva (64), dentin (65), kök (66), subgingiva (67) ve periodontal cepler (68) gibi alanlar sekonder olarak (64) kolonize olabileceği yerlerdir. Bağışıklık veya toleransın indüklenmesine yol açan mukozal immün yanıtı uyarır (69).

C. albicans'ın enfekte olmuş dokularda kalması veya bir kommensal olarak davranabilmesi, esas olarak konakçı hücre aracılı adaptif immünitinin regülasyonunu içerebilir (59). Tükürükte maya prevalansı %32.7'dir. Tükürükte mayaların varlığı ile kök kanalında önemli bir ilişki vardır ancak önceki kök kanal tedavisi ve restorasyon sızıntısının kök kanalından mayaların geri kazanımı üzerindeki etkisi eşittir.

C. albicans, enfekte olmuş dental pulpa ve kök kanallarından izole edilmiştir. Dişlerin kök kanal sistemlerine, endodontik tedavi prosedürleri sırasında kötü asepsi, koronal restorasyon sızıntısı, derin kırık, sinüs yolu, oro-antral iletişim, dişlerle ilgili bir şişliğin insizyonu / drenajı sırasında ağız boşluğu ile bir miktar iletişim kurması ve periapikal lezyonla bağlantılı derin bir dikey kemik defekti nedenleriyle ulaşabilir (70).

Diş çürüğü, mantarların kök kanal sistemine girmesinin önemli bir nedeni olarak bildirilmiştir (71). İlginç bir şekilde, mayalar da travma sonrası non-vital dişlerden izole edilmiştir (72). *C. albicans*, cerrahi olmayan tedaviye dirençli kök kanal enfeksiyonları ve periapikal lezyonlarda güçlü bir patojen olarak tanımlanmıştır. Genellikle kronik apikal periodontitis vakaları ile ilişkilidir, ancak primer apikal periodontitiste de izole edilebilirler (73).

***C. albicans*'ın hayatta kalım ve virulans faktörleri**

C. albicans doku penetrasyonu için gerekli olan virulans faktörlerine sahiptir. *Candida albicans*ların hayatta kalabileceği ve periradiküler dokuları enfekte edebileceği varsayılmıştır. *C. albicans*'ın inatçı kök kanal enfeksiyonlarında ortaya çıkışı ve virulans faktörleri şunlardır;

- Zorlu çevre koşullarına tolerans (74).
- Penetrasyon için tigmotropizm (temas algılama) (75).
- Proteolitik enzimlerin üretimi (74).
- Fenotipik değişim olgusu (76).
- Biyofilm oluşumu (77,78).
- Konak savunmasından kaçması ve immünomodülasyonu (79).

C. albicans, yüksek pH değerlerine, düşük oksijen ve beslenme ortamına uyum sağlayabilmektedir. *Candida*, hayatta kalmaya yardımcı olan çevresel koşullara bağlı olarak blastoporlar, germ tüpleri, gerçek hiphalar, psödohip ve klamidosporeler şeklinde bulunan polimorfik bir mantardır. Dentinal tübüllere hiphal yapışma yoluyla nüfuz etme ve kollajen tip I ve IV'e bağlanabilme yeteneğine sahiptir. *Candida* türleri, salgılanmış aspartil proteazlar, kolajenazlar, hiyalüronidaz, asit ve alkalın fosfatazlar üretme

yeteneğine sahiptir, çeşitli konakçı dentinal kollajen ve diğer hücre dışı proteinlerin bozulmasına yardımcı olur. Oral kandidiyazis immün sistemi baskılanmış hastalarda yaygın bir hastalıktır. Kötü işleyen bir bağışıklık sistemi, kök kanal sisteminde mantar enfeksiyonu riskini arttırabilir. *C. albicans*, endodontik prosedürlere en dirençli mantar türüdür ve kanal duvarlarında kolonileşme ve dentin tübüllerini istila etme yeteneği göstermiştir (80).

C. albicans, candida türleri arasında en bulaşıcı ve istilacı mayadır (81). Dentin ve smear tabakasına özel bir afinitesi vardır (82). Ayrıca kök kanallarının apikal ucunda ve dentin tübüllerinde de gözlenmiş olup dentinofilik mikroorganizmalar olduğu düşünülmüştür (83). *Candida*, kolonileşme ve enfeksiyonun devam etmesi için bir yüzeye yapışmalıdır (60). Herhangi bir alt tabakaya bağlanma mekanizmasının, *C. albicans*ların hücre yüzeyi protein reseptörlerinin hedef yüzeyle (84) etkileşimini içerdiğine inanılmaktadır. *Candida* türleri kök kanalına girdikten sonra, bir dizi büyüme düzenini (blastosporlar ve hifler) benimseyerek kök kanal dentin tübüllerine daha fazla nüfuz edebilir, uzun bir süre besin kaynağı olarak dentini kullanabilir ve diğer mikroorganizmalar ile etkileşime girebilir, bu da karmaşık bir biyofilm yapısını ortaya koymaktadır (77,78).

Cannon ve ark'na göre (84), *C. albicans* temiz diş yüzeylerine zayıf bir şekilde yapışır ve her zaman bir protein kabuğuna ihtiyaç duyar. Dentinal tübüller, pulpa yakınında yaklaşık 2.5 µm, dişin orta kısmında 1.2 µm ve mine dentin kavşağı (85) yakınında 0.9 µm çapında olan konik yapılardır. Küçük bakteri çapı (çoğu tür için 0.3-0.8 µm), pulpanın dentin tübüllerinden istila edilmesini sağlar. Maya blastoconidia 3-8 x 2-7 µm (86) boyutundadır ve hipha, serum içinde kültürlendiğinde, 1.9-2.6 µm çapındadır (87). Bu nedenle, *Candida* dentin tübülleri içerisine nüfuz edebilir. Mantarlar, çoğu bakteriden farklı olarak, sodyum hipoklorite (NaOCl) (88) ve kalsiyum hidroksit gibi kanal içi medikamentlere karşı direnç gösterebilmektedirler (89).

2.2.1.3. Biyofilm

Biyofilm, hücre dışı polimerik maddelerin (EPS) kendiliğinden oluşturulmuş matriksine gömülerek, etkileşimli sapsız hücrelerin dinamik topluluklarının birbirlerine ve katı bir alt tabakaya geri dönüşümsüz olarak eklendiği bir mikrobiyal büyüme şeklidir (90).

Costerton ve ark. biyofilm matriksinin, tümü yüksek oranda hidratlanmış, ağırlıklı olarak anyonik bir eksopolimer matriksine gömülü tek hücreler ve mikro kolonilerden oluştuğunu belirtmişlerdir. Bakteriler, besin içeren sıvıları olan herhangi bir yüzeyde biyofilmler oluşturabilir. Biyofilm oluşumu temel olarak üç ana bileşen içerir: bakteriyel hücreler, katı bir yüzey ve bir sıvı ortam (91).

Oral biyofilm oluşumu üç temel adımdan oluşur: pelikül oluşumu, bakteriyel kolonizasyon ve biyofilm olgunlaşması. Organik madde biyofilmin mikroorganizmalarını çevreler ve esas olarak karbonhidratlar, proteinler ve lipitler içerir (84,92).

Endodontik bakteriyel biyofilmler şöyle sınıflandırılır:

- İntrakanal biyofilmler
- Ekstraradiküler biyofilmler
- Periapikal biyofilmler
- Biyomateryal merkezli biyofilmler.

Hücre-hücre ve mikroorganizma-substrat etkileşimlerindeki karakteristik özellikler, mikrobik yapışma fenomenine dayanarak açıklanmıştır (93-95).

Çalışmalar, *E. faecalis*'in açlığa dayanma, farklı çevresel ve besinsel koşullar (aerobik, anaerobik, besin açısından zengin ve besinlerden mahrum edilen koşullar) altında biyofilmler geliştirme kabiliyetinin olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, *E. faecalis*'in fizikokimyasal özelliklerinin biyofilmlerin mevcut çevresel ve besinsel koşullarına göre değişiklik gösterdiği vurgulanmıştır. Besin bakımından zengin bir ortamda *E. faecalis*, bakteri hücrelerinin ve su kanallarının karakteristik yüzey özellikleriyle tipik biyofilm yapıları oluşturur (94).

Biyofilm yüzeyinde canlı bakteriyel hücreler mevcuttur. Besinsiz ortam (aerobik ve anaerobik) altında, yapışık hücre kümelerinin düzensiz büyümesi gözlemlenmiştir. Kök kanalı dentininde *E. faecalis* biyofilminin gelişimi, üç aşamadan oluşur:

Aşama 1: Mikrokoloniler, *E. faecalis* hücrelerinin kök kanal dentin yüzeyine yapışması şeklinde oluşur.

Aşama 2: Bakteriyel aracılı mineral fraksiyonunun dentin substratından çözünmesi, *E. faecalis* biyofilminin mineralleşmesine (veya kalsifikasyonuna) neden olan kalsiyum ve fosfat iyonlarında lokalize artışa yol açar.

Aşama 3: Bakterilerin ve metabolik ürünlerinin dentin üzerindeki bu etkileşimi nedeniyle, *E. faecalis* biyofilmi mineralleşir (51,48,96).

Son araştırmalar, *E. faecalis*'in *F. nucleatum* ile birlikte toplanma kabiliyetine sahip olduğunu göstermiştir. *E. faecalis* ve *F. nucleatum* arasındaki ortak toplanma etkileşimleri, bu mikroorganizmaların mikrobiyal toplulukta bir arada var olma ve endodontik enfeksiyona katkıda bulunma kabiliyetini göstermiştir. Bu apikal biyofilmler, özellikle antimikrobiyal maddelere karşı dirençli olduklarından, sadece biyomekanik uzaklaştırma ile giderilemezler. Çok sayıda çalışma refrakter periodontitis vakalarında kök yüzeylerinde çubuk, kok, basil ve spiroketlerin varlığını göstermiştir (97,98).

2.2.2. Mikrobiyal olmayan faktörler

Kök kanal tedavisi başarısızlığı vakalarının birçoğu mikrobiyal faktörlerle ilişkili olmasına rağmen, bazı vakaların intrensek veya ekstrensek mikrobik olmayan faktörler nedeniyle başarısız olabileceği öne sürülmüştür. Bu gibi durumlarda, hiçbir mikroorganizma bulunmaz ve aksaklıklar periradiküler dokulardaki yabancı cisim reaksiyonuna bağlanır. Cerrahi olarak enükle edilmiş, ışık ve elektron mikroskobu ile periradiküler kist tanısı alan hastalarla ilgili yapılan çalışmada, tedaviye dirençli lezyon varlığı bildirilmiştir (99).

Kist epitelinin çevresindeki bağ dokusunda çok sayıda kolesterol kristalleri gözlenmiştir. Mikroorganizmalar tespit edilemediğinden araştırmacılar, kolesterol kristallerine karşı yabancı cisim reaksiyonunun başarısızlığa neden olduğunu bildirmişlerdir. Kolesterol kristallerinin eritrositler, lenfositler, plazma hücreleri ve makrofajlar dahil olmak üzere parçalayıcı konak hücrelerden salınmasıyla çöktüğü ve biriktiği düşünülmektedir. Bunlar kronik periradiküler lezyonlarda sayısız olabilir. Ayrıca dolaşımdaki plazma lipidlerinden de kaynaklanabilirler. Kolesterol kristallerinin, kronik iltihaplanmayı çözmede etyolojik bir etken olabileceği gösterilmiştir (100). İç nedenlere ek olarak, dış etkenler endodontik başarısızlığın nedeni olabilir. Bazı kök kanal patları ve yabancı cisim reaksiyonlarını uyandırabilen kontamine guta-perka konları gibi çözünmeyen

maddeler periradiküler dokulara doğru ekstrüze olduklarında başarısızlığa yol açabilirler (101).

Paper pointlerin selüloz bileşeni, pamuk yünü ve bitkisel kökenli bazı gıda maddeleri, periradiküler dokulara taşınırsa kronik periradiküler lezyonların gelişmesine neden olabilir (102,103).

Bitki hücre duvarlarının stabil polisakkariti insan intestinal sisteminde metabolize olamaz ve savaşçı hücreler tarafından indirgenemez. Dolayısıyla, doku içerisinde uzun süre kalabilen selüloz, yabancı vücut reaksiyonuna sebep olur.

Kağıt konlar veya parçacıkları, yabancı cisim olduğu için dev hücre tepkisini indükleyen veya periradiküler lezyonun (100) devam etmesine neden olan yanıtı sebep olabilirler. Aynı durum kullanılan pamukla da ortaya çıkabilir. Bitkisel kökenli gıda maddesi parçacıkları (selüloz içeren), hasar görmüş krona sahip dişlerde ya da geçici restorasyonun kaybedildiği zamanlarda , periradiküler dokulara istemeyerek de itilebilir.

2.3. Kök Kanal Preparasyonunun Önemi

Kök kanal sisteminin preparasyonu kök kanal tedavisinde en önemli aşamalardan biri olarak kabul edilmektedir (104,105). Bu işlem vital ve nekrotik dokuların kök kanal sisteminden enfekte olmuş kök dentini ile birlikte çıkarılmasını ve retreatment vakalarında metal-metal olmayan engellerin aşılmasını içerir. Kanal preparasyonunun amacı, irrigasyon solüsyonlarının ve medikamentlerin dezenfeksiyon işlemlerini kolaylaştırmaktır. Bu nedenle bu işlem enfeksiyonun ortadan kaldırılmasında önemli bir aşamadır. Reenfeksiyonun önlenmesi preparasyon sonrası sızdırmaz kök kanal dolgusu ve koronal restorasyon ile sağlanır.

Kök kanal hazırlığının temel gayesi, periradiküler hastalığın önlenmesi ve / veya hastalığın mevcut olduğu durumlarda iyileşmenin sağlanmasıdır:

- İrrigasyon ve medikasyon için yeterli alanın yaratılması.
- Tüm kanal anatomisinin bütünlüğünün ve yerinin korunması.
- Kanal sistemine ve kök yapısına iyatrojenik hasar vermektten kaçınma.
- Kanal dolumunun kolaylaştırılması.
- Periradiküler dokuların daha fazla tahriş ve / veya enfeksiyonunun önlenmesi.

- Dişin uzun süre fonksiyonuna izin vermek için kök dentininin sağlamlığının korunması.
- Vital ve nekrotik dokunun kök kanallarından uzaklaştırılması.

Kök kanalı hazırlama teknikleri; manuel preparasyon, rotary ile kök kanal preparasyonu, sonik ve ultrasonik preparasyonu, NiTi ve lazer sistemlerinin kullanımını içerir.

2.3.1. Kök Kanal Preparasyon Yöntemleri

Apikal genişletmenin öncelikli yapıldığı teknikler

2.3.1.1. Standardize preparasyon tekniği

Standardize teknik, kök kanalına yerleştirilen tüm enstrümanlar için aynı "çalışma uzunluğu" tanımını kullanır ve bu nedenle, kanala son şekli vermek için enstrümanların doğal şekline dayanır. Bu yöntem, yakın zamanda ProTaper (Dentsply Maillefer) ve Mtwo (İsveç ve Martina, Padova, İtalya) döner aletler ile popülerlik kazanmış bir yaklaşım olan "tek kon tekniği" olarak da adlandırılabilir. İnce kanalların açılması, daha sonra çalışma boyunda ilerletilen ve bir sonraki daha büyük enstrüman kullanılabilene kadar çalışılan ince eğeler ile başlatılır. Kavramsal olarak, son şekil son kullanılan eğe (ayrıca MAF olarak da adlandırılır) tarafından sağlanır. Kök kanal dolgusu için tek kon gutta-perka kullanılabılır. Gerçekte, bu kavram iki varyasyon faktöründen muzdariptir: birincisi, standardize teknikle şekillendirilmiş kanallar (özellikle eğimli olanlar), enstrüman boyutunun önerdiğinden daha geniş ve ikincisi üretim kalitesi hem aletler hem de gutta perka konileri için yetersiz, boyut farklılıklarına yol açar.(106).

2.3.1.2. Step-Back tekniği

Step-Back tekniği, teleskopik kanal hazırlığı veya seri kök kanal hazırlığı olarak da bilinir. Step-Back tekniği apikal preparasyonun orjinal konumunda küçük kalmasını ve koronala doğru kademeli bir koniklik oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu teknik ilk olarak 1960 yılında Mullaney tarafından tanımlanmıştır. Temel olarak, kanal hazırlığı iki aşamadan oluşur; faz I apikal daralımın preparasyonu ve faz II kalan koronal bölgenin preparasyonu. Uzun zamandır kullanılan bu teknikte, bazı çalışmalar kök kanallarının koronal preparasyonunun apikal kanal şeklinin deformasyonuna neden olabileceğini göstermiştir. Ayrıca alet kırılması, apikal alanın tıkanması ve debrisin

apikale itilmesi ile apikal bölgenin blokajı bu tekniğin diğer dezavantajları olarak gösterilmiştir (107).

2.3.1.3. Dengelenmiş kuvvet tekniği (Balanced-Force)

Roane & Sabala tarafından 1985'te (108,109) bildirilen bu teknik, başlangıçta özel olarak tasarlanmış paslanmaz çelik veya NiTi K tipi aletler (Flex-R-Files) ile adım adım aşağı doğru modifiye edilmiş uçlarla ilişkilendirilmiştir. Aletler, saat yönünde maksimum 180°'lik bir hareket ve apikal ilerlemeyle (yerleştirme aşaması), ardından saat yönünün tersi yönde maksimum 120°'lik bir hareketle döndürülerek yeterli apikal basınç (kesme aşaması) ile kök kanalına sokulur. Son kesme aşaması daha sonra saat yönünde döndürülerek ve eğenin kök kanalından çekilmesi ile gerçekleştirilir. Apikal preparasyonun, diğer manüel tekniklerden daha büyük boyutlara, örneğin düz kanallarda # 80 ve kavisli kanallarda # 45'e kadar yapılması tavsiye edilir. Dengeli kuvvet tekniğinin temel avantajı, aletin tüm uzunluğu boyunca kesmediğinden, non-aktif emniyet ucu aletin iyi bir şekilde merkezlenmesini sağlamaktadır. Ek olarak, eğenin ön eğimine gerek duyulmaması nedeniyle eğe ucunun apikal kontrolü kolaydır (105).

Koronal genişletmenin öncelikli yapıldığı teknikler

2.3.1.4. Step-down tekniği

Bazı araştırmacılar farklı bir yaklaşım tanımlamışlardır (110). Apikal enstrümantasyon başlamadan önce kök kanalının koronal yönünün şekillendirilmesini savunmuşlardır. Bu teknikte, enstrümantasyon sırasında apikal bölgeye taşırılacak nekrotik debris miktarını en aza indirmek ya da ortadan kaldırmak amaçlanmıştır (111). Ayrıca ilk başta kanalın koronal üçte ikisinin genişletilmesi, apikale ulaşmada pratisyene kolaylık sağlar. Bu da, eğenin daha fazla kontrolünü ve apikal konstrüksiyon yakınında daha az sıkışmasını sağlar (112).

2.3.1.5. Crown-down tekniği

Koronal genişletmeye ve sonrasında çalışma uzunluğunun belirlenmesine dayanan bir tekniktir. Son zamanlarda birçok klinisyen kök kanallarını temizlemek ve şekillendirmek için apikal tekniklere kıyasla koronal genişletmenin öncelikli olduğu teknikleri kullanmaktadır.

Bu tekniğin birkaç avantajı vardır:

- Kök kanal sisteminin koronal kısımlarından debris ve mikroorganizmaların ortadan kaldırılması, böylece apikal dokuların kontaminasyonunun önlenmesi,
- Enstrümantasyonu olumsuz yönde etkileyebilecek koronal engellerin ortadan kaldırılması,
- Çok miktarda irrigant ve kayganlaştırıcı maddelerin kanalın apikal kısmına erken hareketi,
- Doğru çalışma uzunluğu tespitinin kolaylaştırılması için koronal kurvaturün preparasyonun erken aşamalarında ortadan kaldırılmasıdır (113).

2.3.2. Ni-Ti Döner Sistemlerde Kanal Preparasyonu

Son birkaç yıl içinde endodonti, başlangıçta manuel ve ardından döner endodontik aletlerin üretimi için Ni-Ti alaşımının tanıtımıyla birlikte tam bir devrim geçirmiştir. Süper esnekliğin ve Ni-Ti alaşımının olağanüstü özellikleri, geleneksel manuel aletlere kıyasla 0.02, 0.03 ve 0.04 konik döner alet üretmeyi mümkün kılmıştır. Bu durum, kısa sürede çok az sayıda cihazın kullanımıyla ve operatörün ortalamanın çok üzerinde bir beceriye ihtiyaç duymadan mükemmel şekillendirme elde etmeyi mümkün kılmıştır (114).

2.3.3. Ni-Ti Alaşımların Tarihsel Gelişimi ve Metalurjik Özellikleri

Ni-Ti alaşımlar, 1959 yılında Buehler WJ tarafından üretilmiş olup günümüzde kanal aletlerinin üretiminde sıkça kullanılmaktadır. Kök kanal preparasyon süresini kısaltması ve preparasyon esnasında meydana gelebilecek komplikasyonları olabildiğince azaltması avantajları arasında yer almaktadır (115).

Ni-Ti alaşımlar; ağırlıkça %54-56 (ortalama %55) nikel ve %45 titanyum elementlerinin eşit sayıda atomlarının bir araya getirilmesiyle üretilirler. Ni-Ti alaşımların bazı tiplerinde, kobalt yerine %2 oranında nikel kullanılabilir. Bu, 55-Nitinol adı verilen en sık kullanılanıdır. Ni-Ti alaşımlar, süperelastiklik yeteneği mükemmel olan ve şekil hafızasına sahip materyallerdir. Bu alaşımlar üç farklı mikrokristal faz yapısında bulunmaktadır. Yüksek sıcaklık veya düşük stres

durumlarında austenit faz (ana faz) denen, küp kafes şeklinde kararlı ve gövde merkezli yapıdadırlar. Düşük sıcaklık ve yüksek stres durumlarında ise kristal yapı meydana gelir ve martensit faz (yavru faz) denen “monoklinik” (eşit yapıda olmayan üç eksenli bulunan kristal yapı), atomların dizilişinde düşük simetri gösteren kompleks bir yapı oluşur (116).

Alaşımın mekanik özellikleri faz tiplerinde değişiklik gösterir. Martensitik fazda Ni-Ti materyal deformasyonu kolay olur ancak austenitik yapıda tam ters özellikte materyal zor bükülür ve daha rijit karakter alır (117).

R-Faz (Ara faz): Martensitik faz evresinde kübik kafes yapısından monoklinik kafes yapısına geçerken veya tam tersine austenitik faz evrelerinde R-faz olarak belirtilen özel bir geçiş evresi gösterebilmektedir. Bu evre sıcaklığı arttırma sonrası martensitten austenite ileri değişim ve soğutma işlemi sonrası austenitten martensite aksi değişim sonrasında ortaya çıkan romboedrik bir dizilimdir (116).

Bu fazın üç evresi vardır. İlk olarak materyale düşük sıcaklıkta şekil verildikten sonra tavlama işlemi yapılır, ikinci aşamada materyalde nikel oranının atomca %50.5 ve daha fazla olduğu alanda olgunlaştırma işlemi yapılır ve son aşamada döküm sırasında alaşıma martensitik dönüşüm sıcaklığını düşürecek üçüncü elementler eklenir. Ni-Ti alaşımlarda R-fazı ile düşük sıcaklık değerlerinde, malzemenin hızlı şekil değiştirmesine olanak sağlanır (118).

2.3.4. Reciproc Sistem

Reciproc sistem, motor (VDW Silver Reciproc Endomotor), 6:1 redüksiyonlu bir anguldurva (VDW Silver Reciproc Angldruva), üç kanal eğesi (R25, R40, R50) ve bu eğelerle aynı boyutta Reciproc paper point ve Reciproc guta perka'dan oluşmaktadır. Eğeler konvansiyonel Ni-Ti sistemlerine göre daha yüksek esneklikte olup, rotasyonel yorgunluk direncinin arttırıldığı Ni-Ti M-telinden yapılmaktadır. Enine kesiti S-şekillidir. Kesici olmayan uç yapısında olup ve 2 adet kesici kenarı vardır.

Özel dizayna sahip olup resiprokasyon hareketiyle çalışan sistemlerden birisidir. Saat yönünün tersi yönde 150° açıyla döndüğünde, kanal apeks kısmına doğru ilerler ve dentini kesmek için saplanır. Saat yönünde hareketinde ise 30° açıyla döner ve kanalın koronaline hareket ettirilerek serbest bırakılması sağlanır. Eğeler, kesme yönündeki

dönme açısı eğenin elastik limitinden daha küçük olacak şekilde tasarlanmıştır. Reciproc sisteminin eğeleri, 11 mm uzunluğunda sapa sahiptir. Bu nedenle 13 mm ya da daha uzun sapa sahip diğer ege sistemlerine göre, ağız içerisinde arka bölgelere daha kolay ulaşım ve bu bölgede daha rahat çalışma kolaylığı sağlamaktadır. Eğelerin başka bir özelliği , sap üzerinde bulunan renkli plastik banttır. Bu silikon yapıdaki stoper üzerinde resiprokasyon hareketini tamamlayan üç adet oluk bulunmaktadır. Kanal tedavisi sırasında kullanılan bir adet Reciproc eğesi birden fazla döner eğenin yaptığı işi sunmakta ve bu durum daha fazla döngüsel yorgunluğa uğramasına sebep olmaktadır. Bu sebeple bir dişte yapılan preparasyonunun hemen sonrasında yeni kök kanal preparasyonu amacıyla kullanılmamalıdır. Reciproc eğeler paketlerinde sterilize edilmiş olarak satılırlar. Eğeler tekrar sterilizasyona tabi tutulursa, sapındaki renkli plastik bant şişer ve anguldurvaya yeniden takılamaz. Bu durum, birden fazla vakada kullanıldığında ortaya çıkabilecek yorgunluğa bağlı alet kırılma ve hastalar arasında çapraz enfeksiyon oluşma ihtimalini en aza indirmeye yönelik güvenlik tedbiridir (119).

2.4. Kök Kanal İrrigasyonunun Önemi

Endodontik tedavinin başarısı, mikroorganizmaların (varsa) kök kanal sisteminden yok edilmesine ve dezenfeksiyonun sağlanmasına bağlıdır. Kök kanalı, iltihaplı ve nekrotik dokuyu, mikroorganizma / biyofilmleri ve diğer eklentileri kök kanal boşluğundan uzaklaştırmak için sürekli irrigasyon altında el ve döner aletler ile şekillendirilir. Enstrümantasyonun temel amacı, etkili irrigasyon, dezenfeksiyon ve obturasyondur. Mikro-bilgisayarlı tomografi taraması gibi ileri teknikler kullanan çeşitli çalışmalar, ana kök kanal duvarının orantılı olarak büyük alanlarının, enstrümanlar (120) tarafından dokunulmadığını göstermiş, bu bölgelerin kimyasal irrigantlarla temizliğinin ve dezenfekte edilmesinin önemini vurgulamıştır.

Klinik olarak irrigasyon prosedüründen istenen tüm fonksiyonları tek başına yeterince karşılayan bir irrigasyon solüsyonu yoktur. Optimum irrigasyon, güvenli ve etkili irrigasyonu sağlamak amacıyla belirli sıradaki iki veya birkaç irrigasyon solüsyonunun bir arada kullanılması esasına dayanır. Irrigantlar geleneksel olarak farklı boyut ve uç tasarımlı şiringalar ve metal iğneler kullanılarak kök kanal boşluğuna gönderilmektedir. Bununla birlikte, klinik deneyimler ve araştırmalar, bu klasik yaklaşımın tipik olarak, özellikle kanallar, oluklar ve ana kök kanalının en apikal kısmındaki anastomozlar gibi çevresel alanlarda etkisiz irrigasyon ile sonuçlandığını göstermiştir (29).

İrrigasyonun hedefleri

İrrigantlar, enstrümantasyon sırasında ve sonrasında, mikroorganizmaların, doku kalıntılarının ve dentin artıklarının bir yıkama mekanizması vasıtasıyla kök kanalından çıkarılmasını kolaylaştırır. İrrigasyon maddeleri ayrıca apikal kök kanalında sert ve yumuşak dokunun birikmesini ve enfekte olmuş malzemenin periapikal alana ekstrüzyonunu önlemeye yardımcı olur. Bazı irrigasyon çözeltileri, kök kanalındaki organik dokuları çözerken, bazıları da inorganik dokuyu çözme özelliğine sahiptir.

Ek olarak, birkaç irrigasyon çözeltisi antimikrobiyal aktiviteye sahiptir ve mikroorganizmalar ile doğrudan temas halinde bulunduğu bakterileri ve mayaları aktif olarak öldürür. Bununla birlikte, irrigasyon çözeltilerinin bir kısmı sitotoksik potansiyele sahiptir ve periapikal dokulara eriştiklerinde şiddetli ağrıya neden olabilirler (121).

İrrigasyon çözeltilerinden beklenen özellikler:

1. Yıkama işlemi (debrisin giderilmesine yardımcı olur).
2. Hazırlık sırasında alet sürtünmesini azaltmalı (yağlayıcı).
3. Dentinin uzaklaştırılmasını kolaylaştırmalı (yağlayıcı).
4. İnorganik dokuyu eritmeli.
5. Kanal çevresine nüfuz etmeli.
6. Organik maddeyi çözmeli (dentin kollajen, pulpa dokusu, biyofilm).
7. Bakterileri ve mayaları öldürmeli (ayrıca biyofilmde).
8. Vital periapikal dokuyu tahriş veya tahrip etmemeli, toksik veya sitotoksik etkisi olmamalı.
9. Diş yapısını zayıflatmamalı.

İdeal bir irrigant, yukarıda listelenen pozitif özelliklerin tümüne veya çoğuna sahip olmalı, ancak zararlı özelliklerin hiçbirini taşımamalıdır. Mevcut irrigasyon solüsyonlarının hiçbiri optimal olarak kabul edilemez. İrrigasyonun doğru bir sıralama

ve kombinasyon şeklinde kullanılması başarılı bir tedavi sonucuna katkıda bulunur (122-127).

2.4.1. Endodontide Kullanılan İrrigasyon Ajanları

2.4.1.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)

Sodyum hipoklorit en sık kullanılan kök kanal irrigatörüdür. Genel olarak %0.5 ile %5.25 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılan antiseptik ve ucuz bir irriganttır. NaOCl içerisindeki serbest klor, proteinleri amino asitlere yıkarak vital ve nekrotik dokuyu çözer. Solüsyonun konsantrasyonunu azaltmak toksisitesini, antibakteriyel etkisini ve dokuları çözme yeteneğini azaltır. Hacminin artırılması veya ısıtılması, bir kök kanalı irrigantı olarak etkinliğini artırır. NaOCl'in avantajları, kök kanal sisteminde mevcut olan organik maddeleri çözme kabiliyeti ve ucuz olmasıdır. Bu irrigantın dezavantajları, periradiküler dokulara enjekte edildiğinde sitotoksitesi, kötü koku ve tadı, çamaşırları ağartma özelliği ve metal nesnelerin aşınmasına neden olmasıdır (125). Ek olarak, tüm bakterileri öldürememekte ve smear tabakasını çıkaramamaktadır (126). Aynı zamanda dentin özelliklerini de değiştirir (127). Retamozo ve ark'na göre 40 dakika %5.25'lik NaOCl ile irrigasyon, *E. faecalis*'in enfekte dentin tübüllerinden temizlenmesinde, %1.3 ve %2.5'luk NaOCl ile irrigasyondan çok daha etkilidir (128).

Sodyum hipoklorit genellikle aktif haliyle klinik ortamda kullanılmaz. Uygun antimikrobiyal aktivite için, kullanımdan hemen önce taze olarak hazırlanmalıdır, çünkü çözeltinin oksijenle teması, oda sıcaklığında kalması ve ışığa maruz kalması onu önemli ölçüde etkisiz hale getirebilir (129,130).

NaOCl'nin periapikal dokulara ekstrüzyonu hastanın ciddi şekilde yaralanmasına neden olabilir. NaOCl kazalarını en aza indirmek için, irrigasyon iğnesinin çalışma uzunluğunun gerisinde yerleştirilmesi, kanala gevşek bir şekilde oturması ve çözeltinin yumuşak bir akış hızı kullanılarak enjekte edilmesi gerekir. İğneyi irrigasyon sırasında sürekli yukarı ve aşağı hareket ettirmek iğnenin kanalda sıkışmasını önler ve daha iyi irrigasyon sağlar. Yandan delikli irrigasyon uçlarının kullanılması, çözeltileri periapikal dokulara taşıma olasılığını azaltır. NaOCl kazalarının tedavisi palyatiftir ve hastanın gözleminin yanı sıra antibiyotik ve analjezik reçetelemekten oluşur (121).

2.4.1.2. Etilendiamintetraasetik Asit (EDTA)

Kök kanal sisteminin tamamen temizlenmesi, organik ve inorganik doku eriten irrigasyon çözeltilerinin birlikte kullanılmasını gerektirir. NaOCl sadece organik dokuyu etkili bir şekilde çözdüğü için, smear tabakasını ve debrisleri kök kanal sisteminden çıkarmak için başka çözeltiler kullanılmalıdır. EDTA ve sitrik asit gibi demineralize edici maddelerin, kök kanal tedavisi sırasında yardımcı çözeltiler olarak kullanılması tavsiye edilmektedir.

1957'de Ostby, dar ve kalsifiye kök kanallarının hazırlanmasına yardımcı olmak için şelatlama ajanlarının kullanılmasını önermiştir. Önerilen ilk EDTA çözeltisi %15 konsantrasyona ve pH 7.3'e sahiptir (131).

EDTA en çok %17 nötrleştirilmiş bir çözelti olarak kullanılmaktadır. Solüsyon dentin içerisindeki kalsiyum iyonlarıyla reaksiyona girer ve çözünür kalsiyum şelatları oluşturur. Dekalsifikasyon işlemi, yeterince çabuk tepki verebilecek bir şelatör olmaması nedeniyle kendi kendini sınırlayan bir işlemdir (132).

Calt ve ark. 10 ml %17'lik EDTA çözeltisi ile 1 dakikalık irrigasyonun smear tabakasını kanal duvarından etkili bir şekilde çıkardığını ortaya koymuştur. Dentin demineralizasyonunun temas süresi, EDTA konsantrasyonu (%10'dan %17'ye kadar) ve pH (7.5'den 9'a) ile artış göstermiştir (133). EDTA'nın organik doku üzerinde çok az etkisi vardır veya hiç yoktur, tek başına antimikrobiyal aktiviteye sahip değildir (50).

2.4.1.3. Sitrik Asit (SA)

SA, piyasada %1 ile %50 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılır. Final irrigasyon çözeltisi olarak %10 SA kullanılması, smear tabakasının çıkarılması açısından çok iyi sonuçlar vermiştir (134).

SA, benzer konsantrasyonlarda EDTA'dan biraz daha iyi performans göstermiştir, bununla birlikte her iki çözelti de smear tabakasının kök kanal duvarlarından çıkarılmasında oldukça etkilidir (135).

Bazı çalışmalar SA'nın *Enterococcus faecalis* biyofilmlerini ve *Candida albicans*'ı tahrip edemediğini göstermiştir (136).

2.4.1.4. MTAD

Torabinejad ve ark. smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla EDTA'ya alternatif olarak %3 doksisisiklin, %4.25'lik sitrik asit ve deterjan (polisorbat 80) kombinasyonundan oluşan karışımı geliştirmişlerdir. Bu karışım şelatör görevi görür ve antimikrobiyal aktiviteye sahiptir. Organik dokuyu eritme etkisi olmadığından, kemomekanik preparasyonun sonunda NaOCl'den sonra kullanılması önerilir (137).

MTAD, sinerjistik olarak bakterileri etkilemesi beklenen üç maddenin karışımıdır (138). *E. faecalis* biyofilmi üzerindeki bakterisit etkisi, %1-6 arasındaki konsantrasyonlarda NaOCl çözeltisinden daha azdır. MTAD çözeltisindeki SA, smear tabakasının uzaklaştırılmasını sağlar ve doksisisiklin, dentin tübüllerine girmesini ve antibakteriyel etki göstermesini sağlar (139).

AH Plus ve guta perka ile doldurulmuş bir kanalda, final irrigasyon çözeltisi olarak MTAD kullanımının, EDTA kullanımına kıyasla, bağlanma kuvvetini önemli ölçüde azalttığı belirtilmiştir (140).

Genellikle, NaOCl ve CHX gibi biyositler yerine antibiyotik kullanımı önerilmemektedir, çünkü antibiyotikler yerel yara iyileşmesi yerine sistemik kullanım için geliştirilmiştir ve biyositlerden daha dar bir spektruma sahiptirler (141).

2.4.1.5. Tetraclean

MTAD gibi, Tetraclean de (Ogna Laboratori Farmaceutici, Muggiò (Mi), İtalya), sitrik asit, doksisisiklin (MTAD'dan daha düşük konsantrasyonda) ve deterjanın bir karışımıdır. Antibiyotik (doksisisiklin 50 mg / ml) konsantrasyonu ve deterjan tipi (propilen glikol) MTAD'ninkinden farklıdır. Tetraclean organik dokuyu çözmez ve kemomekanik preparasyonun sonunda NaOCl'den sonra kullanılması önerilir (137,142).

Tetraclean, anaerobik ve fakültatif anaerobik bakterilere karşı yüksek aktivite gösterir. MTAD ile karşılaştırıldığında, Tetraclean, *E. faecalis*'in planktonik kültürlerine ve karışık türlerden oluşan in vitro biyofilmlere karşı daha etkilidir (143).

2.4.1.6. Klorheksidin Glukonat (CHX)

Klorheksidin glukonat (CHX), iyi antimikrobiyal aktivitesi pH 5.5-7.0 nedeniyle diş hekimliğinde dezenfeksiyonda yaygın olarak kullanılır (144). Endodontide, irrigasyon çözeltisi ve kanal içi ilaç olarak popülerlik kazanmıştır. CHX, sodyum hipokloritin istenmeyen özelliklerinden bazılarına sahip değildir (kötü koku ve periapikal dokularda tahriş). Bununla birlikte, CHX'in doku çözme özelliği yoktur ve bu nedenle sodyum hipokloritin yerini alamaz. CHX, mikrobiyal hücre duvarı veya dış zarına nüfuz eder ve bakteriyel sitoplazmik veya maya plazma zarına saldırır. Yüksek konsantrasyonlarda, CHX hücre içi bileşenlerin agregasyonuna neden olur (141). CHX'in popülaritesinin sebeplerinden biri, CHX'in sert dokuya bağlanması ve antimikrobiyal etkisinin devam etmesidir. Bununla birlikte, diğer endodontik dezenfekte edici maddelere benzer şekilde, CHX'in aktivitesi pH'a bağlıdır ve organik madde varlığında büyük ölçüde azalır (145).

Birçok çalışma NaOCl ve %2'lik CHX'in kanal içi enfeksiyona karşı antibakteriyel etkisini karşılaştırmış ve antimikrobiyal etkinlikleri arasında çok az veya hiç fark olmadığını göstermiştir (15). Bakteriler CHX tarafından öldürülebilse de, biyofilm ve diğer organik kalıntılar giderilmez.

CHX, NaOCl gibi dentin aşınmasına neden olmaz, kemomekanik preparasyonun sonunda EDTA'dan sonra kullanılır ve bu nedenle %2'lik CHX, maksimum antimikrobiyal etki için iyi bir seçim olabilir (146). CHX su bazlı çözelti ve jel olarak (Natrosol ile) pazarlanmaktadır. Bazı çalışmalar, CHX jelinin CHX sıvısından daha iyi bir performansa sahip olduğunu ancak olası farklılıkların nedenlerinin bilinmediğini bildirmiştir (147).

2.5. Lazerler

Endodontik tedavinin temel amacı kök kanal sisteminin etkili temizliğidir. Geleneksel endodontik teknikler, kök kanalını şekillendirmek, temizlemek ve dekontamine etmek için ultrasonik ve kimyasal irrigasyonun yanı sıra mekanik aletler de kullanır. Çeşitli morfolojilere ve boyutlara sahip lateral kanallar (148), anatomik farklılıklar ve irrigantların lateral kanallara ve apikal dallanmalara nüfuz etme zorluğu gibi sorunlar endodontik tedavinin başarısını sınırlandırır. Bu nedenle, bu anatomik alanların temizliğini ve dekontaminasyonunu sağlayabilecek yeni materyallere, tekniklere ve teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır (149).

Işık etkisini artırıp enerjisini kullanarak, debrisin ve smear tabakasının kök kanallarından uzaklaştırılması, kök kanal sisteminin dekontaminasyonunun sağlanması ve geleneksel prosedürlerle elde edilen sonuçların iyileştirilmesi hedefiyle lazer teknolojisi endodontide tanıtılmıştır. Kuantum mekaniği prensipleri üzerine inşa edilen lazer, tüm fotonların tutarlı bir durumda olduğu genellikle aynı frekans ve fazda ışık demeti oluşturan bir cihazdır. Bu lazer ışığının genellikle sıkı bir şekilde odaklandığı ve çok fazla sapmadığı belirtilmiştir (150).

“LAZER” kelimesi, radyasyon yayılımını teşvik ederek ışık amplifikasyonunu ifade eder. Lazer teknolojisinin hızla gelişmesiyle birlikte, çok çeşitli özelliklere sahip yeni geliştirilmiş lazerler olup çeşitli diş hekimliği alanlarında kullanılmaktadır.

Lazer ilkesi, 1917'de Albert Einstein tarafından açıklanan uyarılmış emisyon teorisine dayanır. 1960'da Theodore Maiman, lazerin fonksiyonlarını göstermiş ve ayrıca “yakut lazer” olarak bilinen lazer cihazını geliştirmiştir. Stern ve Sognaes, 1965 yılında yakut lazerin mineyi buharlaştırabileceğini bildirmiştir. Hem sert hem de yumuşak doku uygulamasına sahip ilk lazer 1964 yılında Patel tarafından icat edilen CO₂ lazerdir. Nd:YAG lazer 1964 yılında Geusic tarafından geliştirilmiştir. 1971 yılında, endodontide ilk lazer kullanımı Weichman ve Johnson tarafından bildirilmiş olup, apikal foramenleri in vitro kapatarak yüksek güçlü kızılötesi CO₂ lazer kullanmışlardır. 1997 yılında FDA bir yıl sonra ilk gerçek diş sert doku lazeri Er:YAG lazer ve Er,Cr:YSGG'ye izin vermiştir. Yarı iletken bazlı diyot lazerler de 1990'ların sonunda ortaya çıkmıştır. Lazerlerin klinik uygulamaları hızla artmaya devam etmektedir. Şu anda, lazerler çeşitli diş prosedürleri için endikedir (151).

Aktif ortamdan lazer ışını oluşturulur. Bu aktif ortam ışık veya elektrik ile uyarıldığında belirli dalga boyunda fotonlar üretir. Lazerler, monokromatik, tek yönlü, koherent ve uyarılmış aktif ortamdan yayılma gibi karakteristik özelliklere sahiptir. Diş hekimliğinde, aktif ortam katı, gaz veya yarı iletken olabilir. Katı halde Er:YAG lazerler, erbiyum, optik pompalama olarak bilinen bir işlemle flaş lambasından gelen ışıkla uyarılır. Bir erbiyum atomu bir fotonu absorbe ettiği için elektronlar daha yüksek enerji seviyesine yükseltilir. Elektronlar daha düşük bir enerji durumuna geri döndüklerinde, bir zincir reaksiyonunda daha fazla atom uyarabilen ve üretilen ışığın çoğalmasına neden olan iki eşit foton yayar. Aktif ortamı çevreleyen aynalar olan rezonatörler bu ışık enerjisini daha da artırır. Çıkış kuplörü, yüzde yüzden daha az yansıtıcı olan aynalardan

biridir. Çıkış kuplöründen sızan ışık dalgaları lazer ışınını oluşturan fotonlar olur. Hedef dokuya, oynar kollardaki aynalar ve optik fiberler gibi çeşitli ışın transfer donanımı tipleri ile taşınır. Aktif ortam, CO₂ lazer durumunda hava geçirmez bir odaya kapatılırken, diyot lazerler elektrikle uyarıldığında lazer ışığının yayıldığı bir yarı iletkene sahiptir (152-155).

2.5.1. Lazerlerin Sınıflandırılması

1- Kaynağındaki aktif maddelere göre (155-157)

- Katı içerenler
- Gaz içerenler
- Uyarılmış asal gaz halojenleri içerenler
- Boya tanecikleri içerenler.
- Yarı iletken madde içerenler

2- Lazer ışını hareketlerine göre (155-157)

- Sürekli ışın verenler
- Atımlı ışın verenler
- Pulsatif ışın verenler

3- Lazerler dalga boylarına göre (155-157)

- UV ya da Excimer (XeF, XeCl, KrF, ArF)
- Enfraruj
- Görünen ışık (HeNe, KTP, Argon)

4- Kullanım alanlarına göre (155-157)

- Tip I Lazer – Argon (rezin polimerizasyonu / diş ağartma)
- Tip II Lazer - Argon (rezin polimerizasyonu/diş ağartma ve yumuşak doku lazerleri)

- Tip III Lazer - Nd:YAG, CO₂, Diode (yumuşak doku lazeri)
- Tip IV Lazer - Er:YAG (sert doku lazeri)
- Tip V Lazer - Er,Cr:YSGG (sert-yumuşak doku/diş ağartma)

2.5.2. Lazer-Doku Etkileşimi

1. Emilim, enerjinin emildiği ve dolayısıyla biyolojik etkilerini uyguladığı dokuda meydana getirdiği fenomendir.
2. Yansıma, bir hedefe çarpan ve afinite eksikliği nedeniyle geri yansıdığı fenomendir.
3. Difüzyon, ışının düzgün olmayan bir derinliğe nüfuz ettiği, yüzeyden uzakta biyolojik etkiler yarattığı fenomendir.
4. İletim, lazer ışınının, afinite olmadan dokudan geçebilmesi ve etkisiz olması fenomenidir (155,156).

2.5.3. Lazerlerin Diş Hekimliği Uygulamaları

1. Sert doku kesimi (Mine ve dentin)
2. Kök kanal hazırlığı ve dezenfeksiyonu
3. Kemik cerrahisi ve osseöz kron uzatma
4. Apisektomi ve endodontik cerrahi
5. Periodontal işlemler
6. Yumuşak doku tedavisi (150)

2.5.4. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler

2.5.4.1. Argon lazerler

Mavi-yeşil görünür spektrumdaki lazerlerdir. 488 veya 510 nm'de çalışırlar, CO₂ benzeri gazlardır ve Nd:YAG lazerler gibi bir fiber optik koldan kolayca iletilirler. Argon lazerler, koyu renkli dokular için özellikle hemoglobinin için yüksek bir afiniteye sahiptir, bu da pıhtılaşma için mükemmeldir. Argon lazerler ayrıca kompozit rezini

sertleştirilebilir; bu diğer lazerler tarafından sağlanamayan belirgin özelliğidir. 488 nm mavi dalga boyu temel olarak kompoziti sertleştirmek için kullanılırken, 510 nm yeşil dalga boyu temel olarak yumuşak doku prosedürleri ve pıhtılaşma için kullanılır (157).

Argon lazerler yeni başlayan çürüğü tespit edebilir (158). Bu tür lazerler periodontolojide *Prevotella intermedia* ve *Porphyromonas gingivalis*'e karşı yok edici özelliklere sahip olduklarından dolayı kullanılır (159).

2.5.4.2. CO₂ lazer

CO₂ lazer ilk kez Patel ve ark. tarafından 1964'te geliştirilmiştir. CO₂ lazerin dalga boyu 10600 nm dir, gazdır ve uzak kızıl ötesi spektrum içerisine düşer. Daha eski CO₂ lazerler, bağlantılarında iç aynaları olan oynar kollar vasıtasıyla üretilmiştir. Bu eski lazerlerin el kısımları geniş, odak mesafeleri büyük ve helyum-neon lazer ışınını hedefliyordu ancak bu özellikleri ağız içi kullanımını engelliyordu. Yaklaşık olarak 1970'lerin başlarından beri oral dokular da dahil olmak üzere yumuşak doku cerrahisinde CO₂ lazer kullanılmıştır ve bu amaçla 1976'da Food and Drug Administration (FDA) tarafından güvenlik izni alınmıştır (160).

Tüm lazerlerin kendine has özellikleri vardır ve CO₂ lazer nemli doku için doku renginden bağımsız olarak iyi bir afiniteye sahiptir. Dokular nemli olduğu sürece, CO₂ lazer bölgeye emilir. Bu, %75 ile %90'dan daha fazla suya sahip olan oral mukozada yüksek derecede emildikleri anlamına gelmektedir; bu miktarın %98'i kadar enerjisi ısıya dönüşür. Doku yüzeyinde çok az saçılır veya penetrasyonla emilir.

Bu lazerin sınırlamalarından biri penetrasyon derinliğinin yaklaşık 0.2 ile 0.3 mm olmasıdır. CO₂ lazerler hücre içi sıcaklıkta hızlı yükselmeye neden olur ve basınç, hücrel rüptüre ve bunun yanı sıra buhar ve hücrel artıkların serbest kalmasına yol açar. Darbe bölgesinde ortaya çıkan debris, kömürleşmiş bir dokudur ve birikmesi, sıcaklığın hızlı bir şekilde sıçramasına neden olarak aşırı termal hasara sebep olabilir. Kök yüzeyinin ısıya bağlı çatlaması, CO₂ lazer kullanıldığında karşılaşılan yaygın bir sorundur, ve bu durum özellikle güç ayarı sürekli dalga modunda 4 W'tan yüksek olarak verildiğinde görülür. Düşük güçte ve darbeli dalga formunda kullanılan CO₂ çok az hasar verir (161). Zakariasen, 1 saniyelik 10 W CO₂ lazer ışınına maruz kalmanın bakteriyel ölüme yol açtığını açıklayan ilk kişidir (162), ancak daha sonra kök kanal dentin üzerindeki etkileri fazla çalışılmıştır (163).

Bununla birlikte, bazı bölgelerde, yanma, erime, kristalleşme ve dentin camı gibi bazı istenmeyen etkiler de gözlenmiş ve diğer çalışmalar ile doğrulanmıştır (164).

2.5.4.3. Diyot lazer

Yarı iletken veya düşük düzeyli lazer olarak da adlandırılır. Bir diyot lazerde, aktif ortam silikon tabakalar arasına sıkıştırılır. Diş sert dokuları tarafından zayıf bir şekilde emilir, bu nedenle yumuşak doku ameliyatlarında güvenli bir şekilde yapılabilir. Avantajları, daha küçük boyutlu, taşınabilir bir cihazdır ve ayrıca düşük enerji seviyelerinde fibroblastik proliferasyonu da aktive edebilir (165).

1997 yılında ilk kez Moritz, kök kanal bakterileri eliminasyonunda 810 nm diyot lazer etkisini incelemiştir (166). Ayrıca, bu dalga boyunun kök kanal boşluğunun radiküler dentinin derin tabakalarını üç boyutlu olarak dekontamine edebildiği doğrulanmıştır. Bu durum, diyot lazerin su içinde veya inorganik malzemede absorbe edilmediği, lazer ışınının daha derin dentin tabakasının saçılmasına yol açan fenomen ile açıklanabilir (167).

Diyot lazerler, smear tabakasını 1.5 W'da çıkarır, ancak artan güç, yüzey dentinin erimesine yol açar. Bununla birlikte, başlatılan morfolojik değişikliklere rağmen, diyot lazerlerin kök kanalının mineral matriksinin yapısal karakterizasyonu üzerinde olumsuz bir etkisi yoktur. Smear tabakası ve mikrobiyal biyofilm eliminasyonu, bazı irrigasyon solüsyonları ile birlikte diyot lazer kullanılarak başarılabılır.

Ancak, irrigasyon solüsyonlarının türü, tedavinin sonucunu etkiler. Örneğin, diyot lazer ve NaOCl'in sinerjisi smear tabakası üretmektedir, fakat diyot lazer ve EDTA'nın kombinasyonu, smear tabakası eliminasyonu ile sonuçlanmaktadır (168).

2.5.4.4. Er,Cr:YSGG lazer

Er,Cr:YSGG, atımlı modda, bir fiber-optik sistemden iletilen 2780 nm dalgaboyu olan itriyum skandiyum galyum garnet içeren katı aktif orta kristalli erbiyum ve krom katkılı lazer ailesinin bir üyesidir. Bu dalga boyu cam fiber boyunca kolayca iletilemez, bu nedenle bu sistemi daha az esnek ve pahalı hale getirir. Bu dalga boyları sudaki en yüksek absorpsiyona sahiptir ve hidroksiapatit ile yüksek afinite gösterir. Suyun dental sert dokulardan buharlaştırılması, dokunun patlamasına neden olur. Bu lazer, çürük dokunun temizlenmesi ve kavite preparasyonunda güvenle kullanılmaktadır.

Er,Cr:YSGG lazer, kök kanalı smear tabakası ve debrislerin giderilmesinde etkili olup dentinde termal hasara yol açmaz (169).

Bir çalışmada Kangarloo ve ark. Er,Cr:YSSG'nin *E. faecalis* üzerindeki etkisini, çıkarılan dişlerin dentinal tübüllerinde %2'lik klorheksidin çözeltisi ile etkisini araştırmış. Sonuçlar, hem lazer hem de klorheksidin çözeltisinin bakteri sayısını azaltmada etkili olduğunu göstermiş, ancak klorheksidin anlamlı derecede daha etkili olduğu görülmüştür (170).

Gordon ve ark. Er,Cr:YSGG lazerin *E. faecalis* tarafından enfekte edilen dentinal duvarlar üzerindeki antimikrobiyal etkisini araştırmış ve çalışma koşulları altında Er,Cr:YSGG lazerin mikroorganizma sayısında %99.7 azalmaya yol açtığı sonucuna varmışlardır (171).

Er,Cr:YSGG lazerin %3'lük sodyum hipoklorit ile etkinliği üzerine yapılan karşılaştırmalı bir çalışma Er,Cr:YSGG lazerin (0.5 W güç, %20 su ve hava) bakteriyel sayının düşmesine yol açtığını ancak bakterileri tamamen ortadan kaldıramadığını göstermiştir. Hipoklorit çözeltisi *E. faecalis* büyümesini önleyebilmiş ve kanalları verimli bir şekilde sterilize edebilmiştir (12).

2.5.4.5. Nd:YAG lazer

Nd:YAG lazer; katı madde içeren, itriyum ve alüminyumla birleştirilmiş, neodim iyonları ile yapısal olarak sağlamlaştırılmış garnet kristali yapısındadır. Diş hekimliği pratiğinde 1064 nm dalga boyunda kullanılırlar. Nd:YAG lazerler fiber optik kablo aracılığıyla ışın demetini iletmektedirler. Kontakt veya non-kontakt modda çalıştırılabilirler (172).

Nd:YAG lazer endodontide ilk kez Weichman ve Johnson tarafından 1971 yılında kullanılmıştır. Su ve hidroksiapatite afinitesi az olup, melanin ve hemoglobinin hücrelerine yüksek afinitesi vardır. Non-kontakt modda kullanıldığında birkaç milimetre penetrasyon yapar. Bu özelliğiyle pulpa duyarlılığını gidermede, aftöz lezyonların tedavisinde ve kanama durdurmada kullanılabilir. Endodonti pratiğinde Nd:YAG lazer üzerine birçok çalışma mevcuttur. Kök kanal dezenfeksiyonuna etkisi ilgili bölgeyi lokalize ısıtmasıyla mikroorganizmaları buharlaştırılması şeklinde olur. Derin dentin tübüllerinde yaşayan bakteriler üzerinde de etkili olduğu çalışmalarla

gösterilse de, dezenfeksiyon derecesi siyah pigmentli bakteriler üzerinde ve eğimli kanallara sahip dişlerde yeterli seviyede değildir (173).

2.5.4.6. Er:YAG lazer ve PIPS tekniği

Er:YAG lazerleri, tipik olarak 2940 nm dalga boyunda kızılötesi kırmızı ışık yayan, Yttrium-aluminum-garnet katı kristal aktif ortamına sahip lazerlerdir. Er:YAG lazerin çıktısı atomik rezonanslar nedeniyle su ile kuvvetlice emilir. Er:YAG dalga boyu sert diş dokusu tarafından iyi emilir. Bu lazer 1997 yılında dental prosedürler için onaylanmıştır. Smear tabakasının çıkarılması, kanal hazırlığı ve apisektomi endodontik kullanım endikasyonlarıdır. Er:YAG lazer el aletleri, bu lazer ışığının verimini kök kanal boşluğuna getirmek için özel olarak tasarlanmış fiber ile donatılmıştır (174).

Dental lazer kullanarak kök kanal duvar hazırlığı hakkında birçok çalışma yapılmıştır. Bazı çalışmalar, kök kanal dentininde lazer kullanımının yan etkilerini bildirmiştir. Ayrıca, Er:YAG lazer ışığı doğrusal bir yönde hareket ederken kök kanal yüzeylerine genellikle dokunulmaz. Bu nedenle sadece düz ve hafif kavisli kök kanalları için önerilmiştir. Bu sınırlamalar, diş hekimliğinde kök kanalının şekillendirilmesi için bu lazerin kullanımını kısıtlamaktadır (175).

Mikrobiyal biyofilme karşı, konvansiyonel kemomekanik preparasyonla endodontik tedavide başarı elde edilememesi gibi durumlarda, özellikle biyofilmleri parçalayan ve bakteri hücrelerini patlatabilen Er:YAG lazerlerin kullanımı söz konusu olmuştur. Yapılan son çalışmalar patlayıcı buharın üretilmesi ile sağlam bir hareket mekanizması sayesinde, Er:YAG lazerin, enfekte olmuş kök kanalından bakteri sayısını ve smear tabakasını temizleyebildiğini göstermektedir. Bu lazer, kök kanal duvarının ve / veya etrafındaki periodontal dokunun inorganik yapısına zarar vermeden, diş tübüllerini açık bırakabilmektedir. Her ne kadar bu sonuç, optik fiberin kök kanal duvarlarıyla doğrudan temasını gerektirse de kontrol edilmezse bir termal hasar sebebi olabilir. Kök kanal ışınlaması, NaOCl gibi kimyasal bir antimikrobiyal madde ile birleştiğinde, mikroorganizmaların kök kanal alanından tamamen yok edilmesine yol açar (176).

PIPS'in etkisi kök kanalı içerisinde oluşturduğu mikropatlamalar ile olur. Oluşan bu patlamalar kök kanal içerisinde kavitasyonlar oluşmasına neden olur (177). PIPS veya fotonla indüklenmiş fotoakustik akış prensibi , lazer fiber ucunun irrigasyon solüsyonu ile dolu pulpa odasına yerleştirilmesi ve bu solüsyon içerisine atımlı bir lazer ışığı

gönderilmesi üzerine kuruludur. Lazer ışığı solüsyon tarafından yeterince emilirse, anında kaynama noktası üzerinden ısınır ve fiber uçta buhar kabarcıkları oluşmaya başlar. Buhar kabarcıkları önce genişler, sonra da maksimum hacmine ulaştıktan sonra patlar. Belirli koşullar altında, patlama ikinci bir kabarcığın büyümesini başlatır. İrrigasyon solüsyonlarının bu türbülanslı fotoakustik çalkalanması, kök kanal sisteminin üç boyutlu olarak temizlenmesini ve doku kalıntılarının aktif olarak kanallardan dışarı atılmasını sağlar. Ayrıca sadece ana kanal değil yan kanalların da dezenfeksiyonu beklenen etkisidir (178).

2.5.5. Lazer Kullanım Parametreleri

Lazerler mine, dentin, sement ve dişeti için farklı güç modlarında kullanılırlar. Lazerin etkisini ışığın gücü, dalga boyu, atım süresi, uygulama süresi belirlerken, amaç dokunun çeşidi de etkilemektedir (172).

Lazer ışınları atımlı ya da sürekli olabilir. Sürekli lazer ışığı sağlayan lazer cihazlarında metal filtreler sayesinde pulsatif hareket sağlanır. Bu pulsatif hareketler farklı olabilir. Özellikle sert doku lazerlerinde mikrosaniye olduğu bildirilir. Bunun sebebi yumuşak dokuya uygulanan güç miktarının sert dokuya kıyasla düşük olmasıdır.

Lazer ışığının dokuya olan etkisini belirleyen diğer faktör de dalga boyudur. Frekans ise belli bir noktadan geçen dalga sayısıdır. Bütün dalgalar belli bir frekansa sahiptir ve dalga ve frekans birbiriyle ters orantılıdır. Frekansın birimi Hertz (Hz)'dir. Hertz saniyedeki atım (pulsasyon) sayısıdır. Atım sayısı ya da lazer gücü arttırıldıkça lazerin sert dokuda etkinliği o derecede artar.

Lazer seçiminde amaç dokunun hangi dalga boyunu iyi absorbe ettiğini bilmek çok önemlidir. Bunu cihazın çıkış gücü ve atım özellikleri takip eder. İdeal lazer enerjisi; hedef dokuda lazerin en az yansıdığı, saçıldığı veya transmisyona uğradığı ve en fazla absorbe olduğu dalga boyunda uygulanmalıdır. Hedeflenen dokuya ve istenilen etkiye bağlı olarak parametreler de değişmektedir. Dişin sert ve yumuşak dokusu için farklı lazer türü, güç, dalga boyu, atım süresi ve kullanım süresi ayarlanmalıdır. Lazer ışığının kullanıldığı bölgenin küçülmesi, birim alana uygulanan ışık gücünün yoğunluğuyla ters orantılıdır ve daha derin bir ablasyonla sonuçlanmaktadır.

Lazer ışığının enerjisinin birimi mJ/cm^2 'dir. Lazer sistemlerinin ürettiği atımların kesintisiz ve sürekli olması “continuous wave” (CW) olarak tanımlanırken, metal filtrelerle kesintili hale gelen atımlara da “pulsatif akım” denilmektedir (179).

Sert doku lazerlerinin atım süreleri, uygulandığı dokuda termal hasar oluşturmaması için mikrosaniyelere düşürülmektedir. Atım süreleri yumuşak dokularda ise daha uzundur çünkü yumuşak dokularda uygulanan işlemler için gerekli lazer enerjisi miktarı daha düşüktür. Bu nedenle birçok lazer sistemi, atım süresinin ayarlanabilir olması sayesinde hem sert hem de yumuşak dokuda uygulanabilir.

Tüm dalga boylarının belirli bir frekansı vardır. Lazer sistemlerinin frekansı bir saniyede kaç titreşimin dalgayı meydana getirdiğini göstermektedir. Dalga boyuyla frekans ters orantılıdır. Lazer sistemlerinin frekans aralığının geniş olması istenen bir özelliktir. Lazer enerjisinin yoğunluğu ve uygulamanın yapıldığı doku tipinin hangi dalga boyunu en iyi absorbe ettiği, oluşan tepkinin derinliğini ve miktarını etkiler. Lazer cihazının çıkış gücü ve ayarlanan atım türünün özellikleri de lazerin etkinliği üzerinde önemli parametrelerdendir (180).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Yöntemi

Bu in vitro çalışmanın, Gaziantep Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 2017/339 karar nolu ve 23.10.2017 tarihli etik kurul raporuna göre yapılmasında sakınca olmadığı, bilimsel ve etik olarak uygun olduğu görülmüştür. Çalışmamızın metodu, Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Laboratuvarı ve Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı Bakteriyoloji Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamızda *C. albicans* ve *E. faecalis* ile kontamine edilmiş insan dişi köklerinde, Nd:YAG (Fotona, Ljubljana, Slovenya) ve Er:YAG (PIPS) (Fotona, Ljubljana, Slovenya) lazerlerinin antibakteriyel ve antifungal etkinliğinin %5'lik NaOCl ile karşılaştırıldığında alternatif bir tedavi yöntemi olup olmadığı araştırılmıştır.

3.2. Örneklerin Hazırlanması

Çalışmamızda yeni çekilmiş, daha önce kanal tedavisi görmemiş, apeksi kapalı, çürüksüz ve tek köke sahip alt premolar insan dişleri kullanıldı. Dişler +4 °C sıcaklıkta ve %0.9'luk NaOCl çözeltisinde çalışma gününe kadar bekletildi ve çalışmaya başlamadan 24 saat önce ise oda sıcaklığında muhafaza edildi. Her diştten periapikal radyografi alındı ve kanallarda kalsifikasyon, fazla kanal varlığı, eksternal veya internal rezorbsiyon varlığı değerlendirildi. Ayrıca kök kanal eğimi 10 °'den fazla olan dişler çalışmadan çıkarıldı. Ek olarak stereo mikroskop altında dişlerde kırık, çatlak veya başka mevcut anomali varlığı değerlendirildi ve kusurlu olanlar çalışmaya dahil edilmedi.

Çalışmaya dahil edilen 140 adet diş kretuar kullanılarak yumuşak ve sert doku artıklarından arındırıldı. Kök uzunluğu standardizasyonu için, dişler kron-kök birleşiminden elmas disk yardımıyla su soğutması altında 12 mm'lik kök uzunluğu elde edilecek şekilde kesildi. Apeks çapı #20 K-tipi kanal eğesinden (Diadent, Burnaby, Kanada) daha büyük olan dişler çalışmaya dahil edilmedi. Çalışma boyu; #10-K tipi

kanal eğesinin (Diadent, Burnaby, Kanada) apikal foramenden görüldüğü uzunluktan 1 mm geri çekilerek hesaplandı.

Çalışmacı hatalarının olabildiğince aza indirgenmesi amacıyla, tüm örnekler aynı çalışmacı tarafından, Reciproc (VDW, Münih, Almanya) sisteminin R40 eğesine kadar prepare edildi. Eğeler, Dentsply X-Smart endodontik motor (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ve bu sisteme ait anguldurva yardımıyla üretici firma talimatları doğrultusunda resiprokal hareketle kullanıldı. Preparasyon esnasında kanal içinde serum fizyolojik (SF) solüsyonu ile irrigasyon yapıldı. Kanallar kağıt konlarla (Pearl Endo, Gyonggi-Do, Güney Kore) kurulandıktan sonra köklerin apekslerine bonding (GC, Tokyo, Japon) uygulaması yapıldı ve ışınli kompozit dolgu (I-flow, I-dental, Siauliai, Litvanya) ile kapatılarak polimerize edildi. Bu işlemi takiben köklerin dış yüzeyleri oje sürülerek, kanal girişleri ise pamuk pelet yardımıyla kapatıldı.



Resim 3. 1. 12 mm kök boyuna sahip kron kısmı kesilmiş örnekler



Resim 3. 2. Köklerin apeksleri kompozit dolguyla tıkanmış örnekler

Dişler eppendorf tüplerine yerleştirilip soğuk akrilik yardımıyla sabitlendi. Tüp kapaklarının kapandığı görsel olarak kontrol edildi. Akrilik polimerizasyonunun tamamlanmasının takibinde kanal ağzına yerleştirilen pamuk peletler uzaklaştırıldı. Kanallarda eklenti kalmaması için tüm kanallar serum fizyolojik ile tekrar yıkandı. İşlemi takiben tüm kanallarda %17'lik EDTA solüsyonu 1 dk boyunca bekletildi ve kanalda kalan solüsyon enjektörle aspire edilip, kanallar yeniden SF ile yıkandı ve kağıt konlarla kurutuldu. Deneyde hazırlanan örnekler Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı'na götürüldü. Bütün örnekler 74 °C'de Anprolen Gaz (Cap, Guangdong, Çin) sterilizatöründe sterilize edildi. Sterilizasyon etkinliği, sterilizasyon bandı ile kontrol edilerek doğrulandı.



Resim 3. 3. Eppendorf tüpleri içerisinde yer alan örnekler

3.3. Çalışmada Kullanılan Mikroorganizmalar

Çalışma, American Collection of Type Cultures, *E. faecalis* (*E. faecalis* ATCC 29212) standart bakteri ve *C. albicans* (*C. albicans* ATCC 90028) standart maya suşları kullanılarak yapıldı.



Resim 3. 4. *E. faecalis* üremesinin gözlemlendiği koyun kanlı agar besiyeri görüntüsü



Resim 3. 5. *C. albicans* üremesinin gözlemlendiği SDA besiyeri görüntüsü

3.4. Standart Mikroorganizmaların Üretilmesi ve Deney İçin Hazırlanması

Standart *E. faecalis* (*E. faecalis* ATCC 29212) suşları üretilerek, %5 koyun kanlı agar (Becton Dickinson, New Jersey, ABD) besiyerine 10 µl ekim yapıldı ve 37 °C’de 24 saat inkübasyona bırakıldı. Standart *C. albicans* (*C. albicans* ATCC 90028) suşları üretilerek Sabouraud Dextrose Agar (SDA) (Becton Dickinson) besiyerine 10 µl ekim yapıldı ve 37 °C’de 24 saat inkübasyona bırakıldı. Üremeler kontrol edildi.

3.5. Deney ve Kontrol Gruplarının Oluşturulması

Sterilizasyon işlemlerini takiben 140 dişten, 10 adet diş pozitif kontrol ve 10 adet diş negatif kontrol grubu oluşturuldu. Geriye kalan 120 adet diş ise iki gruba ayrıldı.

Birinci Gruba ait 60 adet diş *E. faecalis*; ikinci Gruba ait 60 adet diş *C. albicans* ile enfekte edildi. Daha sonra deney grupları 20 dişten oluşacak şekilde 5 alt gruba ayrıldı.

Grup 1: *E. faecalis* ile enfekte edilen grup

Grup 1A: Nd:YAG lazer grubu (20 örnek)

Grup 1B: Er:YAG (PIPS) lazer + NaOCl grubu (20 örnek)

Grup 1C: %5'lik NaOCl grubu (20 örnek)

Grup 1D: Pozitif kontrol grubu (5 örnek)

Grup 1E: Negatif kontrol grubu (5 örnek)

Grup 2: *C. albicans* ile enfekte edilen grup

Grup 2A: Nd:YAG lazer grubu (20 örnek)

Grup 2B: Er:YAG (PIPS) lazer + NaOCl grubu (20 örnek)

Grup 2C: %5'lik NaOCl grubu (20 örnek)

Grup 2D: Pozitif kontrol grubu (5 örnek)

Grup 2E: Negatif kontrol grubu (5 örnek)

3.6. Kök Kanallarının Enfekte Edilmesi

Özeyle plak içerisindeki saf kültürden mikroorganizmalar alındı ve kendilerine ait 5 µl Phoenix ID Broth (Becton Dickinson) içeren serolojik cam tüplerde vorteks cihazı içerisinde (VELP Scientifica, Monza, Italya) 10 sn karıştırıldı. Ayrıca PhoenixSpec (Becton Dickinson) cihaz yardımıyla McFarland 0.5 bulanıklık değerine kadar bu işleme devam edildi. İşlem sonrasında *E. faecalis* bakteri süspansiyonundan herbir kontamine edilecek örneğe 10 µl steril uca sahip otomatik pipet (Gilson, Villiers Le Bel, Fransa) yardımıyla 10 µl bakteri süspansiyonu alındı ve örneklerin kanallarına enjekte edildi. Aynı işlemler *C. albicans* için de aynı şekilde uygulandı. Her bir diş içerisine, 10⁵ cfu/ml miktarında *E. faecalis* ve *C. albicans* kontamine edildi. Bu işlemler neticesinde tüm örneklerde bakteri-maya miktarı standardizasyonu sağlandı. kontamine edilen kök kanalları 37 °C'de 4 hafta inkübasyona tabi tutuldu ve 4 günde bir olacak şekilde örneklerle 10 µl besiyeri takviyesi yapıldı. Tüm besiyeri ekimleri güvenlik kabini

(CleAir Class II, Biological Safety Cabinets, Elmshorn, Almanya) içerisinde gerçekleştirildi.



Resim 3. 6. Mikrobiyolojik ekimlerin gerçekleştirildiği güvenlik kabini

3.7. Kök Kanal Dezenfeksiyonu

3.7.1. Nd:YAG lazer grupları

1A ve 2A gruplarında Nd:YAG lazer, 2 W gücünde, 15 Hz, 300 µm fiber optik uç ile 10 saniye uygulanıp 10 saniye bekleme şeklinde 3 kez tekrarlandı. Kanal içerisinde NaOCl ya da başka irrigasyon solüsyonu yoktu. Lazer, üretici firmanın önerileri doğrultusunda kullanıldı. Lazer uç, çalışma boyunca kanala yerleştirilmiş ve kanalda olduğu sürece aktif olmuştur. Fiber uç apikalden koronale doğru dairesel hareketlerle kullanıldı. Lazer işlemi ardından eppendorf tüp kapakları kapatıldı. Her lazer uygulamasından sonra fiber uçlar kontrol edildi ve bozulma varlığı gözlemlendiğinde uçlar değiştirildi. Fiber ucun tekrar kullanılacağı durumlarda her örnek arasında dezenfeksiyon amacıyla izopropil alkol (Tekkim Kimya, Bursa, Türkiye) içeren kapta, daha sonra da serum fizyolojik (%0.9 izotonik sodyum klorür, Polifarma, İstanbul, Türkiye) ile dolu olan kapta bekletildi.

Lazer uygulamasını takiben, kanallarda irrigasyon işlemi uygulanmadı.



Resim 3. 7. Çalışmamızda kullanılan Nd:YAG lazer cihazı



Resim 3. 8. Nd:YAG lazer parametre değerleri

3.7.2. Er:YAG (PIPS) lazer + NaOCl grupları

1B ve 2B gruplarında Er:YAG lazer; 1 W gücünde, 20 Hz, 50 mJ değerlerinde, 400 mikron quartz PIPS ucu ile %5'lik NaOCl varlığında, 5 saniye lazer uygulaması 5 saniye dinlenme şeklinde toplamda 25 saniye ışınlamaya tabi tutuldu. Her bir örnek 7

ml NaOCl ile irriye edildi. PIPS uygulama sırasında kanalın kurumasının engellenmesi amacıyla, kanal içerisine enjektörle devamlı NaOCl akışı sağlandı. Her örnek için ayrı enjektör kullanıldı. İşlem sonrasında eppendorf tüp kapakları hızlıca kapatıldı. Her bir lazer uygulamasını takiben fiber uç kontrol edildi ve herhangi bir bozulma varlığı durumunda yenisiyle değiştirildi. Fiber ucun tekrar kullanılacağı durumlarda her örnek arasında dezenfeksiyon amacıyla izopropil alkol içeren kapta, daha sonra da serum fizyolojik ile dolu olan kapta bekletildi. Ardından steril gazlı bezle silindi.



Resim 3. 9. Çalışmamızda kullanılan Er:YAG lazer cihazı



Resim 3. 10. Er:YAG lazer parametre değerleri

3.7.3. Sodyum Hipoklorit (NaOCl) grupları

1C ve 2C gruplarında kök kanalları içerisine, enjektör ucu kök ucundan 2mm kısa olacak şekilde yerleştirildi ve kanala 2 dakika boyunca 7 ml %5'lik NaOCl (Microvem, Rehber Kimya, İstanbul, Türkiye) gönderildi. İşlem takibinde kanal içerisindeki NaOCl ajanı her örnekte ayrı steril enjektör kullanılarak geri çekildi. İşlemi takiben eppendorf tüp kapakları hızlıca kapatıldı.



Resim 3. 11. Çalışmamızda kullanılan NaOCl solüsyonu



Resim 3. 12. Kanalların %5'lik NaOCl ile irrigasyon işlemi

3.7.4. Pozitif Kontrol Grupları

1D ve 2D pozitif kontrol gruplarındaki dişlerde yalnızca mikrobiyal inokülasyon işlemi sağlandı. Örnekler dezenfeksiyon amacıyla herhangi bir işleme tabi tutulmadı.

3.7.5. Negatif Kontrol Grupları

1E ve 2E negatif kontrol gruplarındaki örnekler Hidrojen Peroksit Plasma (CASPMedical, HeiLongJiang, Çin) sterilizasyon cihazında steril edildi. Örnekler mikrobiyal inokülasyona veya dezenfeksiyon işlemine tabi tutulmadı.

3.8. Lazer ve NaOCl Uygulamasından Sonra Cfu/ml Değerlerinin Belirlenmesi

Dezenfeksiyon işlemine tabi tutulan örnekler Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı'na ulaştırıldı. Örneklerin kök kanallarına 1 dakika boyunca serum fizyolojiğe batırılmış kağıt kon yerleştirildi. Bu işlemi yaparken %6 koniklik açısına sahip kağıt konların tüm kanal duvarlarına temas etmesine özen gösterildi. Alınan örnekler besiyerlerine ekildi ve 37 °C'de 24 saat inkübasyona tabi tutuldu. İnkübasyon sonunda her bir kök kanalı için işlem sonrası cfu/ml değerleri ayrı ayrı tespit edildi. Tüm ekimler güvenlik kabini içerisinde gerçekleştirildi.



Resim 3. 13. Dezenfeksiyon uygulamasını takiben kültür alma işlemi

3.9. İstatistiksel Değerlendirme

Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilk testi ile, normal dağılmayan değişkenlerin iki farklı zamanda karşılaştırılmasında Wilcoxon testi, 2 bağımsız grup karşılaştırmasında Mann Whitney U testi ve 2'den fazla bağımsız grubunun karşılaştırılmasında ise Kruskal Wallis ve Dunn çoklu karşılaştırma testleri kullanılmıştır. Tanımlayıcı istatistik olarak sayısal değişkenler için medyan [%25-%75] değerleri verilmiştir. İstatistiksel inceleme SPSS for Windows version 24.0 (IBM, New York, ABD) paket programında yapılmış ve $p < 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür.



4. BULGULAR

4.1. *E. faecalis* ile Enfekte Edilen Örneklerden Dezenfeksiyon İşlemlerinin Öncesi ve Hemen Ardından Elde Edilen Bulgular

Grupların medyan [%25-%75] değerleri Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Bütün irrigasyon yöntemlerinin, kanal içindeki *E. faecalis* miktarını belirgin oranda azalttığı görüldü. En etkili yöntem Er:YAG (PIPS) + NaOCl ve NaOCl iken, Nd:YAG en az etkili yöntemdir. Er:YAG (PIPS) + NaOCl grubu, NaOCl grubu arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0.05$). Ancak, Er:YAG (PIPS) grubu Nd:YAG grubundan anlamlı derecede üstün bulundu ($p<0.05$).

Tablo 4. 1. Deney gruplarındaki *E. faecalis* miktarının (cfu/ml) dezenfeksiyon işleminin öncesi ve hemen ardından medyan [%25-%75] değerleri tablosu.

Değişkenler	N	Dezenfeksiyon öncesi (cfu/ml)	Dezenfeksiyon sonrası (cfu/ml)	P
Nd:YAG	20	1×10^5 [6×10^4 - 1×10^5]	3.5×10^4 [2×10^4 - 6×10^4]	0.001*
Er:YAG (PIPS) + NaOCl	20	1×10^5 [1×10^5 - 1×10^5]	0 [0 -0]	0.001*
NaOCl	20	1×10^5 [1×10^5 - 1×10^5]	0 [0 -0]	0.001*
Pozitif Kontrol	5	1×10^5 [1×10^5 - 1×10^5]	1×10^5 [1×10^5 - 1×10^5]	
Negatif Kontrol	5	0 [0 -0]	0 [0 -0]	
P gruplar arası		0,001*	0,001*	

*0,05 düzeyinde anlamlı

Dezenfeksiyon işlemleri öncesi *E. faecalis* miktarı bakımından pozitif ve negatif kontrol ile diğer gruplar arasında fark bulunurken Nd:YAG lazer, Er:YAG (PIPS) lazer + NaOCl ve NaOCl grupları arasında anlamlı fark bulunmadı. (Tablo 4.2).

Tablo 4. 2. Dezenfeksiyon işlemleri öncesi *E. faecalis* miktarı bakımından gruplar arası karşılaştırma.

Gruplar	P
Negatif Kontrol - Nd:YAG	0,001*
Negatif Kontrol - Er:YAG (PIPS) + NaOCl	0,001*
Negatif Kontrol - NaOCl	0,001*
Negatif Kontrol - Pozitif Kontrol	0,001*
Nd:YAG - Er:YAG (PIPS) + NaOCl	0,336
Nd:YAG - NaOCl	0,063
Nd:YAG - Pozitif Kontrol	0,122
Er:YAG (PIPS) + NaOCl - NaOCl	0,369
Er:YAG (PIPS) + NaOCl - Pozitif Kontrol	0,348
NaOCl - Pozitif Kontrol	0,711

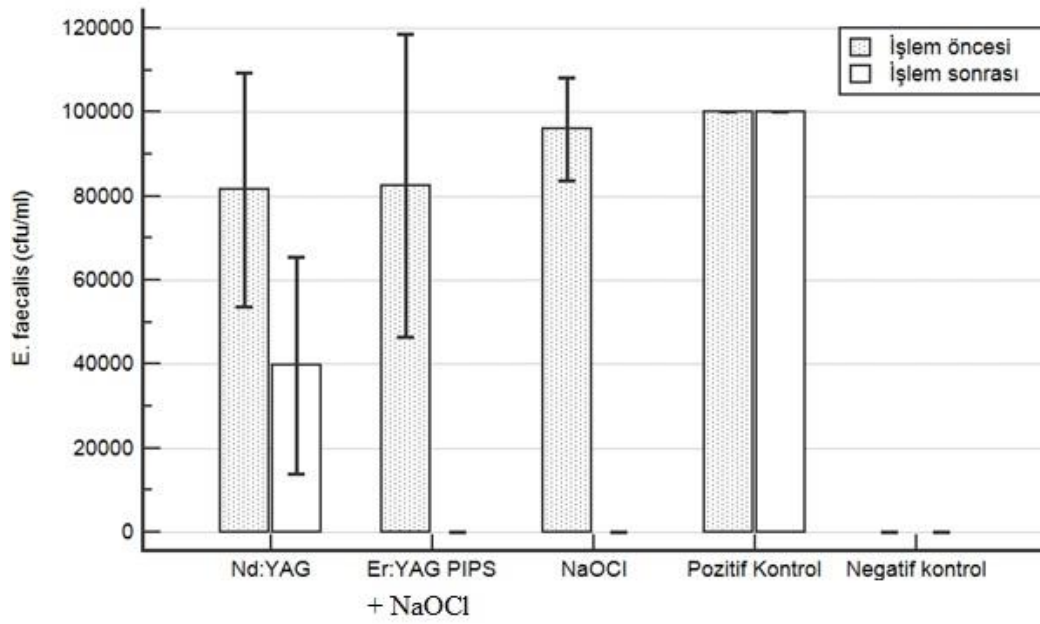
*0,05 düzeyinde anlamlı; Dunn testi

Dezenfeksiyon işlemleri sonrası *E. faecalis* miktarı bakımından Er:YAG (PIPS) + NaOCl ve Nd:YAG grupları arasında anlamlı fark bulundu ($p < 0.05$). Ayrıca NaOCl ve Nd:YAG lazer grupları arasında da anlamlı farklılık vardı. Ama Er:YAG (PIPS) lazer + NaOCl ve NaOCl grupları arasında anlamlı farklılık bulunmadı ($p > 0.05$).

Tablo 4. 3. Deney gruplarındaki *E. faecalis* miktarının dezenfeksiyon işleminin sonrası P değerleri tablosu.

Gruplar	P
Nd:YAG - Er:YAG (PIPS) + NaOCl	0,001*
Nd:YAG - NaOCl	0,001*
Er:YAG (PIPS) + NaOCl - NaOCl	1,000

*0,05 düzeyinde anlamlı; Dunn testi



Şekil 4. 1. Deney gruplarındaki *E. faecalis* miktarının dezenfeksiyon işleminin öncesi ve hemen ardından medyan grafiği

4.2. *C. albicans* ile Enfekte Edilen Örneklerden Dezenfeksiyon İşlemlerinin Hemen Ardından Elde Edilen Bulgular

Grupların medyan [%25-%75] değerleri Tablo 4.4’de gösterilmiştir. Bütün irrigasyon yöntemleri, kanal içindeki *C. albicans* miktarını belirgin oranda azaltmıştır. En etkili yöntem Er:YAG (PIPS) + NaOCl ve NaOCl iken, Nd:YAG en az etkili yöntemdir. Er:YAG (PIPS) + NaOCl grubu, ile NaOCl grubu arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0.05$). Bu her iki grup da Nd:YAG grubundan anlamlı derecede üstün bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 4. 4. Deney gruplarındaki *C. albicans* miktarının dezenfeksiyon işleminin öncesi ve hemen ardından medyan [%25-%75] değerleri tablosu.

Değişkenler	N	Dezenfeksiyon öncesi (cfu/ml)	Dezenfeksiyon sonrası (cfu/ml)	P
Nd:YAG	20	1×10^5 [1×10^5 - 1×10^5]	2.5×10^4 [2×10^4 - 3×10^4]	0,001*
Er:YAG (PIPS) + NaOCl	20	1×10^5 [1×10^5 - 1×10^5]	0 [0 - 0]	0,001*
NaOCl	20	1×10^5 [8×10^4 - 1×10^5]	0 [0 - 0]	0,001*
Pozitif Kontrol	5	1×10^5 [1×10^5 - 1×10^5]	1×10^5 [1×10^5 - 1×10^5]	
Negatif Kontrol	5	0 [0 - 0]	0 [0 - 0]	
P gruplar arası		0,001*	0,001*	

*0,05 düzeyinde anlamlı

Dezenfeksiyon işlemleri öncesi *C. albicans* miktarı bakımından pozitif ve negatif kontrol ile diğer gruplar arasında fark bulunurken Nd:YAG lazer-Er:YAG (PIPS) lazer + NaOCl ve NaOCl grupları arasında anlamlı fark bulunmadı ($p > 0.05$).

Tablo 4. 5. Dezenfeksiyon işlemleri öncesi *C. albicans* miktarı bakımından gruplar arası karşılaştırma

Gruplar	P
Negatif Kontrol - Nd:YAG	0,001*
Negatif Kontrol - Er:YAG (PIPS) + NaOCl	0,001*
Negatif Kontrol - NaOCl	0,001*
Negatif Kontrol - Pozitif Kontrol	0,001*
NaOCl - Er:YAG (PIPS) + NaOCl	0,626
NaOCl - Nd:YAG	0,592
NaOCl - Pozitif Kontrol	0,243
Er:YAG (PIPS) + NaOCl - Nd:YAG	0,960
Er:YAG (PIPS) + NaOCl - Pozitif Kontrol	0,389
Nd:YAG - Pozitif Kontrol	0,407

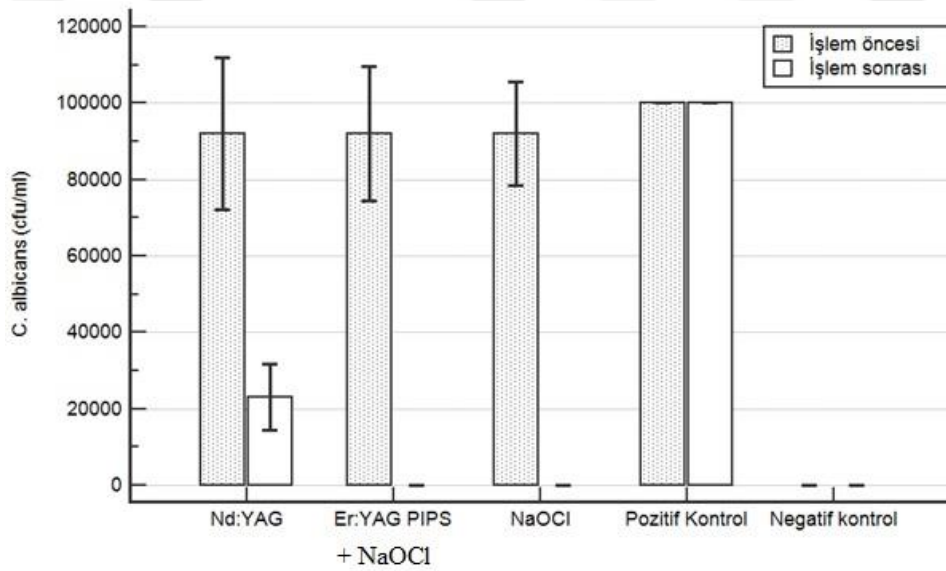
*0,05 düzeyinde anlamlı; Dunn testi

Dezenfeksiyon işlemleri sonrası *C. albicans* sayıları bakımından Er:YAG (PIPS) lazer + NaOCl ile Nd:YAG lazer grupları arasında anlamlı fark bulundu ($p < 0.05$). Ayrıca NaOCl grubu ile Nd:YAG lazer grupları arasında da anlamlı farklılık vardı ($p < 0.05$). Ancak Er:YAG (PIPS) lazer + NaOCl ile NaOCl grupları arasında anlamlı farklılık bulunmadı ($p > 0.05$).

Tablo 4. 6. Deney gruplarındaki *C. albicans* miktarının dezenfeksiyon işleminin sonrası P değerleri tablosu.

Gruplar	P
Nd:YAG - Er:YAG (PIPS) + NaOCl	0,001*
Nd:YAG - NaOCl	0,001*
Er:YAG (PIPS) + NaOCl - NaOCl	1,000

*0,05 düzeyinde anlamlı; Dunn testi



Şekil 4. 2. Deney gruplarındaki *C. albicans* miktarının dezenfeksiyon işleminin öncesi ve hemen ardından medyan grafiği.

5. TARTIŞMA

Başarılı endodontik tedavi için kök kanal sisteminin tamamen temizlenmesi ve mikroorganizmalardan arındırılması mutlak bir gerekliliktir. Mekanik enstrümantasyon ve irrigasyon bu hedefe ulaşmada önemli rol oynamaktadır (181). Bununla birlikte, apikal üçlüde, mikroorganizmaları istmus, anastomoz ve oval uzantıların varlığı nedeniyle tamamen yok etmek çok zordur. Tek başına manuel irrigasyon, apikal üçlüde artıkların ve smear tabakasının giderilmesinde genellikle yetersizdir (182-184).

Pulpal ve periapikal hastalıkların ortaya çıkması ve gelişmesi öncelikle bakteriler ve bunların kök kanal içindeki ürünleri ile ilişkilidir. Endodontik tedavi bu tür hastalıklar için en etkili tedavi olarak bilinmektedir. Bununla birlikte, eğer kök kanalları tam olarak temizlenmezse, derin dentin katmanlarını istila eden bakteriler endodontik olarak tedavi edilmiş bir kökü yeniden enfekte edebilir. İnatçı mikroorganizmalar, 300-1000 µm derinliğe kadar dentin tabakalarını istila edebilir (5).

Endodontik tedaviyi takiben bakteri ve mantarların kalıcılığı, endodontik başarısızlıklara yol açan bir faktör olarak belirlenmiştir. Klinisyenler ve araştırmacılar, mekanik ve kimyasal teknikler de dahil olmak üzere kök kanal sistemindeki mikroorganizmaları ortadan kaldırmanın farklı yollarını araştırmışlardır. *E. faecalis* ve *C. albicans*, tedaviye dirençleri nedeniyle endodontik literatürde çok çalışılmış mikroorganizmalardır (9, 10).

E. faecalis yüksek virülans, dentin tübüllerine nüfuz etme ve yüksek pH ortamında hayatta kalma kabiliyetinin yanı sıra kollajene yapışması nedeniyle çok çalışılmıştır ve başarısız endodontik tedavilerde en sık izole edilen mikroorganizmadır (38, 185, 186, 187).

Biyofilm oluşum zamanı, çalışmalar arasında farklılık gösterir, ancak antimikrobiyal tedaviye direnç, 3 haftalık (yani, olgun) bakteriyel biyofilmlerde, genç biyofilmlerden (188) daha yüksektir. Bu çalışmada, inkübasyon süresi *E. faecalis*'in bakteriyel dentin tübüllerine penetrasyonunu arttırmak ve mikrobiyal biyofilm oluşumunu desteklemek için 4 hafta olarak belirlenmiştir.

C. albicans, endodontik başarısızlıkta, *E. faecalis* kadar önemli olan mikroorganizma türüdür. Bu mikroorganizmalar primer ve sekonder kök kanal enfeksiyonlarından saf kültür olarak izole edilebilir (93). *C. albicans* yüksek bir dentin afinitesine sahiptir. Dentin tübüllerini derinden istila edebilir ve diğer *Candida* türlerine kıyasla biyofilm oluşturma kabiliyetinden dolayı patojen olarak kabul edilir. Bu amaçla çalışmamızda *E. faecalis*'in yanı sıra *C. albicans* kullandık. Deney gruplarında standarda ulaşmak için *E. faecalis* ve *C. albicans* miktarlarını eşit tuttuk. Kök kanallarının her biri, 100×10^3 cfu / ml (100 koloni) önceden ekilmiş saf *E. faecalis* ve *C. albicans* kültürü ile aşılanmıştır.

Sodyum hipoklorit en yaygın kullanılan irrigasyon solüsyonudur. Düşük konsantrasyonlarda bile bakterileri hızlı bir şekilde öldürür, ancak kötü tadı, göreceli toksisitesi ve smear tabakasını kaldıramaması nedeniyle eleştirilmiştir. EDTA, smear tabakasının uzaklaştırılması için endodontik preparasyonda yaygın olarak kullanılan etkili bir şelat ajanıdır. Bu nedenle, NaOCl ve EDTA'nın irrigasyon protokolünde birlikte kullanılması, kök kanalı sistemindeki bakteri yükünün azaltılmasında, sadece NaOCl'den daha etkili bir protokol olarak önerilmiştir (186). CHX, antimikrobiyal özellikleri ve düşük toksisitesi nedeniyle diş hekimliğinde uzun süredir kullanılmaktadır. Piyasada %2'lik CHX içeren birçok ürün mevcut olmasına rağmen, düşük konsantrasyonlu (%0.2) bir CHX de *E. faecalis*'i 30 saniye içinde öldürebilir (125). Endodontik irrigasyon solüsyonları, birtakım antimikrobiyal etkiler gösterse de, kök kanal sisteminin derinliklerine girememesi ve diş ile periradiküler dokularda bazı yan etkileri gibi dezavantajları söz konusudur.

NaOCl, antimikrobiyal ve kayganlaştırıcı etkisiyle en iyi endodontik irrigant olarak kabul edilir, ayrıca organik kalıntıları kök kanalında farklı konsantrasyonlarda çözme kabiliyetine sahiptir. Birçok çalışmada NaOCl'nin lazer gibi aktivasyon araçlarıyla ya da tek başına %0.5 ile %6 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılması önerilmektedir (125). Bazı çalışmalarda, yüksek ve hızlı antimikrobiyal etki için %5.25'lik konsantrasyon tavsiye edilmiştir (187,188). Ancak, Siqueira ve ark. salin, %1'lik NaOCl, %2.5'luk NaOCl ve %5.25'lik NaOCl'yi karşılaştırdıkları çalışmalarında, NaOCl'nin üç konsantrasyonda da *E. faecalis*'e karşı etkili olduklarını, antibakteriyel etkinliğin ise irrigasyon solüsyonunun sık tazelenmesi ve miktarı ile ilgili olduğunu bulmuşlardır (188).

Kök kanal tedavisinin başarısı, irrigasyon ajanının antimikrobiyal kapasitesiyle bağlantılı olmasına rağmen, mekanik preparasyon da önemlidir (105). Ni-Ti döner sistemler preparasyon süresini azaltır, uygulanması kolaydır ve komplikasyon riskini azaltması nedeniyle bugün fazlasıyla kullanılmaktadır (114).

Çalışmamızda Ni-Ti döner sistemlerinden biri olan Reciproc eğe sistemi kullanıldı. Yapılan çalışmalarda diğer döner sistemlerine göre daha az smear tabakası oluşturduğu gözlenmiştir (116,117).

Çalışmamızda değişkenlerin kontrolünü ve düzgünlüğü sağlamak kolay olduğu için in-vitro çalışma modelini seçtik. Kullanılan dişlerin kompleks anatomik yapısı mikrobiyolojik çalışmalardaki sonuçları etkileyebilir. Örneklerdeki anatomik farklılıkları en aza indirmek için, çalışmamızda insan tek köklü alt küçük azı dişleri kullanıldı.

E. faecalis ve *C. albicans*'ın inkübasyon periyotları literatürde farklıdır. Bu süre 24 saat ile 4 hafta arasında değişmektedir (189-192). Chivatxaranukul ve ark'nın *E. faecalis*'in dentin tübülü istilasını araştırdığı çalışmasında, bakteriyel invazyon ve adezyonun 8 haftalık inkübasyondan sonra maksimum olduğu gösterilmiştir (191). Çalışmamızda 4 haftalık inkübasyon dönemini tercih ettik.

C. albicans'ın inkübasyon periyodu için farklı görüşler bulunmaktadır. Literatürde bu süre 2 saat ile 28 gün arasında değişmektedir (193,194). Çalışmamızda bu inkübasyon periyodu olarak, dentin istilasını maksimuma çıkarmak için *E. faecalis*'te olduğu gibi 4 haftalık süre tercih edildi.

Mikrobiyolojik çalışmalarda, kültürün alınma süreci başarılı sonuçlar için çok önemlidir ve dikkatli yapılmalıdır. Bu amaçla literatürde kullanılan ve kaydedilen birçok metod vardır. Bu metodlardan biri, dentin duvarlarından kazınarak elde edilen debrislerin toplanmasıdır (189). Başka bir yöntemde kök kanalına salın gönderilir ve geri çekilir (7). Çalışmamızda, steril paper point yardımıyla kök kanallarından kültür alınarak işlem yapıldı. Bu teknikte, tüm kanaldaki mikroorganizmalara ulaşılmakta ve uygulama kolaylığından ötürü hızlıca gerçekleştirilmektedir (190). Bu sebeple numunelerin kök

kanallarında, 1 dakika boyunca tüm duvarlarla temas eden steril salin emdirilmiş paper pointi beklettik.

NaOCl çözeltisi ve lazer sistemleri, kök kanal tedavisinde dezenfeksiyonda kullanılırlar. Smith ve Wayman 1986'daki çalışmalarında *C. albicans*'ın sitrik aside ve NaOCl'e *E. faecalis*'ten daha fazla direnç gösterdiğini bildirmiştir (134).

Jose ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, *E. faecalis* ve *C. albicans*'a karşı 5 farklı irrigasyon maddesi kullanılmış ve başarı oranları inhibisyon bölgelerine göre değerlendirilmiştir. Örnekler 5 gruba bölünmüştür; Grup 1: QMIX, Grup 2: Guava yaprağı ekstresi, Grup 3: Aloe vera ekstresi, Grup 4: %2.5'luk NaOCl, Grup 5: %2'lik CHX. Çalışmanın sonunda, en büyük inhibisyon bölgesi QMIX grubunda görülmüştür. Daha sonra en büyük bölgeden küçük bölgeye, sırasıyla %2'lik CHX, %2.5'luk NaOCl, Guava yaprağı ekstresi, Aloe vera ekstresi şeklinde sıralanmıştır. %2.5'lik NaOCl'nin *E. faecalis* ve *C. albicans* üzerinde daha etkili olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada uygulanan NaOCl konsantrasyonu daha düşük bir değerde tercih edilmesine rağmen, çalışmamıza benzer şekilde başarılı bir eliminasyon sağlanmıştır (195).

Lazerler, endodontiye konvansiyonel antimikrobiyal tedaviye tamamlayıcı bir tedavi olarak sunulmuştur. Bu çalışmada kullandığımız Nd:YAG, Er:YAG lazerlerin antimikrobiyal etkisi birçok araştırmacı tarafından araştırılmıştır.

Nd:YAG lazer, dentin üzerinde 1000 µm derinliğe kadar antimikrobiyal etki gösterir. Bu lazer aynı zamanda smear tabakasını etkin bir şekilde giderir ve apikal enflamasyonu tedavi eder (183). Er:YAG lazerin enerjisi, biyofilmlerin su içeriği nedeniyle ve Er:YAG lazerin suya absorpsiyonunun yüksek olması sebebiyle, diş sert dokularındaki biyofilmlerce hızla emilir ve böylece elimine edilir (176). Lazer enerjisi bakterileri doğrudan öldürür ve bakterisit etkilerini arttırmak için irrigantı aktive eder. Lazerle aktive edilen irrigasyon mekanizması, lazer kaynaklı baloncukların genişlemesi ve patlaması nedeniyle oluşan hızlı sıvı hareketine bağlıdır. Bu patlama, kök kanal sistemini etkiler ve oluşan kesme kuvvetleri, kök kanal dezenfeksiyonuna ve smear tabakasının kaldırılmasına neden olur (178).

Foton ile indüklenmiş foto akustik akış sistemi (PIPS), uzun süredir gündemde olan lazerli irrigasyon tekniği olup foto-mekanik etki ile aktive edilen NaOCl gibi irrigasyon çözeltisinin varlığında, enstrümantasyondan sonra kök kanal sistemini dezenfekte etme, temizleme ve debride etme yeteneğine sahiptir (196,197). Bu çalışmada yeni dizayn edilmiş radyal kuvars uca sahip Er:YAG lazer kullanıldı. Bu ucu irrigasyon aktivasyon amacıyla koronalden uyguladık. Bunun nedeni oluşan fotoakustik dalgalanmalar apikale kadar etkili olur ve bu işlemin, sonik ve ultrasonik sistemlere göre daha avantajlı olmasını sağlar (198).

Son çalışmalar kök kanal dezenfeksiyonu için endodontide çeşitli lazer sistemlerini tanıtmıştır. Kasic ve ark. 2017'deki çalışmalarında, *E. faecalis* ve *C. albicans* biyofilmleri ile aşıl原因 kök kanallarının dezenfeksiyonundaki üç farklı lazerin etkinliğini karşılaştırmıştır. Örnekler rastgele üç deney grubuna (n = 10) ayrılmış ve *E. faecalis* ve *C. albicans* ile aşılanmıştır. Kuluçka süresinin 7. gününden sonra, her bir kök kanalı için *E. faecalis* ve *C. albicans* koloni oluşturan birimlerin (CFU) miktarı belirlenmiştir. Birinci deney grubunda, fotonükleer fotoakustik akış tekniği ile Er:YAG lazer (0.3W), ikinci grupta, Nd:YAG lazer (1.5 W) ve üçüncü grupta, Er,Cr:YSGG (1.25 W) lazer kök kanal dezenfeksiyonu için kullanılmıştır. Farklı kök kanal dezenfeksiyon protokollerinden sonra, her bir kök kanalı için *E. faecalis* ve *C. albicans* CFU miktarları tekrar belirlenmiştir. Bulgular neticesinde Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerleri, önemli sayıda *E. faecalis* ve *C. albicans* ($p<0.05$) ortadan kaldırırken, Nd:YAG lazer ışınlaması istatistiksel olarak anlamlı bir azalmaya neden olmamıştır ($p>0.05$). Er,Cr:YSGG lazer, Er:YAG lazer ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha fazla mikroorganizma ortadan kaldırmıştır ($p<0.05$). Sonuçta Er,Cr:YSGG lazer, *E. faecalis* ve *C. albicans* biyofilmlerinin yok edilmesinde etkili bir sistemdir (199). Çalışmamızda her iki lazer sistemi de kullandığımız yüksek darbe enerjisi ve parametreleri nedeniyle mikroorganizma eliminasyonunda etkili olmuştur.

Oliveira ve ark. yaptıkları çalışmada, farklı konsantrasyonlardaki NaOCl ile fotodinamik terapinin (PDT), çoğunlukla başarısız kökten izole edilen *E. faecalis*, *C. albicans*, *S. aureus* ve *P. aeruginosa* üzerindeki antimikrobiyal etkilerini değerlendirmişlerdir. Gruplar şu şekilde bölünmüştür; Grup 1: %1'lik NaOCl; Grup 2: %5.25'lik NaOCl; Grup 3: salin ve PDT (metilen mavisi+diyet lazer); Grup 4: %1'lik NaOCl ve PDT; Grup 5: %5.25'lik NaOCl ve PDT; Grup 6: pozitif kontrol; Grup 7:

negatif kontrol. Çalışmanın sonunda, tüm NaOCl gruplarında, mikroorganizma eliminasyonu gözlenmiştir (200). Bu çalışmada kullanılan mikroorganizmalar, kültür yöntemleri ve NaOCl kullandığında bizimkilerle benzerdir.

Grzech-Lesniak ve ark. 2019'da yaptıkları çalışmada Nd:YAG lazerin *C. albicans* ve *S. mutanslar* üzerindeki antimikrobiyal etkisini değerlendirmişlerdir. Nd:YAG lazer farklı parametreler kullanılarak ışınlanmış ve gruplar G1: 0.25 W, 10 Hz, 15 s, 3 J ve G2: 1 W, 10 Hz, 60s, 59 J şeklinde ayarlanmıştı. Sonuçlar doğrudan ve kantitatif bir kültür yöntemi (10 µl süspansiyonda koloni oluşturan birimlerin tahmini, CFU/ml'deki koloni oluşturunucu birimlerin tahmini) kullanılarak ışınlamadan 24 saat sonra değerlendirilerek ve kontrol ile karşılaştırılmıştır. Lazerin uygulanmadığı grupta *C. albicans*, G1 için %20 ile %54 oranında ve G2 için doğrudan uygulamadan sonra %10 ile %60 oranında azalmıştır. *S. mutanslar* için CFU/ml değerleri G2 için %13 azaldı. Her iki test grubunda da uygulamadan 24 saat sonra, koloni oluşturan ünite sayısı G1 için %15–46 ve G2 için %15-64 azalmıştır. Çalışma sonucunda, hem *C. albicans* hem de *S. mutans* için lazer uygulamasından sonra hücre sayısında ve hücre metabolizmasında önemli bir azalma olduğu bildirilmiştir (201). Çalışmamızda farklı parametlerde (2 W ve 15 Hz) Nd:YAG lazer kullandık ve lazer ışığı etkisiyle bu çalışmada olduğu gibi mikroorganizma miktarında azalma olduğu görüldü.

NaOCl'nin kök kanallarına irrigant olarak uygulanmasına ilişkin uygulama süresi literatürde farklıdır. Bu periyot 10 saniye (195) ile 40 dakika (128) arasında değişmektedir. Bazı çalışmalar NaOCl'i düşük konsantrasyonlarda uzun süre kök kanallarda tutmanın antimikrobiyal başarısını arttıracakını öne sürmektedir (129). Bununla birlikte, sitotoksik olan bu ajan, kök kanallarında ve periradiküler dokularda çok ciddi hasara neden olabilir. Diğer bazı çalışmalar, NaOCl'nin kısa süre ve yüksek konsantrasyonda kullanılmasının başarılı olacağını savunmaktadır (130). Biz çalışmamızda NaOCl grupları için her kanalda 2 dakika boyunca %5'lik sodyum hipoklorit kullandık.

Lazerlerin dezenfeksiyon mekanizması, ışınlama sırasında ortaya çıkan ısıнын etkisiyle gerçekleşir (171).

Kök kanallarında ince fiberoptik uç hareketi sayesinde kolayca kontrol edilebilmesi ve kök kanal dezenfeksiyonundaki antimikrobiyal özellikleri nedeniyle oldukça popüler hale gelen Nd:YAG lazer endodonti alanında sıkça tercih edilmektedir (202). Bunun için çalışmamızda bu lazer tipini seçtik. Gutknecht ve ark. in vitro bir çalışmada Nd:YAG lazerin antimikrobiyal etkinliğini değerlendirmişlerdir. Çekilmiş 40 tane insan diş kök kanalı *E. faecalis* ile enfekte edildikten sonra, standart 1.5 W, 40 saniye, 60 mJ standart parametrelerle Nd:YAG lazer kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Nd:YAG lazerin *E. faecalis*'in %99.91'ini azalttığı bildirilmiştir (203).

Moritz ve ark. in-vivo olarak gerçekleştirdikleri çalışmada Nd:YAG lazerin antimikrobiyal etkinliğini araştırmışlardır. Dişlerin kök kanallarına 1.5 W ve 30 mJ Nd:YAG lazer uygulamışlardır. Çalışma sonucunda 1.5 W ve 30 mJ enerji seviyelerinin dezenfeksiyon için uygun olduğunu bildirmişlerdir (204). Çalışmamızda toplam 40 saniye boyunca 2 W ve 40 mJ gücünde Nd:YAG lazer kullandık. Çalışmamız neticesinde, örneklere Nd:YAG lazer uygulamak *E. faecalis* ve *C. albicans*'ın azaltılmasında etkili olmuştur.

Son yıllarda araştırılan konular arasında, Er:YAG lazerin endodontik tedavide özellikle kök kanal dezenfeksiyonu için etkinliği yer almaktadır. Araştırmacılar, irrigasyon solüsyonunu foton kaynaklı fotoakustik akış (PIPS) tekniği ile aktive etmek için 2940 nm dalga boylu Er:YAG lazer geliştirmişlerdir. PIPS tekniğinin, yeni tasarlanmış 400 mikron radyal kuvars ucu ve 12 mm uzunluğunda, endodontik fiberle kullanıldığında, debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında başarılı sonuçlar verdiği rapor edilmiştir (205).

Lazerle aktive olan irrigasyon kavramı kavitasyona dayanmaktadır. Suyun, lazerlerin enerjisinden yüksek oranda emilmesi nedeniyle, kavitasyon işlemi, sıvı bir ortamda patlayan ve püsküren, buhar içeren kabarcıklar oluşturur. Bu durum daha sonra, dentinal duvardaki şok dalgaları kuvvetini başlatır. Su dolu kök kanalında, şok dalgaları, smear tabakasını potansiyel olarak temizleyebilir ve sıcaklık artışı olmadan ve dentin yapısına zarar vermeden bakteriyel biyofilmleri bozabilir (197). Olivi ve ark. PIPS'in, NaOCI gibi endodontik tedavide yaygın olarak kullanılan irrigantların etkisini arttırabileceğini göstermiştir (206).

Al Shahrani ve ark. 2014'teki in vitro çalışmalarında, hem NaOCl hem de salin ile birlikte Er:YAG lazer ve PIPS tekniği kullanılarak lazerle aktive edilmiş irrigasyonu test etmiştir. Sonuçlar, PIPS ile aktive edilen NaOCl'nin, diğer irrigasyon tekniklerine kıyasla, kök kanalı sisteminde *E. faecalis* biyofilminin giderilmesinde en etkili yöntem olduğunu göstermiştir (207).

Soares ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, serum fizyolojik ve %5.25'lik NaOCl'in tek başına veya fotodinamik tedavi (metilen mavisi+diyet lazer) ile birlikte antimikrobiyal etkileri *E. faecalis* üzerinde araştırılmış ve dezenfeksiyondan 14 gün sonra kültür alınmıştır. Sonuç olarak, tek başına veya fotodinamik tedavi ile kombinasyon halinde %5.25'lik NaOCl'in, kök kanallarında *E. faecalis* üzerinde aynı antimikrobiyal etkiye sahip olduğu görülmüştür (208). Çalışmamızda NaOCl, Er:YAG (PIPS) lazeri ile birlikte kullanıldığında da eliminasyon açısından aynı sonuç elde edildi.

Dragidella ve ark. 2018'deki in vitro çalışmalarında Er:YAG (PIPS) lazerin antimikrobiyal etkinliğini enfekte olmuş kök kanallarındaki geleneksel irrigasyon yöntemleriyle karşılaştırmıştır. Farklı mikrobik suşlar (*Enterococcus faecalis*, *Streptococcus sanguinis*, *Fusobacterium nucleatum* ve *Candida albicans*) ile aşılınmış 400 adet yeni çekilmiş premolar tek köklü diş kullanmışlardır. Mikroorganizmaların eliminasyonu için üç farklı yöntem uygulanmıştır; Er:YAG (PIPS) lazer ışınlaması, %5.25'lik NaOCl ve Qmix ile irrigasyon. Tüm metotların mikrobiyal hücrelerin azaltılmasında değişken oranlarda etkili olduklarını ancak Er:YAG (PIPS) lazer, %5.25'lik NaOCl ile aktive edildiğinde, sadece irrigasyon ile karşılaştırıldığında mikroorganizma miktarında daha büyük bir azalma olduğu tespit edilmiştir (209). Biz çalışmamızda; PIPS tekniği ve NaOCl kombinasyonu ile NaOCl'nin tek başına kullanımının *E. faecalis* ve *C. albicans* üzerindeki etkilerinin anlamlı olarak farklı olmadığını bulduk.

Meire ve ark. 2012 yılında yaptıkları in vitro çalışmada Nd:YAG ve Er:YAG (PIPS)'in *E. faecalis* üzerindeki antimikrobiyal etkinliğini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda, mikroorganizma eliminasyonunda en etkili yöntemin NaOCl ve onu takiben Er:YAG lazer tekniği ve en az etkili yöntemin Nd:YAG lazer olduğunu bildirmişlerdir (210). Ancak, çalışmamızda NaOCl metodu ve Er:YAG (PIPS) lazerin etkisinin

antimikrobiyal etkinliklerinin aynı olduğunu, Nd:YAG lazerinin ise en düşük düzeyde olduğunu bulduk.

Pedulla ve ark. yaptıkları çalışmada, *E. faecalis* ile enfekte olmuş kök kanallarında düşük güç seviyelerinde kullanılan PIPS'nin antimikrobiyal etkisini araştırmışlar. Dişler dört gruba ayrılmış; Grup A: 30 saniye steril salin, Grup B: 30 saniye %5'lik NaOCl, Grup C: salin ile Er:YAG lazer, Grup D: NaOCl ile Er:YAG lazer, Grup E: pozitif kontrol. Dezenfeksiyon işlemi sonucunda NaOCl'in tek başına veya Er:YAG ile birlikte kullanılmasının mikrobiyal redüksiyonda bir fark yaratmadığı belirtilmiştir. Lazer aktivasyonu ile NaOCl kullanımı, salinden daha yüksek mikrobiyal azalma ile sonuçlanmıştır. Çalışmanın bulguları, sadece lazerin etkisinin NaOCl olmadan sınırlı olabileceğini göstermiştir (211). Bu sonuçlar çalışmamızı destekler niteliktedir.

Olivi ve ark. *E. faecalis* ile enfekte olmuş kök kanallarında Er:YAG (PIPS) 'nin antimikrobiyal etkisini araştırmışlardır. Örnekler hazırlanmış ve 4 hafta boyunca inkübe edilmiştir. Örnekler daha sonra 2 gruba ayrılmış; Grup A: 600 µm PIPS ucu, 20 mj, 15 Hz, 30 saniye değerleri %5'lik NaOCl ile kullanılmış ve daha sonra bu prosedür tekrar edilmiştir. Kök kanalları daha sonra steril salinle irriga edilerek yeniden 30 saniye süreyle %17'lik EDTA ile irriga edilmiştir. Grup B: 30 saniye boyunca %5'lik NaOCl içeren bir enjektör ile irriga edilmiş ve daha sonra kök kanalları tekrar 30 saniye süreyle %17'lik EDTA ile irriga edilmiştir. İnkübasyon, dezenfeksiyon işleminden hemen sonra ve 48 saat süreyle sağlanmıştır. Her iki grupta da hemen alınan kültürlerde mikrobiyal eliminasyon sağlanmış, 48 saat kültür işleminden sonra A grubunda bakteri üremesi gözlenmemişken, B grubunda 10 örnekte bakteri üremesi meydana gelmiştir (206).

Zhu ve ark. 2013'teki in vitro çalışmalarında, PIPS'in antibakteriyel etkinliği ve smear tabakası temizleme kabiliyetini geleneksel irrigasyon tekniklerine kıyasla araştırmışlar. Numuneler hazırlanarak *E. faecalis* ile enfekte edilmiş ve 4 hafta boyunca kuluçkalanmış, sonra her biri 8 numuneden oluşan altı gruba ayrılmıştır; Grup 1: kontrol grubu, 10 ml %0.9 steril salin, Grup 2: 10 ml %3'lük NaOCl; Grup 3: 10 ml %0.2'lik CHX; Grup 4: 10 ml %17'lik EDTA; Grup 5: 5 ml %3'lük NaOCl ve 5 ml %17'lik EDTA, Grup 6: %3'lük NaOCl ve Er:YAG lazer. Er:YAG lazer, 20 mj, 15Hz, 50 µs parametrelerde 400 mikron kuvars PIPS ucu ile kullanılmıştır. Dezenfeksiyon işleminden sonra, kültürler steril paper point kullanılarak alınmış ve daha sonra CFU

değerleri kaydedilmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek mikrobiyal eliminasyonun Grup 2, Grup 5 ve Grup 6'da görüldüğü bildirilmiştir (212). Çalışmamızda benzer şekilde, NaOCl + PIPS ve NaOCl gruplarında da yüksek mikrobiyal azalma gözlemledik.

Akçay ve ark. 2017'deki çalışmalarında, PIPS, pasif ultrasonik ve sonik irrigasyon tekniklerinin, irrigasyon solüsyonunun dentinal tübül penetrasyonuna etkisini araştırmışlardır. Irrigasyon çözeltisinin aktivasyon tekniğine dayanarak 5 deney grubu oluşturulmuştur: geleneksel irrigasyon (kontrol grubu), sonik aktivasyon, pasif ultrasonik aktivasyon, Er:YAG PIPS aktivasyonu ve Er:YAG Preciso aktivasyonu. Her grupta, aktivasyon sırasında nihai irrigasyon çözeltisi olarak floresan boya ile işaretlenmiş 5 ml %5'lik NaOCl kullanılmıştır. Örnekler apeksten 2.5 ve 8 mm'de kesilerek dentinal tübül penetrasyon alanını hesaplamak için konfokal mikroskop altında incelenmiştir. Çalışma sonucunda, Er:YAG lazer aktivasyonlarının her ikisi (Preciso ve PIPS) de diğer gruplardan anlamlı derecede daha yüksek bir penetrasyon alanı sergilemiştir (213).

Galler ve ark. in vitro çalışmalarında, birkaç aktivasyon yöntemi kullanırken endodontik irrigantların dentin tübüllerine penetrasyon derinliğini yeni çekilen dişlerde karşılaştırmıştır. Örnekler hazırlanıp rastgele altı gruba ayrılmıştır ve son irrigasyon EDTA ve sodyum hipoklorit ile yapılmıştır; Grup 1: Manuel dinamik aktivasyon, Grup 2: Ultrasonik, Grup 3: Sonik, Grup 4: PIPS, Grup 5: SWEEPS (şok dalgası ile geliştirilmiş emisyon fotoakustik akışı) ve Grup 6: kontrol grubu (son irrigasyon veya aktivasyon olmadan). Daha sonra, kanallara metilen mavisi yerleştirilmiş ve deneylere göre aktif hale getirilmiştir. Dişler yatay olarak kesilmiş, ışık mikroskobu altında görüntülenerek boya penetrasyon derinlikleri diş başına altı bölümde ölçülmüştür. Veriler istatistiksel olarak analiz edilmiş ve sonuçlar, PIPS tekniğiyle irrigantın daha geniş penetrasyon derinliğine etki ettiğini göstermiştir (214).

6. SONUÇ

İn-vitro koşullar altında yürüttüğümüz çalışmamızın sonuçlarını şöyle özetleyebiliriz:

- Nd:YAG lazer kök kanallarındaki mikroorganizma sayısını belirgin olarak azalttı; ancak Er:YAG (PIPS) + NaOCl ve NaOCl kadar etkili değildi.
- %5'lik NaOCl, kök kanallarında *E. faecalis* ve *C. albicans* mikroorganizmalarını saptanamayacak derecede azalttı.
- Er:YAG (PIPS) lazer + NaOCl grubunda işlem sonucunda kök kanallarında, *E. faecalis* ve *C. albicans* mikroorganizmaları saptanamayacak derecede azaldı.
- NaOCl'nin antimikrobiyal etkisi o kadar yüksekti ki, Er:YAG (PIPS) + NaOCl kombinasyonunda Er:YAG lazerin antimikrobiyal katkısı ayırt edilemedi.

7. KAYNAKLAR

1. Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endod*. 1989;15 (11):512-516.
2. Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1965;20(3):340-349.
3. de Sousa EL, Ferraz CC, de Almeida Gomes BP, Pinheiro ET, Teixeira FB, de Souza-Filho FJ. Bacteriological study of root canals associated with periapical abscesses. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2003;96(3):332-9.
4. Nair PN. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Int Endod J*. 2006;39(4):249-281.
5. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endod Topics*. 2005;10(1):77-102.
6. Mônica CM, Fröner IC. A scanning electron microscopic evaluation of different root canal irrigation regimens. *Brazil Oral Res*. 2006;20(3):235-240.
7. Schoop U, Goharkhay K, Klimscha J, Zagler M, Wernisch J, Georgopoulos A, Sperr W, Moritz A. The use of the erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet laser in endodontic treatment: in vitro study. *J Am Dent Assoc*. 2007; 138(7):949-955.
8. Ashofteh K, Sohrabi K, Iranparvar K, Chiniforush N. In vitro comparison of the antibacterial effect of three intracanal irrigants and diode laser on root canals infected with *Enterococcus faecalis*. *Iran J Microbiol*. 2014;6(1):26.
9. Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ, Owatz CB. *Enterococcus faecalis*: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *J Endod*. 2006; 32(2):93-98.
10. Abdullah M, Ng YL, Gulabivala K, Moles DR, Spratt DA. Susceptibilities of two *Enterococcus faecalis* phenotypes to root canal medications. *J Endod*. 2005; 31(1):30-36.
11. Vahid A, Aligholi M, Namazi HR. An In-vivo Study Comparing Antimicrobial Activity of Chlorhexidine 0.2% to Sodium Hypochlorite 0.5% as Canal Irrigant. *J Dent Tehran Univ Med Sci*. 2004:43-48.

12. Eldeniz AU, Ozer F, Hadimli HH, Erganis O. Bactericidal efficacy of Er,Cr:YSGG laser irradiation against *Enterococcus faecalis* compared with NaOCl irrigation: an ex vivo pilot study. *Int Endod J*. 2007;40(2):112-119.
13. Garcez AS, Núñez SC, Lage-Marques JL, Jorge AO, Ribeiro MS. Efficiency of NaOCl and laser-assisted photosensitization on the reduction of *Enterococcus faecalis* in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol, Oral Radiol, Endod*. 2006; 102(4):93-98.
14. Mohammadi Z, Shahriari S. Residual antibacterial activity of chlorhexidine and MTAD in human root dentin in vitro. *J Oral Sci*. 2008;50(1):63-67.
15. Buck RA, Eleazer PD, Staat RH, Scheetz JP. Effectiveness of three endodontic irrigants at various tubular depths in human dentin. *J Endod*. 2001;27(3):206-208.
16. Newberry BM, Shabahang S, Johnson N, Aprecio RM, Torabinejad M. The antimicrobial effect of biopure MTAD on eight strains of *Enterococcus faecalis*: an in vitro investigation. *J Endod*. 2007;33(11):1352-1354.
17. Rao N, Kidiyoor HK, Hegde C. Efficacy of calcium hydroxide-chlorhexidine paste against *Enterococcus faecalis*: an in-vitro study. *Endodontol*. 2004;16.
18. Chai WL, Hamimah H, Cheng SC, Sallam AA, Abdullah M. Susceptibility of *Enterococcus faecalis* biofilm to antibiotics and calcium hydroxide. *J Oral Sci*. 2007;49(2):161-166.
19. Siqueira Jr JF, Sen BH. Fungi in endodontic infections. *Oral Surg, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2004;97(5):632-641.
20. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Eur J Oral Sci*. 1981;89(4):321-328.
21. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5% sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1983; 55(3):307-312.
22. Byström A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J*. 1985;18(1):35-40.
23. Byström A, Claesson R, Sundqvist G. The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. *Dent Traumatol*. 1985;1(5):170-175.

24. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1998;85(1):86-93.
25. Vertucci F, Seelig A, Gillis R. Root canal morphology of the human maxillary second premolar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1974;38(3):456-464.
26. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod.* 1984;10(10):477-483.
27. Cameron JA. The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration: SEM study. *Aust Dent J.* 1988;33(3):193-200.
28. Lukač N, Gregorčič P, Jezeršek M. Optodynamic phenomena during laser-activated irrigation within root canals. *Int J Thermophys.* 2016;37(7):66.
29. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006;32(5):389-398.
30. Kimura Y, Wilder-Smith P, Yonaga K, Matsumoto K. Treatment of dentine hypersensitivity by lasers: a review. *J Clin Periodontol.* 2000;27(10):715-721.
31. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1984;58(5):589-599.
32. Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *Int Dent J.* 2008;58(6):329-341.
33. Baumgartner JC, Falkler WA. Bacteria in the apical 5 mm of infected root canals. *J Endod.* 1991;17(8):380-383.
34. Siqueira JF, Rôças IN. Microbiology of apical periodontitis. *Essential endodontology.* 2008:91-142.
35. Narayanan LL, Vaishnavi C. Endodontic microbiology. *J Conserv Dent.* 2010;13(4):233.
36. Dahlen G, Möller AJ. Microbiology of endodontic infections. *Contemp Oral Microbiol Immunol.* 1992;24:444-475.

37. Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod.* 1990;16(12):566-569.
38. Love RM. *Enterococcus faecalis*—a mechanism for its role in endodontic failure. *Int Endod J.* 2001;34(5):399-405.
39. Gopikrishna V, Kandaswamy D, Jeyavel RK. Comparative evaluation of the antimicrobial efficacy of five endodontic root canal sealers against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*. *J Conserv Dent.* 2006;9(1):2.
40. Gilmore MS, Clewell DB, Courvalin PM, Dunny GM, Murray BE, Rice LB. *The Enterococci: Pathogenesis. Molecular Biology and Antibiotic Resistance.* Washington, DC: ASM Press. 2002.
41. Rôças IN, Siqueira Jr JF, Santos KR. Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. *J Endod.* 2004;30(5):315-320.
42. Koch S, Hufnagel M, Theilacker C, Huebner J. Enterococcal infections: host response, therapeutic, and prophylactic possibilities. *Vaccine.* 2004;22(7):822-830.
43. Tendolkar PM, Baghdayan AS, Shankar N. Pathogenic Enterococci: new developments in the 21st century. *Cell Mol Life Sci.* 2003;60(12):2622-2636.
44. Facklam RR, Maria da Gloria SC, Teixeira LM. In: *The Enterococci, History, taxonomy, biochemical characteristics, and antibiotic susceptibility testing of Enterococci.* Washington: ASM Press ;2002: p.1-54.
45. Lee W, Lim S, Son HH, Bae KS. Sonicated extract of *Enterococcus faecalis* induces irreversible cell cycle arrest in phytohemagglutinin-activated human lymphocytes. *J Endod.* 2004;30(4):209-212.
46. Upadhyaya PG, Umapathy BL, Ravikumar KL. Comparative study for the presence of Enterococcal virulence factors gelatinase, hemolysin and biofilm among clinical and commensal isolates of *Enterococcus faecalis*. *J lab Physicians.* 2010;2(2):100.
47. Sedgley CM, Lennan SL, Clewell DB. Prevalence, phenotype and genotype of oral Enterococci. *Oral Microbiol Immunol.* 2004;19(2):95-101.
48. Hubble TS, Hatton JF, Nallapareddy SR, Murray BE, Gillespie MJ. Influence of *Enterococcus faecalis* proteases and the collagen-binding protein, Ace, on adhesion to dentin. *Oral Microbiol Immunol.* 2003;18(2):121-126.

49. Figdor D, Davies JK, Sundqvist G. Starvation survival, growth and recovery of *Enterococcus faecalis* in human serum. *Oral Microbiol Immunol.* 2003;18(4):234-239.
50. Orstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Dent Traumatol.* 1990;6(4):142-149.
51. Distel JW, Hatton JF, Gillespie MJ. Biofilm formation in medicated root canals. *J Endod.* 2002;28(10):689-693.
52. Haapasalo M, Orstavik D. In vitro infection and of dentinal tubules. *J Dent Res.* 1987;66(8):1375-1379.
53. Lin YH, Mickel AK, Chogle S. Effectiveness of selected materials against *Enterococcus faecalis*: part 3. The antibacterial effect of calcium hydroxide and chlorhexidine on *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2003;29(9):565-566.
54. Tronstad L, Andreasen JO, Hasselgren G, Kristerson L, Riis I. pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *J Endod.* 1981;7(1):17-21.
55. Evans M, Davies JK, Sundqvist G, Figdor D. Mechanisms involved in the resistance of *Enterococcus faecalis* to calcium hydroxide. *Int Endod J.* 2002;35(3):221-228.
56. McHugh CP, Zhang P, Michalek S, Eleazer PD. pH required to kill *Enterococcus faecalis* in vitro. *J Endod.* 2004;30(4):218-219.
57. Waltimo TM, Siren EK, Torkko HL, Olsen I, Haapasalo MP. Fungi in therapy-resistant apical periodontitis. *Int Endod J.* 1997;30(2):96-101.
58. Dupont B, Graybill JR, Armstrong D, Laroche R, Touze JE, Wheat LJ. Fungal infections in AIDS patients. *J Med Vet Mycol.* 1992;30 Suppl:19-28.
59. Ghogre P. Endodontic mycology: a new perspective of root canal infection. *J Dent Sci.* 2014;2:43-50.
60. Odds FC. *Candida and candidosis: a review and bibliography.* 2nd ed. London: Bailliere Tindall;1988:p.42-59.
61. Waltimo TM, Haapasalo M, Zehnder M, Meyer J. Clinical aspects related to endodontic yeast infections. *Endod Topics.* 2004;9(1):66-78.

62. Calderone RA, Fonzi WA. Virulence factors of *Candida albicans*. Trends Microbiol. 2001;9(7):327-335.
63. Johnson SA, Guzman MG, Aguilera CT. *Candida* (Monilia) *albicans*: effect of amino acids, glucose, pH, chlortetracycline (aureomycin), dibasic sodium and calcium phosphates, and anaerobic and aerobic conditions on its growth. AMA Arch Dermatol syphilol. 1954;70(1):49-60.
64. Arendorf TM, Walker DM. The prevalence and intra-oral distribution of *Candida albicans* in man. Arch Oral Biol. 1980;25(1):1-10.
65. Jacob LS, Flaitz CM, Nichols CM, Hicks MJ. Role of dentinal carious lesions in the pathogenesis of oral candidiasis in HIV infection. J Am Dent Assoc. 1998;129(2):187-194.
66. Lynch E, Beighton D. A comparison of primary root caries lesions classified according to colour. Caries Res. 1994;28(4):233-239.
67. Pizzo G, Barchiesi F, Di Francesco LF, Giuliana G, Arzeni D, Milici ME, D'Angelo M, Scalise G. Genotyping and antifungal susceptibility of human subgingival *Candida albicans* isolates. Arch Oral Biol. 2002;47(3):189-196.
68. Jewtuchowicz VM, Mujica MT, Malzone MC, Cuesta A, Nastri ML, Iovannitti CA, Rosa AC. Genetic relatedness of subgingival and buccal *Candida dubliniensis* isolates in immunocompetent subjects assessed by RAPD-PCR. J Oral Microbiol. 2009;1(1):2003.
69. Duchmann R, Neurath MF, zum Büschenfelde KM. Responses to self and non-self intestinal microflora in health and inflammatory bowel disease. Res Immunol. 1997;148(8-9):589-594.
70. Egan MW, Spratt DA, Ng YL, Lam JM, Moles DR, Gulabivala K. Prevalence of yeasts in saliva and root canals of teeth associated with apical periodontitis. Int Endod J. 2002;35(4):321-329.
71. Slack G. The bacteriology of infected root canals and in vitro penicillin sensitivity. Br Dent J. 1953;3:211-214.
72. MacDonald JB, Hare GC, Wood AW. The bacteriologic status of the pulp chambers in intact teeth found to be nonvital following trauma. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1957;10(3):318-322.

73. Waltimo T, Kuusinen M, Järvensivu A, Nyberg P, Väänänen A, Richardson M, Salo T, Tjäderhane L. Examination on *Candida* spp. in refractory periapical granulomas. *Int Endod J*. 2003;36(9):643-647.
74. White TC, Agabian N. *Candida albicans* secreted aspartyl proteinases: isoenzyme pattern is determined by cell type and levels are determined by environmental factors. *J Bacteriol*. 1995;177(18):5215-5221.
75. Sweet SP. Selection and pathogenicity of *Candida albicans* in HIV infection. *Oral Dis*. 1997;3 Suppl:88-95.
76. Slutsky B, Buffo J, Soll DR. High-frequency switching of colony morphology in *Candida albicans*. *Science*. 1985;230(4726):666-669.
77. Bagg J, Silverwood RW. Coagglutination reactions between *Candida albicans* and oral bacteria. *J Med Microbiol*. 1986;22(2):165-169.
78. Şen BH, Safavi KE, Spangberg LS. Growth patterns of *Candida albicans* in relation to radicular dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1997;84(1):68-73.
79. Romani L. Innate and adaptive immunity in *Candida albicans* infections and saprophytism. *J Leukoc Biol*. 2000;68(2):175-179.
80. Siren EK, Haapasalo MP, Ranta K, Salmi P, Kerosuo EN. Microbiological findings and clinical treatment procedures in endodontic cases selected for microbiological investigation. *Int Endod J*. 1997;30(2):91-95.
81. Siqueira Jr JF, Rôças IN, Lopes HP, Elias CN, de Uzeda M. Fungal infection of the radicular dentin. *J Endod*. 2002;28(11):770-773.
82. Şen BH, Safavi KE, Spangberg LS. Colonization of *Candida albicans* on cleaned human dental hard tissues. *Arch Oral Biol*. 1997;42(7):513-520.
83. Nair PR, Sjögren U, Krey G, Kahnberg KE, Sundqvist G. Intraradicular bacteria and fungi in root-filled, asymptomatic human teeth with therapy-resistant periapical lesions: a long-term light and electron microscopic follow-up study. *J Endod*. 1990;16(12):580-588.
84. McCourtie JA, Douglas LJ. Relationship between cell surface composition, adherence, and virulence of *Candida albicans*. *Infect Immun*. 1984;45(1):6-12.
85. Ten Cate AR. *Oral Histology, Development, structure, and function*. 4th ed. St Louis: Mosby;1994: p. 45-80.

86. de Hoog GS. Atlas of clinical fungi, Hyphomycetes. Chichester: John Wiley & Sons;1995: p 380–1007.
87. Gow NA, Gooday GW. Growth kinetics and morphology of colonies of the filamentous form of *Candida albicans*. Microbiol. 1982;128(9):2187-2194.
88. Waltimo TM, Siren EK, Orstavik D, Haapasalo MP. Susceptibility of oral *Candida* species to calcium hydroxide in vitro. Int Endod J. 1999;32(2):94-98.
89. Ruff ML, McClanahan SB, Babel BS. In vitro antifungal efficacy of four irrigants as a final rinse. J Endod. 2006;32(4):331-333.
90. Costerton JW, Lewandowski Z, De Beer D, Caldwell D, Korber D, James G. Biofilms, the customized microniche. J Bacteriol. 1994;176(8):2137.
91. Costerton JW, Cheng KJ, Geesey GG, Ladd TI, Nickel JC, Dasgupta M, Marrie TJ. Bacterial biofilms in nature and disease. Annu Rev Microbiol. 1987;41(1):435-464.
92. Katsikogianni M, Missirlis YF. Concise review of mechanisms of bacterial adhesion to biomaterials and of techniques used in estimating bacteria-material interactions. Eur Cell Mater. 2004;8(3):37-57.
93. Costerton JW, Stewart PS, Greenberg EP. Bacterial biofilms: a common cause of persistent infections. Science. 1999;284(5418):1318-1322.
94. Busscher, Henk J, Van der MEI, Henny C. Initial microbial adhesion events: mechanisms and implications. In Symposia, Society for General Microbiology. Cambridge: Cambridge University Press;2000: p. 25-36.
95. Marsh PD, Bowden GH. Microbial community interactions in biofilms. In Symposia, Society for General Microbiology. Cambridge: Cambridge University Press;2000:p. 167-198.
96. Noiri Y, Ehara A, Kawahara T, Takemura N, Ebisu S. Participation of bacterial biofilms in refractory and chronic periapical periodontitis. J Endod. 2002;28(10):679-683.
97. Lomcali G, Şen BH, Cankaya H. Scanning electron microscopic observations of apical root surfaces of teeth with apical periodontitis. Dent Traumatol. 1996;12(2):70-76.

98. Tronstad L, Barnett F, Cervone F. Periapical bacterial plaque in teeth refractory to endodontic treatment. *Dent Traumatol.* 1990;6(2):73-77.
99. Nair PN, Sjögren U, Schumacher E, Sundqvist G. Radicular cyst affecting a root-filled human tooth: a long-term post-treatment follow-up. *Int Endod J.* 1993;26(4):225-233.
100. Nair PN, Sjögren U, Sundqvist G. Cholesterol crystals as an etiological factor in non-resolving chronic inflammation: an experimental study in guinea pigs. *Eur J Oral Sci.* 1998;106:644-650.
101. Nair PR, Sjögren U, Krey G, Sundqvist G. Therapy-resistant foreign body giant cell granuloma at the periapex of a root-filled human tooth. *J Endod.* 1990;16(12):589-595.
102. Simon JH, Chimenti RA, Mintz GA. Clinical significance of the pulse granuloma. *J Endod.* 1982;8(3):116-119.
103. Koppang HS, Koppang R, Solheim T, Aarnes H, Stolen SO. Cellulose fibers from endodontic paper points as an etiological factor in postendodontic periapical granulomas and cysts. *J Endod.* 1989;15(8):369-372.
104. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am.* 1974;18(2):269-296.
105. Ruddle C. Cleaning and shaping the root canal system. In: Cohen S, Burns RC. *Pathways of the Pulp.* 8th ed. St.Louis: Mosby Co; 2002;p.231-273.
106. Janani M, Jafari F, Samiei M. Retreatment of endodontic failures. *J Endod.* 2016;2(1): 1-7.
107. George JW, Michanowicz AE, Michanowicz JP. A method of canal preparation to control apical extrusion of low-temperature thermoplasticized gutta-percha. *J Endod.* 1987;13(1):18-23.
108. Roane JB, Sabala CL, Duncanson Jr MG. The “balanced force” concept for instrumentation of curved canals. *J Endod.* 1985;11(5):203-11.
109. Lim YJ, Park SJ, Kim HC, Min KS. Comparison of the centering ability of Wave One and Reciproc nickel-titanium instruments in simulated curved canals. *Restor Dent Endod.* 2013;38(1):21-25.
110. Goerig AC, Michelich RJ, Schultz HH. Instrumentation of root canals in molar using the step-down technique. *J Endod.* 1982;8(12):550-554.

111. Fairbourn DR, McWalter GM, Montgomery S. The effect of four preparation techniques on the amount of apically extruded debris. *J Endod.* 1987;13(3):102-108.
112. Leeb J. Canal orifice enlargement as related to biomechanical preparation. *J Endod.* 1983;9(11):463-470.
113. Saunders WP, Saunders EM. Effect of noncutting tipped instruments on the quality of root canal preparation using a modified double-flared technique. *J Endod.* 1992;18(1):32-36.
114. Thompson SA. An overview of nickel–titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J.* 2000;33(4):297-310.
115. Buehler WJ, Gilfrich JV, Wiley RC. Effect of low-temperature phase changes on the mechanical properties of alloys near composition NiTi. *J Appl Phys.* 1963;34(5):1475-1477.
116. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod.* 2013;39(2):163-172.
117. Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. Mechanical properties of controlled memory and superelastic nickel-titanium wires used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *J Endod.* 2012;38(11):1535-1540.
118. Dilibal S. Nikel-titanyum Şekil Bellekli Alaşım Üretimi Ve Şekil Bellek Eğitimi. 2005, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 128 sayfa, İstanbul, (Doç.Dr.Nurhan CANSEVER).
119. Kim HC, Kwak SW, Cheung GS, Ko DH, Chung SM, Lee W. Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne. *J Endod.* 2012;38(4):541-544.
120. Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni–Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J.* 2001;34(3):221-230.
121. Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation–literature review and case reports. *Int Endod J.* 2000;33(3):186-193.
122. Basrani B, Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. *Endod Topics.* 2012;27(1):74-102.

123. Agrawal Vineet S, Rajesh M, Sonali K, Mukesh P. A contemporary overview of endodontic irrigants—a review. *J Dent Appl*. 2014;1(6):105-115.
124. Torabinejad M, Walt. RE. Cleaning and shaping: In *Endodontics: principles and practice*. 4th Ed. St. Louis, Elsever Co, 2009:264-265.
125. Gomes BP, Ferraz CC, Berber VB, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J*. 2001;34(6):424-428.
126. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod*. 1975;1(7):238-242.
127. Sim TP, Knowles JC, Ng YL, Shelton J, Gulabivala K. Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *Int Endod J*. 2001;34(2):120-132.
128. Retamozo B, Shabahang S, Johnson N, Aprecio RM, Torabinejad M. Minimum contact time and concentration of sodium hypochlorite required to eliminate *Enterococcus faecalis*. *J Endod*. 2010;36(3):520-523.
129. Clarkson RM, Moule AJ, Podlich HM. The shelf-life of sodium hypochlorite irrigating solutions. *Aust Dent J*. 2001;46(4):269-276.
130. Pişkin B, Türkün M. Stability of various sodium hypochlorite solutions. *J Endod*. 1995;21(5):253-255.
131. Ostby N. Chelating in root canal therapy. Ethylene-diamine tetraacetic acid for cleansing and widening of root canals. *Odontol J*. 1957;65:3-11.
132. Frithjof R, Östby BN. Effect of edta and sulfuric acid on root canal dentine. *Oral Surg, Oral Med Oral Pathol*. 1963;16(2):199-205.
133. Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod*. 2002;28(1):17-19.
134. Smith JJ, Wayman BE. An evaluation of the antimicrobial effectiveness of citric acid as a root canal irrigant. *J Endod*. 1986;12(2):54-58.
135. Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod*. 2005;31(11):817-820.

136. Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, Espigares-García M, Baca P. Enterococcus faecalis biofilms eradication by root canal irrigants. J Endod. 2009;35(5):711-714.
137. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, Kim J, Shabahang S. A new solution for the removal of the smear layer. J Endod. 2003;29(3):170-175.
138. Haapasalo M, Qian W, Portenier I, Waltimo T. Effects of dentin on the antimicrobial properties of endodontic medicaments. J Endod. 2007;33(8):917-925.
139. Torabinejad M, Cho Y, Khademi AA, Bakland LK, Shabahang S. The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. J Endod. 2003;29(4):233-239.
140. Hashem AA, Ghoneim AG, Lutfy RA, Fouda MY. The effect of different irrigating solutions on bond strength of two root canal-filling systems. J Endod. 2009;35(4):537-540.
141. McDonnell G, Russell AD. Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. Clin Microbial Rev. 1999;12(1):147-179.
142. Giardino L, Ambu E, Becce C, Rimondini L, Morra M. Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. J Endod. 2006;32(11):1091-1093.
143. Pappen FG, Shen Y, Qian W, Leonardo MR, Giardino L, Haapasalo M. In vitro antibacterial action of Tetraclean, MTAD and five experimental irrigation solutions. Int Endod J. 2010;43(6):528-535.
144. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. Br Dent J. 2014;216(6):299.
145. Russell AD, Day MJ. Antibacterial activity of chlorhexidine. J Hosp Infect. 1993;25(4):229-238.
146. Zamany A, Safavi K, Spångberg LS. The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2003;96(5):578-581.
147. Ferraz CC, de Almeida Gomes BP, Zaia AA, Teixeira FB, de Souza-Filho FJ. In vitro assessment of the antimicrobial action and the mechanical ability of chlorhexidine gel as an endodontic irrigant. J Endod. 2001;27(7):452-455.

148. Bansode PV, Pathak SD, Wavdhane M, Khedgikar S, Gite S. Laser In Endodontics.A Review Article. J Dent Med Sci. 2017;16(4):18-24.
149. Karlovic Z, Pezelj-Ribaric S, Miletic I, Jukic S, Grgurevic J, Anic I. Erbium:YAG laser versus ultrasonic in preparation of root-end cavities. J Endod. 2005;31(11):821-823.
150. Bansode PV, Pathak SD, Wavdhane MB, Khedgikar SB, Rana HB. Lasers in Endodontics: A Literature Review. J Dent Med Sci. 2016;15(12):87-91.
151. Adrian JC, Bernier JL, Sprague WG. Laser and the dental pulp. J Am Dent Assoc. 1971;83(1):113-117.
152. Coluzzi DJ. An overview of laser wavelengths used in dentistry. Dent Clin North Am. 2000;44(4):753-765.
153. Önal B. Diş sert dokularında lazer kullanımı. Dişhek K Derg. 1993;2:61-64.
154. Walsh LJ. The current status of laser applications in dentistry. Aust Dent J 2003;48(3):146-155.
155. Nishad SG, Thyath MN, Sharma M, Zaidi I. Laser in endodontics. J Adv Med Dent Sci Res. 2015;3(2):137.
156. Gutknecht N. Lasers in endodontics. J Laser Healh Acad. 2008;4(1):1-5.
157. Pick RM. Using lasers in clinical dental practice. J Am Dent Assoc. 1993;124(2):37-47.
158. Bains VK, Gupta S, Bains R. Lasers in periodontics: An overview. J Oral Heal Commun Dent. 2010;4:29-34.
159. David CM, Gupta P. Lasers in dentistry: a review. Int J Adv Health Sci. 2015;2(8):7-13.
160. Patel CK. Selective Excitation Through Vibrational Energy Transfer and Optical Maser Action in N₂- CO₂. Phys Rev Lett. 1964;13(21):617.
161. Barone A, Covani U, Crespi R, Romanos GE. Root surface morphological changes after focused versus defocused CO₂ laser irradiation: a scanning electron microscopy analysis. J Periodontol. 2002;73(4):370-373.

162. Zakariasen KL, Dederich DN, Tulip J, DeCoste S, Jensen SE, Pickard MA. Bactericidal action of carbon dioxide laser radiation in experimental dental root canals. *Can J Microbiol.* 1986;32(12):942-946.
163. Önal B, Ertl T, Siebert G, Müller G. Preliminary report on the application of pulsed CO₂ laser radiation on root canals with AgCl fibers: a scanning and transmission electron microscopic study. *J Endod.* 1993;19(6):272-276.
164. Türkmen C, Günday M, Karaçorlu M, Başaran B. Effect of CO₂, Nd:YAG, and ArF excimer lasers on dentin morphology and pulp chamber temperature: an in vitro study. *J Endod.* 2000;26(11):644-648.
165. Coluzzi DJ. Lasers and soft tissue curettage: an update. *Compend Contin Educ Dent.* 2002;23(11):1104-1111.
166. Moritz A, Gutknecht N, Schoop U, Goharkhay K, Doertbudak O, Sperr W. Irradiation of infected root canals with a diode laser in vivo: results of microbiological examinations. *Lasers Surg Med.* 1997;21(3):221-226.
167. Gutknecht N, Van Gogswaardt DI, Conrads G, Apel C, Schubert C, Lampert F. Diode laser radiation and its bactericidal effect in root canal wall dentin. *J Clin laser Med Surg.* 2000;18(2):57-60.
168. Alfredo E, Souza-Gabriel AE, Silva SR, Sousa-Neto MD, Brugnera-Junior A, Silva-Sousa YT. Morphological alterations of radicular dentine pretreated with different irrigating solutions and irradiated with 980-nm diode laser. *Microsc Res Tech.* 2009;72(1):22-27.
169. Yamazaki R, Goya C, Yu DG, Kimura Y, Matsumoto K. Effects of erbium, chromium:YSGG laser irradiation on root canal walls: a scanning electron microscopic and thermographic study. *J Endod.* 2001;27(1):9-12.
170. Kangarloo A, Fekrazad R, Salar O. Antibacterial effect of Er,Cr: YSGG laser and 2%chlorhexidine solution on dental tubules infected by *E. faecalis*. Thesis No:2519- 2004.
171. Gordon W, Atabakhsh VA, Meza F, Doms A, Nissan R, Rizoio I, Stevens RH. The antimicrobial efficacy of the erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial emitting tips on root canal dentin walls infected with *Enterococcus faecalis*. *J Am Dent Assoc.* 2007;138(7):992-1002.
172. Coluzzi DJ. Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dent Clin North Am.* 2004;48(4):751-770.

173. Pick RM, Powell GL. Laser in dentistry. Soft-tissue procedures. *Dent Clin North Am.* 1993;37(2):281-296.
174. Guidotti R, Merigo E, Fornaini C, Rocca JP, Medioni E, Vescovi P. Er:YAG 2940-nm laser fiber in endodontic treatment: a help in removing smear layer. *Lasers Med Sci.* 2014;29(1):69-75.
175. Garcez AS, Ribeiro MS, Tegos GP, Núñez SC, Jorge AO, Hamblin MR. Antimicrobial photodynamic therapy combined with conventional endodontic treatment to eliminate root canal biofilm infection. *Lasers Surg Med Off J Am Soc Laser Med Surg.* 2007;39(1):59-66.
176. Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. Efficacy of Er:YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. *J Endod.* 1998;24(8):548-551.
177. Blanken J, De Moor RJ, Meire M, Verdaasdonk R. Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study. *Lasers Surg Med Off J Am Soci Laser Med Surg.* 2009;41(7):514-519.
178. Olivi G, DiVito E. Photoacoustic endodontics using PIPSTTM: experimental background and clinical protocol. *J Laser Health Acad.* 2012;1:22-25.
179. Dederich DN. "Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue?" *J Am Dent Assoc.* 1993;124(2):57-61.
180. Dederich DN, Zakariasen KL, Tulip J. Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentin following neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. *J Endod.* 1984;10(9):428-31.
181. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PM. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Topics.* 2005;10(1):30-76.
182. Caron G, Nham K, Bronnec F, Machtou P. Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. *J Endod.* 2010;36(8):1361-1366.
183. Yasuda Y, Kawamorita T, Yamaguchi H, Saito T. Bactericidal effect of Nd:YAG and Er:YAG lasers in experimentally infected curved root canals. *Photomed Laser Surg.* 2010;28(2):75-78.

184. Portenier I, Haapasalo H, Orstavik D, Yamauchi M, Haapasalo M. Inactivation of the antibacterial activity of iodine potassium iodide and chlorhexidine digluconate against *Enterococcus faecalis* by dentin, dentin matrix, type-I collagen, and heat-killed microbial whole cells. *J Endod.* 2002;28(9):634-637.
185. Shen Y, Stojicic S, Haapasalo M. Antimicrobial efficacy of chlorhexidine against bacteria in biofilms at different stages of development. *J Endod.* 2011;37(5):657-661.
186. Valera MC, Chung A, Menezes MM, Fernandes CE, Carvalho CA, Camargo SE, Camargo CH. Scanning electron microscope evaluation of chlorhexidine gel and liquid associated with sodium hypochlorite cleaning on the root canal walls. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;110(5):e82-87.
187. Sena NT, Gomes BP, Vianna ME, Berber VB, Zaia AA, Ferraz CC, Souza-Filho FJ. In vitro antimicrobial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine against selected single-species biofilms. *Int Endod J.* 2006;39(11):878-885.
188. Siqueira Jr JF, Rôças IN, Favieri A, Lima KC. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod.* 2000;26(6):331-334.
189. Yavari HR, Rahimi S, Shahi S, Lotfi M, Barhaghi MH, Fatemi A, Abdollahi M. Effect of Er,Cr:YSGG laser irradiation on *Enterococcus faecalis* in infected root canals. *Photomed laser Surg.* 2010;28(1):91-106.
190. Cheng X, Guan S, Lu H, Zhao C, Chen X, Li N, Bai Q, Tian Y, Yu Q. Evaluation of the bactericidal effect of Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG laser radiation, and antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) in experimentally infected root canals. *Lasers Surg Med.* 2012;44(10):824-831.
191. Chivatxaranukul P, Dashper SG, Messer HH. Dentinal tubule invasion and adherence by *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J.* 2008;41(10):873-882.
192. Kamberi B, Bajrami D, Stavileci M, Omeragiq S, Dragidella F, Koçani F. The antibacterial efficacy of biopure MTAD in root canal contaminated with *Enterococcus faecalis*. *ISRN Dent.* 2012;2012 :390-526..
193. Mohammadi Z, Soltani MK, Shalavi S. An update on the management of endodontic biofilms using root canal irrigants and medicaments. *Iran Endod J.* 2014;9(2):89.
194. Radcliffe CE, Potouridou L, Qureshi R, Hababbeh N, Qualtrough A, Worthington H, Drucker DB. Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium

- hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J*. 2004;37(7):438-446.
195. Jose J, Krishnamma S, Peedikayil F, Aman S, Tomy N, Mariodan JP. Comparative evaluation of antimicrobial activity of QMiX, 2.5% Sodium Hypochlorite, 2% Chlorhexidine, Guava Leaf extract and Aloevera extract against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*—An in-vitro Study. *J Clin Diagn Res*. 2016;10(5): 20-23.
 196. DiVito E, Peters OA, Olivi G. Effectiveness of the erbium:YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers Med Sci*. 2012;27(2):273-280.
 197. Li D, Jiang S, Yin X, Chang JW, Ke J, Zhang C. Efficacy of needle, ultrasonic, and endoactivator irrigation and photon-induced photoacoustic streaming in removing calcium hydroxide from the main canal and isthmus: an in vitro micro-computed tomography and scanning electron microscopy study. *Photomed laser Surg*. 2015;33(6):330-337.
 198. De Groot SD, Verhaagen B, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR, Van Der Sluis LW. Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization. *Int Endod J*. 2009;42(12):1077-1083.
 199. Kasić S, Knezović M, Beader N, Gabrić D, Malčić AI, Baraba A. Efficacy of three different lasers on eradication of *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* biofilms in root canal system. *Photomed laser Surg*. 2017;35(7):372-377.
 200. De Oliveira BP, Aguiar CM, Câmara AC, de Albuquerque MM, de Barros Correia AC, Soares MF. The efficacy of photodynamic therapy and sodium hypochlorite in root canal disinfection by a single-file instrumentation technique. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2015;12(3):436-443.
 201. Grzech-Leśniak K, Nowicka J, Pajęczkowska M, Matys J, Szymonowicz M, Kuropka P, Rybak Z, Dobrzyński M, Dominiak M. Effects of Nd:YAG laser irradiation on the growth of *Candida albicans* and *Streptococcus mutans*: in vitro study. *Lasers Med Sci*. 2019;34(1):129-137.
 202. Lindström MG, Wolf E, Fransson H. The antibacterial effect of Nd:YAG laser treatment of teeth with apical periodontitis: a randomized controlled trial. *J Endod*. 2017;43(6):857-863.

203. Gutknecht N, Moritz A, Conrads G, Sievert T, Lampert F. Bactericidal effect of the Nd:YAG laser in in vitro root canals. *J Clin Laser Med Surg.* 1996;14(2):77-80.
204. Moritz A, Doertbudak O, Gutknecht N, Goharkhay K, Schoop U, Sperr W. Nd:YAG laser irradiation of infected root canals in combination with microbiological examinations. *J Am Dent Assoc.* 1997;128(11):1525-1530.
205. DiVito E, Peters OA, Olivi G. Effectiveness of the erbium:YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers Med Sci.* 2012;27(2):273-280.
206. Olivi G, DiVito E, Peters O, Kaitsas V, Angiero F, Signore A, Benedicenti S. Disinfection efficacy of photon-induced photoacoustic streaming on root canals infected with *Enterococcus faecalis*: an ex vivo study. *J Am Dent Assoc.* 2014;145(8):843-848.
207. Al Shahrani M, DiVito E, Hughes CV, Nathanson D, Huang GT. Enhanced removal of *Enterococcus faecalis* biofilms in the root canal using sodium hypochlorite plus photon-induced photoacoustic streaming: an in vitro study. *Photomed laser Surg.* 2014;32(5):260-266.
208. Soares JA, Soares SM, César CA, de Carvalho MA, Brito-Júnior M, de Sousa GR, Soares BM, de Macêdo Farias L. Monitoring the effectiveness of photodynamic therapy with periodic renewal of the photosensitizer on intracanal *Enterococcus faecalis* biofilms. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2016;13:123-7.
209. Dragidella A, Jankullovská M, Aliu X, Jukić T, Stubljar D. Antimicrobial efficacy of erbium laser in the endodontic treatment of infected root canals. *Rom Arch Microbiol Immunol.* 2018;77(1):41–49.
210. Meire MA, Coenye T, Nelis HJ, De Moor RJ. Evaluation of Nd:YAG and Er:YAG irradiation, antibacterial photodynamic therapy and sodium hypochlorite treatment on *Enterococcus faecalis* biofilms. *Int Endod J.* 2012;45(5):482-491.
211. Pedulla E, Genovese C, Campagna E, Tempera G, Rapisarda E. Decontamination efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming (PIPS) of irrigants using low-energy laser settings: an ex vivo study. *Int Endod J.* 2012;45(9):865-870.
212. Zhu X, Yin X, Chang JW, Wang Y, Cheung GS, Zhang C. Comparison of the antibacterial effect and smear layer removal using photon-initiated photoacoustic streaming aided irrigation versus a conventional irrigation in single-rooted canals: an in vitro study. *Photomed laser Surg.* 2013;31(8):371-377.

213. Akcay M, Arslan H, Mese M, Durmus N, Capar ID. Effect of photon-initiated photoacoustic streaming, passive ultrasonic and sonic irrigation techniques on dentinal tubule penetration of irrigation solution: a confocal microscopic study. Clin Oral Invest. 2017;21(7):2205-2212.
214. Galler KM, Grubmüller V, Schlichting R, Widbiller M, Eidt A, Schuller C, Wölflick M, Hiller KA, Buchalla W. Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation. Int Endod J. 2019;52(8):1210–1217.



8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hüseyin BENCE

Doğum Yeri : Aleppo-Suriye

Doğum Tarihi: 28.01.1986

Yabancı Dili: İngilizce

E-posta: hss-Panja@live.com

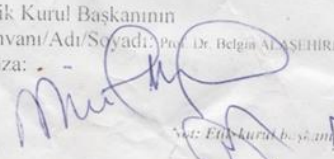
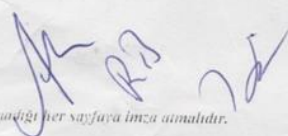
İletişim Bilgileri: 5535145589

Öğrenim Durumu:

Lise: Almaarry Lisesi

Mezun olduğu üniversite: Alkalamoon Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi-Suriye (2011).

9. EKLER

GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU						
ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI		Er:YAG (PIPS) ve Nd:YAG Lazerlerin Enterococcus Faecalis ve Candida Albicans üzerine etkinliğinin değerlendirilmesi				
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU		339				
ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Gaziantep Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu				
	AÇIK ADRESİ:	Gaziantep Üniversitesi Sağlık Bilimler Fakültesi 2. Kat Şehitkamil-Gaziantep				
	TELEFON	0342 360 07 53 / 77704				
	FAKS	0342 360 39 27				
	E-POSTA	gaunetikkurul@gmail.com				
BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Yrd. Doç. Dr. FATMA TUŇÇ				
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Endodonti A.D				
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Gaziantep Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Endodonti A.D				
	VARSA İDARİ SORUMLU UNVANI/ADI/SOYADI					
	DESTEKLEYİCİ					
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI					
	TEBİRLİK vb. gibi kurumların destek alması için					
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLÇİSİ					
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1	☐			
		FAZ 2	☐			
FAZ 3		☐				
FAZ 4		☐				
Gözlemsel ilaç çalışması		☐				
Tıbbi cihaz klinik çalışması		☐				
In vitro tıbbi tam cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları		☐				
İlaç dışı klinik araştırma		☐				
Diger ise belirtiniz :						
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER		TEK MERKEZ ☐	ÇOK MERKEZLİ ☐	ULUSAL ☐	ULUSLARARASI ☐	
DEĞERLENDİRİLEN BELGİLER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili		
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ			Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐		
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐		
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐		
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ			Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐		
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı	Açıklama				
	SIGORTA	☐				
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	☐				
	BİYOLOJİK MATERYEL TRANSFER	☐				
Etik Kurul Başkanının Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Belgin ALMASHIRLI						
İmza: 						
Not: Etik kurulu başkanının her sayfaya imza atmalıdır.						
						
						

GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Er:YAG (PIPS) ve Nd:YAG Lazerlerin Enterococcus Faecalis ve Candida Albicans üzerine etkinliğinin değerlendirilmesi		
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	339		
KARAR BİLGİLERİ	FORMU		
	ILAN	☐	
	YILLIK BİLDİRİM	☐	
	SONUÇ RAPORU	☐	
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	☐	
	DİĞER:	☐	
	Karar No:2017/339	Tarih: 23.10. 2017	
Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmann/çalışmanın gerekçe/amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmann/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir. İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan araştırmalar/çalışmalar için Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu'ndan izin alınması gerekmektedir.			

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Prof. Dr. Belgin ALAŞEHİRLİ

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırma ile ilişki	Katılım *	İmza
Prof. Dr. Belgin ALAŞEHİRLİ	FARMAKOLOJİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐	
Prof. Dr. Mehmet KESKİN	PEDİATRİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐	
Prof. Dr. Feri duş İŞİK	GÖĞÜS CERRAHİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐	
Prof. Dr. İlker SEÇKİNER	ÜROLOJİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐	
Prof. Dr. Ramazan BAL	FİZYOLOJİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐	
Prof. Dr. Yasemin ZER	MİKROBİYOLOJİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐	
Doç. Dr. Zeynel Abidin ÖZTÜRK	İÇ HASTALIKLARI	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐	
Doç. Dr. Seval KUL	BİYOİSTATİSTİK	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐	
Yrd. Doç. Dr. Betül TAŞ	AĞIZ DIŞ ve ÇENE CERRAHİSİ	Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐	
Uzm. Dr. Cahide ElifORHAN	FARMAKOLOJİ	Gaziantep İl Sağlık Müdürlüğü	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐	
Eyüp ÇELİK	AVUKAT	Gaziantep Barosu	E ☒ K ☐	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐	
Recep TÜRK	BANKAÇI	Ziraat Bankası Gaziantep Bölge Yöneticisi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐	

*:Toplantıda Bulunma

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Belgin ALAŞEHİRLİ
İmza:

3'den teslim aldım

Hüseyin Bence

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