

**K.K.T.C
YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ER,CR:YSGG LAZERİN ANTİMİKROBİYAL ETKİNLİĞİNİN
VE KÖK KANAL DUVARLARI ÜZERİNDE OLUŞTURDUĞU
MORFOLOJİK DEĞİŞİMLERİN İN VİTRO KOŞULLARDA
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Diş Hek. Leman ÖZKAN

Pedodonti Programı

DOKTORA TEZİ

**LEFKOŞA
2014**

K.K.T.C
YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ER,CR:YSGG LAZERİN ANTİMİKROBİYAL
ETKİNLİĞİNİN VE KÖK KANAL DUVARLARI
ÜZERİNDE OLUŞTURDUĞU MORFOLOJİK
DEĞİŞİMLERİN İN VİTRO KOŞULLARDA
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Diş Hek. Leman ÖZKAN

Pedodonti Programı
DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Serap ÇETİNER

LEFKOŞA
2014

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma jürimiz tarafından Pedodonti Programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Nuran ÖZTAŞ
Gazi Üniversitesi



Danışman: Prof. Dr. Serap ÇETİNER
Yakın Doğu Üniversitesi



Üye: Prof. Dr. Tamer ŞANLIDAĞ
Celal Bayar Üniversitesi



Üye: Prof. Dr. Şaziye SARI
Ankara Üniversitesi



Üye: Doç. Dr. Atakan KALENDER
Yakın Doğu Üniversitesi



ONAY:

Bu tez Yakın Doğu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.



Prof. Dr. İhsan ÇALIŞ
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Doktora eğitim ve tez sürecimde bana her zaman destek olan, bilgi ve tecrübelerini tereddütsüz paylaşan, her zaman sabır ve anlayış gösteren, bana benden daha çok inanan, her konuda örnek aldığım ve öğrencisi olmaktan gurur duyduğum, bir eğitmenden çok daha fazlası, canım hocam, danışmanım Prof. Dr. Serap Çetiner'e,

Tez çalışmamın başlangıcından bitimine kadar önerileri ve yardımları ile bana destek olan tez izleme komitesindeki çok sevdiğim, değerli hocalarım Prof. Dr. Tamer Şanlıdağ ve Prof. Dr. Şaziye Sarı'ya,

Tez çalışmalarım boyunca desteğini esirgemeyen sayın dekanım Prof. Dr. Mutahhar Ulusoy'a,

Tezimin mikrobiyolojik deney aşamalarında, sonsuz anlayış, içtenlik ve güler yüzle bana yardımlarından ötürü Dr. Hüseyin Kaya Suer ile Meryem Güvenir'e,

Tez çalışmalarımda yanımda olan ve desteğini esirgemeyen başta Nermin Yönel Köse olmak üzere, beraber çalışmaktan keyif ve mutluluk duyduğum tüm Yakın Doğu Üniversitesi Pedodonti Anabilim Dalı personeline,

Tez çalışmamın istatistik analizlerinde bana yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Özgür Tosun'a ve SEM çalışmalarımındaki katkılarından ötürü Sayın Cengiz Tan'a,

Bana her zaman yol gösteren, abilerim, hocalarım Prof. Dr. Kaan Orhan ve Yrd. Doç. Dr. Ulaş Öz'e,

Her zaman desteğini hissettiğim canım hocam, Prof. Dr. Hakan Gögen'e,

Beni bu günlere getiren, her konuda destek olup, sonsuz fedakarlıklarda bulunan canım annem Yıldız Özkan'a,

Her koşulda anlayış ve özveriyle yanımda duran, olmazsa olmazım, hayat arkadaşım Vural Mut'a, tüm kalbimle teşekkür ederim.

ÖZET

Özkan, L. Er,Cr:YSGG lazerin antimikrobiyal etkinliğinin ve kök kanal duvarları üzerinde oluşturduğu morfolojik değişimlerin in vitro koşullarda değerlendirilmesi. Yakın Doğu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Pedodonti Programı, Doktora Tezi, Lefkoşa, 2014.

Kök kanal tedavisinin temel amacı kök kanallarının ve aksesuar kanalların dentin tübülleri boyunca bakterilerden tümüyle arındırılmasıdır. Dişin çevre dokularına zarar vermeden kök kanallarının mekanik preparasyonu, dezenfeksiyonu ve hermetik olarak tıkanması kök kanal tedavisinin başarılı olabilmesi için gerekli ana unsurlardır. Günümüzde kemomekanik preperasyonda kullanılacak, istenen özelliklere sahip bir irrigasyon ajanı olmadığından, irrigasyon ajanlarının ve tekniklerin araştırılması güncelliğini korumaktadır. Bu çalışmanın amacı, kök kanal dezenfeksiyonunda alternatif bir yöntem olarak öne sürülen lazer sistemlerinden Er,Cr:YSGG lazerin radial firing tips (RFT)'ler ile birlikte kullanılarak *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) ve *Candida albicans* (*C. albicans*) üzerindeki antimikrobiyal etkinliğinin NaOCl'le karşılaştırılması ve kanal duvarlarında meydana gelen değişimlerin incelenerek kök kanal sistemlerinin dezenfeksiyonundaki etkinliğinin değerlendirilmesidir. Çalışmada 116 adet tek köklü ve tek kanallı insan alt küçük azı dişi kullanıldı. Örnekler prepare edildikten sonra steril edilip, rastgele 8 gruba ayrıldı: Grup 1A: Er,Cr:YSGG lazer grubu (2 W, 20 Hz, % 25 su, % 35 hava, 6 sn, 4 tekrar), Grup 1B: % 5'lik NaOCl grubu (2 dk), Grup 1C: pozitif kontrol grubu, Grup 1D: negatif kontrol grubu, Grup 2A: Er,Cr:YSGG lazer grubu (2 W, 20 Hz, % 25 su, % 35 hava, 6 sn, 4 tekrar), Grup 2B: % 5'lik NaOCl grubu (2 dk), Grup 2C: pozitif kontrol grubu, Grup 2D: negatif kontrol grubu. Negatif kontrol grupları ayrı tutularak 1. gruplar *E. faecalis* ile 2. gruplar ise *C. albicans* ile enfekte edildikten sonra, *E. faecalis* grupları 24 saat, *C. albicans* grupları 48 saat inkübe edildi. İnkübasyon sonunda her bir kök kanalı için dezenfeksiyon önce ve sonrasında cfu/ml değerleri hesaplandı ve değerlendirildi. İstatistiksel değerlendirmeler için Wilcoxon testi ile Mann Whitney U testi kullanıldı. Çalışmanın SEM parametresinde 20 adet tek köklü ve tek kanallı insan alt küçük azı dişi kullanıldı. Dişler prepare edildikten sonra

rastgele iki gruba ayrıldı: Grup 1: Er,Cr:YSGG lazer (2 W, 20 Hz, % 25 su, % 35 hava, 6 sn, 4 tekrar). Grup 2: % 5'lik NaOCl (2 dk). Kök kanal duvarlarının morfolojik değişimler ve smear tabakası scanning electron mikroskopuyla incelendi. Çalışmadan elde edilen bulguların istatistiksel analiz sonuçlarına göre, hem lazer hem de NaOCl gruplarında uygulama öncesi ve sonrası kök kanallarından elde edilen mikroorganizma sayılarında anlamlı düzeyde azalma görülmüştür. % 5'lik NaOCl *E. faecalis* ve *C. albicans*'ları tamamen elimine etmiştir. Er,Cr:YSGG lazerin *C. albicans* eliminasyonu *E. faecalis* eliminasyonundan anlamlı düzeyde daha fazla olmuştur. Çalışmanın SEM analizinde, Er,Cr:YSGG lazer uygulamasının kök kanallarındaki smear tabakasını uzaklaştırdığı, kök kanal duvarlarında önemsiz kırık ve çatlaklar oluşturduğu gözlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, 2 W çıkış gücünde Er,Cr:YSGG lazerin *E. faecalis* ve *C. albicans* üzerindeki antimikrobiyal etkinliği NaOCl kadar anlamlı bulunmamıştır. Ancak Er,Cr:YSGG lazer uygulamasının kök kanal duvarlarından smear tabasını kaldırması, tekniğin önemli bir avantajı olarak görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *C. albicans*, *E. faecalis*, Er,Cr:YSGG lazer, NaOCl, dezenfeksiyon.

ABSTRACT

Özkan, L. In vitro evaluation of the antimicrobial effects of Er,Cr:YSGG laser and its morphological alterations on root canal surfaces. Near East University Institute of Health Sciences, PhD Thesis in Paediatric Dentistry, Nicosia, 2014.

The fundamental aim of endodontic therapy is considered to be the disinfection of the root canal and its complex tubular network. Successful endodontic treatment is based on mechanical instrumentation, disinfection and three dimensional obturation. Since there is no gold standard irrigation solution for chemomechanic preparations, alternative irrigation solutions and techniques are still under investigation. The purpose of this study was to evaluate the antimicrobial effect of Er,Cr:YSGG laser with radial firing tips in comparison to NaOCl on *E. faecalis* and *C. albicans* and to make observations on the morphology of root canal dentin surface after laser irradiation. One hundred and sixteen human mandibular premolar teeth with a single root canal was used. Root canals were instrumentated, sterilised and divided into 8 groups. Group 1A: irradiated with Er,Cr:YSGG laser (2 W, 20 Hz, 25 % water, 35 % air, 6 s, 4 consecutive times), Group 1B: irrigation with 5 % NaOCl (2 min), Group 1C: positive control group, Group 1D: negative control group, Group 2A: irradiated with Er,Cr:YSGG laser (2 W, 20 Hz, 25 % water, 35 % air, 6 s, 4 consecutive times), Group 2B: irrigated with 5 % NaOCl (2 min), Group 2C: positive control group, Group 2D: negative control group. First groups were incubated for 24 hours with *E. faecalis* and the second groups were incubated for 48 hours with *C. albicans*. After incubation, the number of cfu/ml was counted before and after the disinfection procedure. Wilcoxon and Mann-Whitney U tests were used with a significance set at $p < 0.05$. In the SEM analysis 20 human mandibular premolar teeth with a single root canal were used. Post root canal instrumentation, the samples were randomly divided into two groups: Group 1: irradiated with Er,Cr:YSGG laser (2 W, 20 Hz, 25 % water, 35 % air, 6 s, 4 consecutive times). Group 2: irrigated with 5 % NaOCl (2 min). The alterations on the root canal dentinal surface and the presence of smear layer after laser irradiation were evaluated using SEM. According to our statistical evaluation, significant microbial reduction was found both for laser and NaOCl groups post disinfection procedure. 5 % NaOCl irrigation completely disinfected both *E. faecalis* and *C. albicans*. However, *C. albicans* eradication was significantly

higher than *E. faecalis* with Er,Cr:YSGG laser. Samples that underwent SEM evaluation were found to be free of smear layer, additionally cracks and fissures were seen on the dentinal surfaces. According to the results of the present study, 2 W Er,Cr:YSGG laser irradiation on *E. faecalis* and *C. albicans* were not effective as NaOCl irrigation. However its efficiency in the removal of smear layer, is seen as a big advantage.

Key words: *C. albicans*, *E. faecalis*, Er,Cr:YSGG laser, NaOCl, disinfection.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ONAY SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
ŞEKİLLER	xiv
TABLolar	xvi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Kök Kanal Tedavisinde Dezenfeksiyonun Önemi	4
2.2. Kök Kanal Mikrobiyolojisi	7
2.2.1. <i>Enterococcus faecalis</i> (<i>E. faecalis</i>)	12
2.2.2. <i>Candida albicans</i> (<i>C. albicans</i>)	16
2.3. Kanal İrrigasyonu ve Kimyasal Temizleme	19
2.3.1. Kullanılan İrrigasyon Solüsyonlarının Sahip Olması Gereken Özellikler	20
2.3.2. Endodontik Tedavide Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları	25
2.3.2.1. Sodyum Hipoklorit	25
2.4. Lazer	31
2.4.1. Lazerin Tarihçesi	31
2.4.2. Lazer Doku Etkileşimi	33
2.4.3. Lazerlerin Foto Biyolojik Etkileri	34

2.4.3.1. Lazerin Foto-Kimyasal Etkileri	34
2.4.3.2. Lazerin Foto-Termal Etkileri	34
2.4.3.3. Lazerin Foto-Mekanik ve Foto-Elektrik Etkileri	35
2.4.4. Lazer Kullanım Parametreleri	35
2.4.5. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler	37
2.4.5.1. Argon Lazerler	37
2.4.5.2. Diod Lazerler	38
2.4.5.3. Nd:YAG Lazerler	38
2.4.5.4. Ho:YAG Lazerler	39
2.4.5.5. CO ₂ Lazerler	39
2.4.5.6. Erbiyum Lazerler	40
2.4.5.6.1. Er:YAG Lazerler	41
2.4.5.6.2. Er,Cr:YSGG Lazerler	41
2.4.6. Lazer Sistemlerinin Endodontideki Yeri	43
2.4.7. Lazerlerin Kanal Dezenfeksiyonundaki Etki Mekanizması	43
2.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	45
2.6. Konu ile Yapılan Çalışmalar	46
3. GEREÇ VE YÖNTEM	54
3.1. Çalışmada Kullanılan Deney Örneklerinin Hazırlanması	54
3.2. Çalışmada Kullanılan Mikroorganizmalar	56
3.3. Standart Mikroorganizmaların Üretilmesi ve Mikroorganizmaların Deney İçin Hazırlanması	56
3.4. Deney ve Kontrol Gruplarının Oluşturulması	57
3.5. Kök kanallarının Enfekte Edilmesi	58

3.6. Enfekte Edilen Kök Kanallarının Başlangıç Cfu/ml Değerlerinin Belirlenmesi	59
3.7. Dezenfeksiyon İşlemleri	59
3.7.1. Sodyum Hipoklorit Grupları	59
3.7.2. Er,Cr:YSGG Lazer Grupları	60
3.7.3. Pozitif Kontrol Grupları	61
3.7.4. Negatif Kontrol Grupları	61
3.8. Lazer ve NaOCl Uygulamasından Sonra Cfu/ml Değerlerinin Belirlenmesi	61
3.9. Çalışmada Kullanılan Örneklerin SEM İncelenmesi İçin Hazırlanması	62
3.10. İstatistiksel Analiz	64
4. BULGULAR	65
4.1. <i>E. faecalis</i> ile Enfekte Edilen Örneklerden Elde Edilen Bulgular	65
4.2. <i>C. albicans</i> ile Enfekte Edilen Örneklerden Elde Edilen Bulgular	66
4.3. <i>E. faecalis</i> ve <i>C. albicans</i> ile Enfekte Edilmiş Örneklerin Gruplar Arası Karşılaştırılması	67
4.4. SEM Analizi Bulguları	71
4.4.1. Lazer uygulanmış örneklerin incelenmesi	71
4.4.2. NaOCl uygulanmış örneklerin incelenmesi	78
5. TARTIŞMA	84
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	104
KAYNAKLAR	107
YAYINLAR	144

SİMGELER VE KISALTMALAR

EDTA	Etilen diamin tetraasetik asit
CHX	Klorheksidin
NaOCl	Sodyum hipoklorit
g	Gram
Ni-Ti	Nikel titanyum
ml	Mililitre
mm	Milimetre
SEM	Scanning electron microscope
#	Numara
μ	Mikron
μl	Mikrolitre
μm	Mikrometre
°C	Santigrat derece
<	Küçüktür
>	Büyüktür
CFU	Colony forming unit
dk	Dakika
sn	Saniye
nm	Nanometre
mJ	Milojul
cm ²	Santimetre kare
Hz	Hertz
Ar	Argon
Ho:YAG	Holmium: Yttrium Aluminum Garnet
Er:YAG	Erbium, Chromium: Yttrium Scandium Gallium
Er,Cr:YSGG	Erbium, Chromium: Yttrium Scandium Gallium Garnet

Nd:YAG	Neodymium: Yttrium Aluminum Garnet
Pps	Pulse per second
W	Watt
CW	Continuous Wave
DNA	Deoxy Ribo Nucleic Acid
RNA	Ribo Nucleic Acid
ATP	Adenosine triphosphate
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
FDA	Food&Drug Administration
CO ₂	Karbondioksit
pH	Power of hydrogen
mj	Milijul
mj/cm ²	Milijul/santimetre kare
LED	Light Emitting Diode
ISO	International Organisation for Standardization

ŞEKİLLER

- 2.1. Vertucci'nin şematik olarak resimlenen kanal konfigürasyonları.
- 3.1. Kök boyu 12 mm olacak şekilde kronları kesilmiş ve apeksleri kompozit rezinle kapatılmış örnekler.
- 3.2. Eppendorf tüplerin içerisine yerleştirilmiş örnekler.
- 3.3. *E. faecalis*'in üremesine ilişkin koyun kanlı besiyer görüntüsü.
- 3.4. *C. albicans*'ın üremesine ilişkin Sabouraud Dextrose Agar görüntüsü.
- 3.5. Otomatik pipet yardımıyla 30 µl mikroorganizma süspansiyonunun eppendorf tüp içerisine yerleştirilmesi ve ardından insülin enjektörü ile kanallara enjekte edilmesi.
- 3.6. Mikrobiyolojik işlemlerin gerçekleştirildiği güvenlik kabini.
- 3.7. Çalışmada kullanılan Er,Cr:YSGG lazer cihazı ve Golden Handpiece.
- 3.8. Lazer Parametreleri.
- 3.9. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).
- 3.10. SEM incelemesi için platin kaplanmış örnekler.
- 4.1. Deney gruplarındaki *E. faecalis*'in dağılımı.
- 4.2. Deney gruplarındaki *C. albicans*'ın dağılımı.
- 4.3. *E. faecalis* eliminasyonunda lazer ve NaOCl yöntemlerinin karşılaştırılması.
- 4.4. *C. albicans* eliminasyonunda lazer ve NaOCl yöntemlerinin karşılaştırılması.
- 4.5. Lazer yönteminin farklı suşlar üzerinde gösterdikleri performansların kıyaslanması.
- 4.6. NaOCl yönteminin farklı suşlar üzerinde gösterdikleri performansların kıyaslanması.
- 4.7. Lazer grubuna ait SEM görüntüsü, koronal 1/3, x100.

- 4.8. Lazer grubuna ait SEM görüntüsü, koronal 1/3, x500.
- 4.9. Lazer grubuna ait SEM görüntüsü, koronal 1/3, x2000.
- 4.10. Lazer grubuna ait SEM görüntüsü, orta 1/3, x100.
- 4.11. Lazer grubuna ait SEM görüntüsü, orta 1/3, x500.
- 4.12. Lazer grubuna ait SEM görüntüsü, orta 1/3, x2000.
- 4.13. Lazer grubuna ait SEM görüntüsü, apikal 1/3, x100.
- 4.14. Lazer grubuna ait SEM görüntüsü, apikal 1/3, x500.
- 4.15. Lazer grubuna ait SEM görüntüsü, apikal 1/3, x2000.
- 4.16. NaOCl grubuna ait SEM görüntüsü, koronal 1/3, x100.
- 4.17 NaOCl grubuna ait SEM görüntüsü, koronal 1/3, x500.
- 4.18. NaOCl grubuna ait SEM görüntüsü, koronal 1/3, x2000.
- 4.19. NaOCl grubuna ait SEM görüntüsü, orta 1/3, x100.
- 4.20. NaOCl grubuna ait SEM görüntüsü, orta 1/3, x500.
- 4.21. NaOCl grubuna ait SEM görüntüsü, orta 1/3, x2000.
- 4.22. NaOCl grubuna ait SEM görüntüsü, apikal 1/3, x100.
- 4.23. NaOCl grubuna ait SEM görüntüsü, apikal 1/3, x500.
- 4.24. NaOCl grubuna ait SEM görüntüsü, apikal 1/3, x2000.

TABLÖLAR

- 4.1. Deney gruplarındaki *E. faecalis* miktarlarının ortalama değeri, ortalamaları ve standart sapma değeri.
- 4.2. Deney gruplarındaki *C. albicans* miktarlarının ortalama değeri, ortalamaları ve standart sapma değeri.
- 4.3. *E. faecalis* eliminasyonunda lazer ve NaOCl yöntemlerinin karşılaştırılması.
- 4.4. *C. albicans* eliminasyonunda lazer ve NaOCl yöntemlerinin karşılaştırılması.
- 4.5. Lazer yönteminin farklı suşlar üzerinde gösterdikleri performansların kıyaslanması.
- 4.6. NaOCl yönteminin farklı suşlar üzerinde gösterdikleri performansların kıyaslanması.

1. GİRİŞ

Kök kanal tedavisinin temel amacı kök ve aksesuar kanalların dentin tübülleri boyunca bakterilerden tümüyle arındırılmasıdır. Dışın çevre dokularına zarar vermeden kök kanallarının mekanik preperasyonu, dezenfeksiyonu ve hermetik olarak tıkanması kök kanal tedavisinin başarılı olabilmesi için gerekli ana unsurlardır (Siqueira ve diğerleri, 1999; Walton, 1982).

Kök kanallarında meydana gelen apikal periodontitisin esas nedeni bakteriyel enfeksiyon olarak gösterilmektedir (Kakehashi ve diğerleri, 1965; Möller ve diğerleri, 1981). Enfekte kök kanallarında çeşitli mikroorganizma türleri bulunmakta ve milimetrekarede bulunan mikroorganizma sayısı 10^2 ve 10^8 arasında değişmektedir (Bystrom ve Sundqvist, 1981). Pulpal enfeksiyonların etiolojisinde anaerop bakterilerin büyük rol oynadığı, ayrıca fakültatif anaerop, mikroaerofilik, aerop bakteriler ve mantarların da kök kanallarındaki mikroflorada bulunduğu gösterilmiştir (Farber ve Seltzer, 1988; Haapasolo, 1989; Perez ve diğerleri, 1993). *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) ve *Candida albicans* (*C. albicans*) ağız kavitesindeki en dirençli mikroorganizmalardır (Molander ve diğerleri, 1998; Siqueira ve Sen, 2004) ve bunlar kök kanal sisteminde zor şartlarda bile yaşamlarını sürdürebilmektedir (Sundqvist ve Figdor, 2003).

Mekanik instrumentasyon ile antibakteriyel irrigasyonun kombinasyonu olan kemomekanik preperasyon kök kanal dezenfeksiyonunda önemli bir rol oynamaktadır (Young ve diğerleri, 2007). Sonrasında üç boyutlu olarak kök kanalının doldurulması ve uygun koronal restorasyon ile kök kanalının içerisine mikroorganizmaların tekrar girişi engellenmekte ve arta kalan mikroorganizmaların da kök kanal dolgusu içinde kalarak çoğalmalarının önüne geçilmektedir (Young ve diğerleri, 2007). Ancak yan kanallar, anastomozlar ve apikal delta gibi kök kanal morfolojilerinin varlığında ideal bir instrumentasyon, etkili bir irrigasyon ve hermetik bir dolgu her zaman mümkün olamamakta, bu da kök kanal tedavisinin başarısız olmasına yol açmaktadır (Bystrom ve Sundqvist, 1981; Love ve Jenkinson, 2002; Nair ve diğerleri, 1990).

Kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında irrigasyon yapılması debris, pulpa dokusu ve mikroorganizmaların dentin duvarlarına tutunmasını azaltıp, kök kanalından daha kolay uzaklaştırılmalarını sağlamaktadır (Chow, 1983). Bu amaçla çeşitli irrigasyon maddeleri önerilmiştir. Günümüzde sodyum hipoklorit (NaOCl) en yaygın olarak kullanılan irrigasyon ajanıdır (Haapasalo ve diğerleri, 2005). Antimikrobiyal etkinliği ve organik dokuları çözme özelliğine karşın (Baumgartner ve Cuenin, 1992; Bystrom ve Sundqvist, 1983), biyolojik olarak sitotoksik bir madde olup, klinik kullanım açısından birtakım komplikasyonlara neden olabilmektedir (Dandakis ve diğerleri, 2000; Gatot ve diğerleri, 1991; Hülsmann ve Hahn, 2000; Pashley ve diğerleri, 1985). Bu yüzden kök kanallarının dezenfeksiyonu amacıyla NaOCl'e alternatif irrigasyon ajanları ve tekniklerinin araştırılması güncelliğini korumaktadır.

Bu bağlamda yapılan araştırmaların ışığında lazer uygulamalarının, kök kanal tedavisinde debris ve smear tabakasını kaldırabilmesi yanında dentin dokusuna daha fazla penetre olarak kök kanal sistemindeki karmaşık yapının içerisinde ulaşılabilen bölgelere erişilmesini sağladığı ileri sürülmektedir (Kimura ve diğerleri, 2000; Klinke ve diğerleri, 1997; Schoop ve diğerleri, 2004; Schoop ve diğerleri, 2007; Vaarkamp ve diğerleri, 1995). Son yıllarda lazer enerjisi kök kanal tedavisinde yumuşak dokuları buharlaştırması, sert dokuyu eritmesi, mikroorganizmaları elimine ederek dezenfeksiyon sağlaması ve esnek fiber optik uçlar vasıtasıyla kullanımının kolay olması nedeniyle önerilmektedir (Kanaparthi ve Kanaparthi, 2012; Sadık ve diğerleri, 2013; Stabholz ve diğerleri, 2004).

Er,Cr:YSGG lazer; kök kanal sisteminin temizlenmesi, şekillendirilmesi ve genişletilmesi amacıyla U.S. Food and Drug Administration tarafından kullanımı onaylanmış olup, osseoz, apikal ve periodontal cerrahide de kullanılabileceği bildirilmiştir (Gordon ve diğerleri, 2007). Araştırmacılar bu lazer sistemiyle daha başarılı sonuçlar elde edebilmek için kök kanal sisteminin formuna uygun 'radial firing tips' (RFT) adında uçları piyasaya sürmüşlerdir. RFT'lerin uç kısımlarına 60°'lik açıyla konik bir form verilerek, tüm kök kanal duvarlarında daha homojen bir ışınlama yapılması amaçlanmıştır (Schoop ve diğerleri, 2009).

Bu araştırma; son yıllarda endodontide kullanımı önerilen Er,Cr:YSGG lazer sistemi ile birlikte piyasaya en son sürülen RFT'in *E. faecalis* ve *C. albicans* üzerindeki antimikrobiyal etkinliğinin kök kanallarının dezenfeksiyonu amacıyla uzun yıllardır kullanılan NaOCl ile karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır.

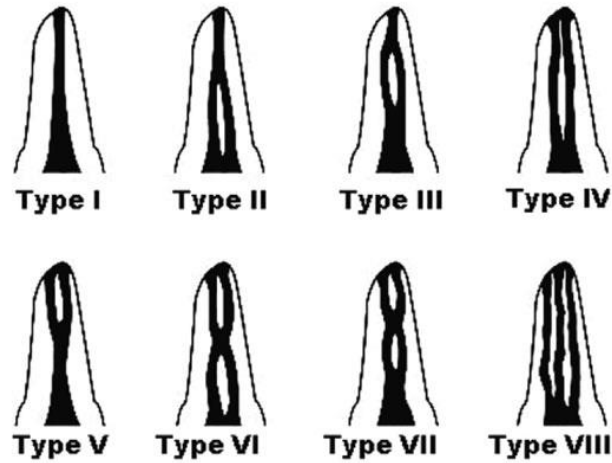
2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök Kanal Tedavisinde Dezenfeksiyonun Önemi:

Kök kanal tedavisinde yapılan dezenfeksiyonun temel amacı; pulpa dokusu ve artıkları, mikroorganizmalar ve enfekte dentin dokusunun uzaklaştırılarak kanalların temizlenmesi ve kanal dolgusuna hazır hale getirilmesidir. Buna ek olarak, şekillendirme işlemiyle, irrigasyon solüsyonlarının etkinliğinin artırılması ve ideal bir kanal dolgusu yapılabilmesi için gerekli alanın elde edilmesinin sağlanmasıdır. Mekanik instrumentasyon ve antibakteriyel irrigasyonun kombini olan kök kanalının kemomekanik preperasyonu, kanal dezenfeksiyonunun en önemli ve en kritik basamağıdır. Bu işlemi takiben kök kanal dolgusu ve ardından kök kanalına mikroorganizmaların girişini ve residüel bakterilerin de proliferasyonunu engellemek için koronal restorasyon yapılmaktadır (Young ve diğerleri, 2007). Kök kanal sisteminin ideal bir şekilde tedavi edilmesiyle hasta hem normal fonksiyonuna kavuşabilmekte hem de mevcut estetik korunabilmektedir.

Kök kanal sistemi çok kompleks bir anatomiye sahiptir. Lateral ve aksesuar kanallar, furkasyon kanalları, intrakanal bağlantılar ve apikal deltalar gibi birçok farklı oluşum görülebilmektedir. Lateral ve aksesuar kanallar pulpadan periodonsiyuma doğru uzanırlar. Bir aksesuar kanal kökün eksternal yüzeyi ile bağlantı kuran pulpa boşluğunun, periodonsiyuma doğru uzanan herhangi bir dalıdır. Lateral kanal ise kökün koronal veya orta üçlüsünde yer alan ve genellikle ana kanaldan horizontal olarak uzanan bir aksesuar kanaldır (American Association of Endodontists, 2003). Apikal üçlüde % 73.5, orta üçlüde % 11.4 ve kökün servikal üçlüsünde ise % 6.3 oranında görülen bu kanallar (Vertucci, 1984), pulpadan periodonsiyuma iritanların geçişinde önemli bir rol oynamaktadırlar. Aynı zamanda çok köklü dişlerin bifurkasyon ve trifurkasyon bölgelerinde de yer alabilmektedirler (Vertucci, 1984). Kök kanal sistemindeki kanallar birçok farklı dallara ayrılabilmekte, bölünüp tekrar birleşebilmektedir. Bu durum arka grup dişlerde daha sık görülmektedir ve bu düzensizliklere alet veya irrigasyon solüsyonlarının girmesi oldukça güçtür. Bu lateral kanalların, radyografi ya da bilgisayarlı tomografilerle de görülebilmesi çok zordur. Vertucci ve diğerleri (1974)

dişlerin pulpa kavitelerini hematoksilin boyası ile renklendirerek pulpa boşluğunu 8 farklı gruba ayırmışlardır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Vertucci'nin şematik olarak resimlenen kanal konfigürasyonları.

Kanal tedavisi en iyi koşullar sağlanarak yapılsa bile, günümüzde var olan materyaller ve teknikler ile kök kanal sistemindeki bu karmaşık yapıya bağlı olarak yeterli preperasyon ve irrigasyon yapılamadığından tedavi sonrasında başarısızlıklar görülebilmektedir (Bystrom ve Sundqvist, 1981; Love ve Jenkinson, 2002; Nair ve diğerleri, 1990).

Pulpa vücudun diğer organlarıyla karşılaştırıldığı zaman, kanlanması oldukça sınırlı bir yapıdır. Bu nedenle burada meydana gelen enfeksiyon immün mekanizmalarla ortadan kaldırılamamakta, pulpanın nekrozuna yol açmakta ve ortamın koşullarına uyum gösterebilen kompleks bir mikrobiyal flora ile sonuçlanmaktadır (Aydın, 2012, s. 589).

Periapikal lezyonların gelişmesinde ilk olarak bakterilerin rol oynadığı kabul edildiğinden (Nair, 1987), endodontik tedavinin esas amacı kök kanalından enfeksiyonun eliminasyonu ve tekrar enfeksiyon gelişmesinin engellenmesidir. Ancak yapılan endodontik tedaviler sıklıkla başarısızlıkla sonuçlandığından, sebepleri halen tartışılmaktadır (Chávez De Paz ve diğerleri, 2003; Nair ve diğerleri, 1990, Pinheiro ve diğerleri, 2003a; Siqueira, 2001; Stuart ve diğerleri, 2006). Birçok lokal ve sistemik faktörlerin endodontik tedavinin başarısızlığında rol oynadığı ortaya atılmıştır. Kök kanalındaki inatçı enfeksiyonlar, yetersiz kök

kanal preperasyonuna bağılı olarak tatmin edici olmayan endodontik presedürler, kırılan kanal aletleri, yetersiz ya da taşkın kanal dolguları ve endodontik prosedürü olumsuz olarak etkileyecek morfolojik özellikler lokal faktörler olarak sayılmaktadır (Nair ve diğerleri, 1990). Periapikal iyileşme; genel doku direnci ve iyileşme potansiyeli düşük olan bazı sistemik hastalıklarda olumsuz olarak etkilenebilmektedir. Ancak endodontik tedavinin uzun dönem başarısını etkileyen en belirgin faktörün, kök kanal sistemi içerisinde kalan inatçı enfeksiyonlar olduğu düşünülmektedir (Baumgartner ve Falkler, 1991; Evans ve diğerleri, 2002; Katebzadeh ve diğerleri, 2000; Nair ve diğerleri, 1990; Sjögren ve diğerleri, 1997).

Çoğu vakada endodontik tedavi kök kanal sisteminin apikal kısmında persiste mikroorganizmaların varlığından dolayı başarısızlıkla sonuçlanmaktadır (Siqueira, 2001). Çalışmalar kemomekanik preperasyon sırasında kök kanalında dokunulmamış bölgelerin kaldığını göstermiştir (Lin ve diğerleri, 1991; Siqueira ve diğerleri, 1997). Radyografik olarak kök kanal dolgusu yeterli gibi görünse de, dokunulmamış alanlarda bakteri ve nekrotik doku artıkları kalabilmektedir (Nair ve diğerleri, 1990; Lin ve diğerleri, 1991).

İsmuslar, ramifikasyonlar, deltalar, düzensizlikler ve dentin tübülleri gibi alanlara yerleşen bakteriler endodontik dezenfeksiyon prosedürlerinden etkilenmeyebilmektedirler (Lin ve diğerleri, 1991; Love ve Jenkinson, 2002; Siquera ve diğerleri, 1996; Siquera ve Uzeda, 1996). Ramifikasyon ve deltalara yerleşen bakteriler için besin kaynağı kök kanal tedavisinden sonra değişmeden kalabilmektedir. Bununla beraber dentin tübülleri ve ismuslar gibi alanlarda bulunan bakterilerin ciddi biçimde besin kaynağında azalma da meydana gelebilmektedir. Bu gibi anatomik bölgelerde, kök kanal dolgusu içinde gömülü kalan bakteriler genellikle ölmekte veya periradiküler bölgeye girişi engellenmektedir. Bazı bakteri türleri kanal dolgusu içerisine gömülmüş olsalar bile, doku kalıntıları ve ölü hücrelerden besin kaynağı sağlayarak uzun dönem yaşama şansına sahip olabilmektedirler. Eğer kök kanal dolgusu eksik yapılırsa, doku sıvıları sızarak bakterilerin üremesi için besin kaynağı oluşturabilmektedir. Üreyen bakteri yeterli sayıya ya da periradiküler dokulara ulaşır ise, periradiküler dokularda alevlenme meydana gelebilmektedir. Nitekim tedavi edilmiş persistent

periradiküler lezyonlu dişlerde, mikroorganizmaların kök kanal boşluğuna sızan doku sıvılarından beslenmeleriyle canlı mikrobiyal hücrelerin ortaya çıktığı çalışmalarda rapor edilmiştir (Molander ve diğerleri, 1998; Sundqvist ve diğerleri, 1998).

Günümüzde endodontik tedavide görülen başarısızlıkların, ancak geride kalan mikroorganizmaların patojeniteye sahip olmaları, yeterli sayıya ulaşmaları ve periradiküler hastalığı başlatmak veya devam ettirmek için periradiküler dokulara erişebilmeleriyle oluştuğu düşünülmektedir (Siqueira, 2001).

Kök kanal sisteminden mikroorganizmaların eliminasyonuna bağlı olan başarılı bir endodontik tedavi, kök kanallarının biomekanik preperasyonu ile edilmektedir. Ancak çalışmalar mikroorganizmaların tamamen eliminasyonunun neredeyse imkansız olduğunu (Bystrom ve Sundqvist, 1981; Sjögren ve diğerleri, 1990) ve instrumentasyon yapılan kök kanal duvarlarında smear tabakası meydana geldiğini göstermiştir (Mader ve diğerleri, 1984; McComb ve Smith, 1975; Cengiz ve diğerleri, 1990; Violich ve Chandler, 2010).

2.2. Kök Kanal Mikrobiyolojisi:

Mikroorganizmalar; pulpal ve periapikal hastalıkların oluşmasında temel etken olduklarından kök kanal sisteminin enfeksiyonları geçmişten günümüze kadar çok sayıda çalışmayla araştırılmıştır. Enfeksiyon ile mücadele edebilmek için kök kanalı mikroflorasının iyi bilinmesi gerekmektedir. Apikal periodontitis patogeneğinde yer alan mikroorganizmaların kesin olarak tanımlanması, hastalığın seyri ve etkili bir antimikrobiyal tedavi açısından önemlidir (Pinheiro ve diğerleri, 2003a).

Ağız ortamına açık olan kök kanallarından aerob ve ağız florası ile uyumlu çok sayıda mikroorganizma izole edilirken, kapalı kök kanallarından ise anaerob mikroorganizmalar izole edilmektedir (Ando ve Hoshino, 1990). Siqueira (2001), primer kök kanal enfeksiyonu olan dişlerin mikroflorasıyla, başarısız kök kanal tedavisi yapılmış dişlerin floraları arasında da önemli farklılıklar olduğunu rapor etmiştir.

Primer apikal periodontitis mikroflorasında zorunlu anaerobik bakteriler baskın olmakla birlikte, streptokoklar ve laktobasiller gibi bazı fakültatif anaerobik bakteriler de görülmektedir (Fabricius ve diğerleri; 1982; Portenier ve diğerleri, 2003). Primer endodontik vakalarda sıklıkla siyah pigmentli anaerob bakteriler (BPB) izole edilmektedir. Genellikle *Prevotella* ve *Porphyromonas* türlerine rastlanmakta, *Prevotella* türlerinden *P. intermedia* ve *P. nigrescens*, *Porphyromonas* türlerinden ise *P. endodontalis* ve *P. gingivalis* sıklıkla görülmektedir. Bunların yanında *Fusobacterium nucleatum*, *Veillonella parvula*, *Eubacterium* gibi türler de izole edilmiştir (Peciuliene ve diğerleri, 2008).

Kök kanal tedavisi daha önce tamamlanmış ancak başarısız olmuş apikal periodontitisli vakaların mikroflorasında ise anaerobik bakteriler azınlığı oluşturmakta ve daha az sıklıkla izole edilmektedirler (Portenier ve diğerleri, 2003). Molander ve diğerleri (1998), kanal tedavisi tamamlanmış ancak başarısızlıkla sonuçlanan dişlerden ağırlıklı olarak fakültatif anaerobik bakteriler izole etmişlerdir. Sundqvist ve diğerleri ise (1998), başarısız kanal tedavisi yapılmış dişlerin kanal mikroflorasında anaerobların baskın olduğunu, tedavi edilmemiş primer enfeksiyonlu dişlerle benzer mikrofloraya sahip olduklarını bulgulamışlardır. Siqueira (2001), bu sonucu primer enfeksiyona sebep olan mikroorganizmaların, kök kanal sisteminin temizlenmesine rağmen bir kısmının kanal içerisinde kalmasıyla açıklamaktadır.

Genel olarak fakültatif anaeroblar, anaeroblara göre antimikrobiyal ajanlara karşı daha az duyarlı olduklarından, yetersiz kanal tedavisi yapılmış dişlerin kanallarından daha fazla izole edilmesi beklenmektedir. Fakültatif anaeroblar belirli bir dönem düşük metabolik aktivite ile pasif fazda kalırken, koronal sızıntı yolu gibi besinsel koşullar üremelerini tetikleyebilmektedir (Molander ve diğerleri, 1998).

Kök kanal dolgusu yapılmış dişlerin mikroflorası, tedavi edilmemiş enfekte nekrotik dişlere göre daha az bilinmektedir. Nair (2004), bu sonucu kök kanal tedavilerinde başarısızlığın araştırıldığı çalışmalarda, daha çok teknik sebeplere odaklanılmasına bağlamaktadır. Nekrotik kök kanallarında floranın kompozisyonu ve mikroorganizmaların lokalizasyonu, kök kanalındaki oksijen miktarı (redoks

potansiyel), besin kaynaklarının kullanılabilirliği ve erişebilirliği, bakteriyel sinerji ve yarış, konağın savunma sistemi gibi bazı lokal faktörler tarafından etkilenmektedir (Haapasalo ve diğerleri, 2005). Yetersiz aseptik kontrol, dar açılan giriş kaviteleri, atlanan kanallar, yetersiz preperasyon ve geçici veya kalıcı restorasyonların sızdırma yapması gibi sebepler tedavi sonrası enfeksiyonları için kritik rol oynamaktadır.

Kanal tedavisi yapılmış fakat başarısızlıkla sonuçlanan vakalarda sıklıkla *E. faecalis* izole edilmesinin yanında, başka fakültatif ve hatta anaerobik bakteriler de görülebilmekte (Hancock ve diğerleri, 2001; Molander ve diğerleri, 1998; Peciulienė ve diğerleri, 2000; Peciulienė ve diğerleri, 2001; Pinheiro ve diğerleri, 2003b; Siqueira ve Rocas, 2004; Siren ve diğerleri, 1997; Waltimo ve diğerleri, 1997), ek olarak maya benzeri mikroorganizmalar da izole edilmektedir (Nair ve diğerleri, 1990).

Uygun endodontik tedavi yapılmış dişlerin takip randevularında persiste, asemptomatik periapikal radyolüsensilerin görüldüğü kök kanallarında sadece birkaç bakteri türü bulunmuştur (Nair, 2004). Bu vakalarda görülen bakteriler ağırlıklı olarak Gram-pozitif koklar, basiller ve filamentlerdir. Kültür tekniklerinde bu gibi kök kanallarından enterokoklar, *Actinomyces* ve *Propionibacterium* (Fukushima ve diğerleri, 1990; Hancock ve diğerleri, 2001; Happonen, 1986; Molander ve diğerleri, 1998; Pinheiro ve diğerleri, 2003a; Sjögren ve diğerleri, 1988; Sundqvist ve diğerleri, 1998; Sundqvist and Reutervig, 1980), ek olarak peptostreptokoklar, laktobasiller, *Candida*, *Eubacterium alactolyticus*, *Dialister pneumosintes* ve *Filifactor alocis* (Siqueira ve diğerleri, 2004) sıklıkla izole edilmektedir. *Candida* türlerinin endodontide sıklıkla kullanılan bazı medikamanlara karşı dirençli olduğu gösterilmiştir (Waltimo ve diğerleri, 1999).

Enfektif mikroorganizmalar ana kanal içerisinde kaldığı sürece, instrumentasyon ve irrigasyondan direk olarak etkilenebilmektedirler. Fakat birçok durumda bakteriler ana kanaldan dentin tübüllerine, lateral kanallara ve diğer kanal düzensizliklerine penetre olmaktadır. Dentin tübülleri bakteriyel penetrasyon için yeterli genişlikte olup, birçok çalışmada apikal periodontitisli dişlerde % 50-80 oranında dentin invazyonunun gerçekleştiği gösterilmiştir (Nair, 1987; Orstavik ve

Haapasalo, 1990; Peters ve diğerleri, 2000; Peters ve diğerleri, 2001; Valderhaug, 1974). İnvazyon gösteren bakteriler ağırlıklı olarak Gram pozitif fakültatif, anaerobik kok ve basiller olup, Gram negatif türlerin varlığı da rapor edilmiştir (Ando ve Hoshino, 1990; Martin ve diğerleri, 2002; Matsuo ve diğerleri, 2003). İnvazyon, bakterilerin hareketliliğine bağlı değildir, hatta en iyi invazyon gösteren bakterilerin enterokoklar, streptokoklar, *Actinomyces* ve çoğu laktobasiller gibi hareketsiz bakteriler olduğu belirtilmiştir. Buna ek olarak invazyonun kökün en fazla koronal ve orta bölgesinde gerçekleştiği bildirilmiştir (Love, 1996). Ancak kronik apikal periodontitisli dişlerde görülen kök yüzeyi rezorpsiyonu ve buna bağlı olarak sement kaybında dentin ve tüm kök kalınlığı boyunca bakteriyel invazyon kolaylaşabilmektedir (Valderhaug, 1974).

Besin kaynaklarının tipi ve kullanılabilirliği, oksijen miktarı ve bakteriyel etkileşimler gibi ortamda meydana gelen değişiklikler, kök kanal florasının spesifitesini değiştirebilmektedir (Le Goff ve diğerleri, 1997). Kök kanal florasının mikrobiyolojik analizi, apikal periodontitis vakalarında bakteriyel hücrelerin ve türlerin daha fazla miktarda olmasına bağlı olarak daha kolay yapılmaktadır. Prepare edilmiş veya tedavisi tekrarlanmış vakalarda ise, kemomekanik preperasyona bağlı, mikrobiyal hücrelerin dramatik olarak azalması nedeniyle mikrobiyolojik örnek alımı ve kültürü çok daha zor olmaktadır (Peters ve diğerleri, 2002).

Fakültatif anaerob bakterilerin esas enerji kaynağı karbonhidratlardır. Ancak kök kanalının ağız ortamı ile ilişkisi kesildiği zaman karbonhidratların mevcudiyeti azaldığından, fakültatif anaerobların üremesi engellenmektedir. Endojen proteinler ve glikoproteinler; primer endodontik vakalarının kök kanal sistemindeki esas besin kaynaklarıdır. Kök kanalındaki protein kaynağı ise, pulpa dokusunun ayrışması ve enflamatuvar sürece bağlı olarak periapikal dokulardan kanal içerisine akın eden serum benzeri eksudadır. Bu serum benzeri eksudanın bakteriyel metabolizması redoks potansiyelini düşürmekte ve kök kanalı içerisinde pH yükselmesine neden olmaktadır (Marsh, 2003).

Endodontik tedavinin başarısızlığında rol oynayan bakterilerin, tedavi sırasında uygulanan dezenfeksiyon işlemlerine direnç gösterebildiği ve değişen

ortama uyum sağlayabildiği görülmektedir. Konağın savunma sisteminden kaçışta en etkili mekanizmalardan bir tanesi biyofilm içerisindeki mikrobiyal düzendir. Birçok mikroorganizma yüzey bağlantılı mikrobiyal komüniteler olarak bilinen biyofilm oluşturabilmektedir. Biyofilm, organik ya da inorganik substratlara bağlanmış, mikrobiyal ekstraselüler ürünlerle çevrili, intermikrobiyal matriks oluşturan, mikrobiyal topluluk olarak açıklanmaktadır (Costerton ve diğerleri, 1987). Portenier ve diğerleri (2003) biyofilmi, mikroorganizma komünitelerinin yüzeye yapışarak matriks polisakkaritlerinin içerisine gömülmesi ve tabaka oluşturması olarak tanımlamaktadırlar. Oluşan bu matriks, biyofilm hacminin % 85'ini kapsamaktadır (Peciulienė ve diğerleri, 2008). Biyofilm içinde yer alan organize mikroorganizmalar hem antimikrobiyal ajanlara hem de konak savunma sistemine karşı daha fazla direnç göstermektedirler (Costerton ve diğerleri, 1987; Costerton ve diğerleri, 1994; Gilbert ve diğerleri, 1997). Bakteriyel biyofilm inatçı enfeksiyonlara sebebiyet veren esas neden olarak rapor edilmiştir (Chavez de Paz, 2007). Endodontik mikrobiyolojide biyofilm konseptinin başlaması, özellikle inatçı olan kök kanal enfeksiyonlarının anlaşılması için önemli bir adım olmuştur (Peciulienė, 2008). Kök kanalında biyofilm oluşumunun, dokuların bozularak pulpa boşluğuna planktonik oral mikroorganizmaların girmesiyle başlayabileceği bildirilmiştir (Svensäter, 2004). Biyofilm oluşturan oral bakterilerin amoksisilin, doksisisilin ve metronidazola karşı daha dirençli olduğu bulunmuştur (Larsen ve diğerleri, 2002).

Kök kanal tedavisine yanıt vermeyen dişleri inceleyen Tronstad ve diğerleri (1990), bakteriyel biyofilmin apikal foramene komşu bölgede bulunduğunu ve bakteriyel kolonilerin periradiküler granulomaların içerisinde yer aldığını rapor etmişlerdir. Bu bulgular; biyofilm içindeki bakteriyel organizasyonun, konak savunmasından kaçışa olanak sağladığı ve böylelikle periradiküler lezyonların tekrarlamasını kolaylaştırdığını düşündürmektedir (Siqueira, 2001).

Kök kanalları doldurulmuş inatçı periapikal enfeksiyonlu dişlerde yapılan çalışmalarda, % 29 ile % 77 arasında değişen oranlarda enterokok izole edilmiştir (Peciulienė ve diğerleri, 2000; Peciulienė ve diğerleri, 2001; Pinheiro, 2003b; Siqueira ve diğerleri, 2002). Siren ve diğerleri (1997) tedavi seansları arasında

semptomların rahatlatılması için açık bırakılan kök kanallarında *E. faecalis*'in daha fazla miktarda görüldüğünü rapor etmişlerdir. Buna karşın, primer enfeksiyonlu kök kanallarının total mikroflorasının % 5 veya daha az oranını enterokoklar oluşturmaktadır (Hubble ve diğerleri, 2003).

Araştırmalarda kültür ve seyreltme yöntemleri, standart yöntemler olarak kabul edilmektedir. Günümüzde yeni teknolojilerin gelişmesiyle, patojenlerin tanımlanması için mikroskopik, immünolojik deneyler ve moleküler yöntemler de kullanılmaya başlamıştır (Peciulienė ve diğerleri, 2008). Polimeraz zincir reaksiyonu gibi moleküler metodların, daha kolay, hızlı ve daha hassas olması nedeniyle, mikroskopi, kültür ve immünolojik deneylerin yerini alacağı düşünülmüştür. Örneğin çok az üreme koşullarında dahi PCR yöntemi uygulanabilmektedir. Araştırmacılar kültür ve moleküler metodların kendi içlerinde karşılaştırılmaları gerektiğini bildirmektedirler. Nitekim kültür yönteminde colony-forming-units şeklinde canlı bakteri sayıları belirlenirken, moleküler metotta ise nükleotid dizilimi ölçülür ancak canlı mikroorganizma sayısı verilemez (Peciulienė ve diğerleri, 2008). Moleküler metodların dezavantajı mikroorganizmaların canlılığı hakkında bilgi sahibi olunamaması ve başka çalışmalar için veya deneyler için aynı örneklerin kullanılamamasıdır. Kültivasyon kök kanal sisteminde yer alan mikroorganizmaları daha geniş bir biçimde verebilmektedir. Bu yöntemi kullanarak laboratuvar manipülasyonlarında örneklerin kontaminasyonu, mikroorganizmaların canlılığıyla ilgili daha kolay bilgi sahibi olunabilmekte ve kullanılan mikroorganizmalar başka çalışmalar için daha sonra tekrardan kullanılabilir (von Wintzingerode ve diğerleri, 1997). Konvansiyonel kültür yöntemleri kullanılarak tek bir dişten genellikle 3-6 arasında bakteri türü izole edilebilmesi bu yöntemin önemli bir avantajı olarak gösterilmektedir (de Sousa ve diğerleri, 2003; Haapasalo ve diğerleri, 1986; Oguntebi ve diğerleri, 1982; Haapasalo, 1986; Siqueira ve diğerleri, 2001; Siqueira ve Rôças, 2002).

2.2.1. *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*)

Enterokoklar gastrointestinal sistemde, oral kavitede ve vajinada yaygın olarak yaşayan bakterilerdir (Wang ve diğerleri, 2012). Bu mikroorganizmanın, bağışıklık sistemi baskılanmış hastaların oral mukoza lezyonlarında (Wahlin ve

Holm, 1988), periodontitiste (Rams ve diğerleri, 1992) ve kök kanal enfeksiyonlarında (Molander ve diğerleri, 1998; Peciuliene ve diğerleri, 2000; Peciuliene ve diğerleri, 2001; Pinheiro ve diğerleri, 2003a; Pinheiro ve diğerleri, 2003b; Rôças ve diğerleri, 2004; Sundqvist ve diğerleri, 1998; Siqueira ve Rôças, 2004) etkili olduğu gösterilmiştir.

Enterokoklar nekrotik pulpal kök kanallarından izole edilen mikrobiyal türlerin küçük bir kısmını oluştururken (Sundqvist, 1992), başarısız endodontik tedavi yapılmış dişlerin kök kanallarından ise en sık izole edilen türdür. Bu mikroorganizma kök kanal tedavilerinin başarısızlığında genellikle yüksek oranda bulunmakta ve kök kanalında tek mikroorganizma olarak veya floranın majör komponenti olarak yaşayabilmektedir (Stuart ve diğerleri, 2006). İzole edilen bakteri türleri içinde *E. faecalis* en fazla görülen tür olduğundan bakteriyolojik çalışmalar bu bakterinin eliminasyonu üzerine yoğunlaşmıştır.

E. faecalis tedaviye dirençli apikal periodontitisin en çok görülen etkeni olarak kabul edilmektedir (Molander ve diğerleri, 1998; Sundqvist ve diğerleri, 1998).

E. faecalis, sporsuz, bazıları kapsüllü, Gram pozitif fakültatif anaerob bakteridir. Küre veya oval şeklinde olabilir, beyazımsı koloniler oluşturur, 10 °C ile 45 °C arasında yaşayabilir, 60 °C sıcaklığa ve 9.6 pH'ya 30 dakika direnç gösterebilir (Portenier ve diğerleri, 2003). Birçok *streptokok* ve *enterokok* türünün aksine yaygın olarak kullanılan kültür ortamlarında kolayca üretilirler. %5 koyun kanlı agar besiyerinde 0.5-2 mm çapında, S tipinde, sınırları düzgün, yuvarlak koloniler oluştururlar (Franzen ve diğerleri, 2011).

Endodontik tedavinin uzun dönem başarısızlığında önemli olan mikrobiyal faktörler, bakterinin fagositoza karşı in vivo direnç göstermesi ve kök kanal sisteminde değişen ekolojik şartlar içinde sınırlı besin kaynağı ile yaşayabilme özellikleridir (Peciuliene ve diğerleri, 2000). *E. faecalis*'in başarısız kök kanal tedavilerinde yoğun olarak gözlenmesi; yaşamsal ve virulans faktörlerinin fazla oluşu ve diğer mikroorganizmalara oranla dentin tübüllerine daha yoğun invazyon göstererek diğer mikroorganizmaların yaşamalarına olanak bırakmayacak şekilde

ortamdaki besinleri tüketmeleri ile açıklanabilmektedir (Figdor ve diğerleri, 2003). Kötü doldurulmuş kök kanallarında diğer enterokoklar arasında *E. faecalis*'in üstünlüğü, ekolojik rekabetteki gücünden veya ağız kavitesindeki en sık elde edilen enterokok türü olmasından kaynaklanmaktadır (Peciuliene ve diğerleri, 2001). *E. faecalis*'in virülans faktörleri olan hemolizin, jelatinaz ve enterokok agregasyon substratları (EAS), bakterinin patogeneğinde önemli rol oynamaktadır (Elsner ve diğerleri, 2000). Ancak *E. faecalis*'in kök kanalı içerisinde hangi mekanizma yolu ile persistan mikroorganizma olarak kaldığı bilinmemektedir (Distel ve diğerleri, 2002).

E. faecalis intra- ve ekstraradikular biyofilm üreterek, kontrolü çok daha zor hale getirmektedir (Distel ve diğerleri, 2002; Noiri ve diğerleri, 2002; Spratt ve diğerleri, 2001). *E. faecalis* aerobik olarak besinden zengin bir ortamda yetişirse, makro yapısının boyutu 500'den 1000 milimetreye kadar değişen düzensiz şekilli, sınırları belli olmayan bir biyofilm oluşturmaktadır (George ve diğerleri, 2005). *E. faecalis* kök kanal duvarlarına yapışıp birikerek, biyofilm içerisinde organize komüniteler oluşturmakta, böylelikle fagositoz, antikör ve antimikrobiyalere karşı, biyofilm üretmeyen organizmalara göre 1000 kat daha fazla dirençli olmalarını sağlayıp yıkımı engellemekte (Liu ve diğerleri, 2010) ve yeterli besin kaynağına sahip olana kadar uzun süre açlığa dayanarak, açlıktan ölmüş hücrelerin serumunu besin kaynağı olarak kullanarak yenilenmektedir (Figdor ve diğerleri, 2003).

E. faecalis'in dentin tübülleri içerisinde nasıl bir mekanizma ile yaşadığının ve dentin tübülleri içerisine penetrasyonunu nasıl sağladığının araştırıldığı bir çalışmada, *E. faecalis* hücrelerinin canlı kaldığı ve dentin tübülleri içerisine invaze olmaya devam ederek insan serumunda var olan kollajene yapıştığı gösterilmiştir (Love, 2001).

E. faecalis'in kök kanal sistemine ne zaman invazyon gösterdiğiyle ilgili olarak birkaç teori düşünülmektedir. Bir görüşe göre *E. faecalis*'in tedavi edilmemiş kanallarda var olduğu ancak farkedilmeyecek kadar az sayıda bulunduğu ileri sürülmüş, kök kanal ortamında meydana gelen değişikliklere bağlı olarak bu mikroorganizmanın büyüüp farkedilecek boyutlara ulaştığı bildirilmiştir (Peciuliene ve diğerleri, 2008). Kök kanal dolgusu yapılmış kanallarda *E.*

faecalis'in yüksek oranda görülmesiyle ilgili diğer bir görüş ise, *E. faecalis*'in tedavi sırasında veya tedavi seansları arasında kanala girdiği yönündedir (Portenier ve diğerleri, 2003).

E. faecalis virülansı, intrakanal medikamanlara karşı dirençli olmasına (Bystrom ve Sundqvist, 1985; Haapasalo ve Orstavik, 1987, Orstavik ve Haapasalo, 1990), uzun süre besin olmadan hayatta kalmasına (Figdor ve diğerleri, 2003) ve kök kanallarında başka bakterilerin sinerjik desteği olmadan yaşayabilmesine (Fabricius ve diğerleri, 1982) bağlanabilmektedir. *E. faecalis*'in dentin tübülleri içerisinde kök kanal duvarlarından itibaren 800-1000 µm'ye kadar penetre olabildiği gösterildiğinden, (Haapasalo ve Orstavik, 1987) günümüzde kullanılan kemomekanik preperasyonlarla tüm kök kanal sisteminden elimine etmek oldukça zordur (Vivacqua-Gomes ve diğerleri, 2005; Love, 2001).

Enfekte ancak tedavi edilmemiş dişlerde çok nadir görülen ve birçok bakteri için ölümcül olabilecek ortamlarda yaşayabilen *E. faecalis*, intrakanal medikamanların birçoğuna, muhtemelen kanal içerisindeki yüksek pH'yı etkili proton pompası sayesinde regüle edebilmesi nedeniyle özellikle de kalsiyum hidroksit içeren patlara karşı dirençlidir (Byström ve diğerleri, 1985; Peciuliene ve diğerleri, 2008). Evans ve diğerleri (2002), *E. faecalis*'in alkalın tolerans mekanizmasını, fonksiyon gören hücre duvarına ait proton pompası ile hücreye proton pompalayarak sitoplazmayı aside dönüştürmesi olarak açıklamışlardır.

Sundqvist ve diğerleri (1998), her kanalda ortalama 1.3 bakteri türü bulmuş ve elde edilen türlerin % 42'sini anaerobik bakteri olarak kaydetmişlerdir. Araştırmacılar, *E. faecalis*'i kök kanal tedavisi yapılmış apikal periodontitisli dişlerde % 38 oranında bulmuştur. Yapılan diğer çalışmalarda ise bu mikroorganizma başarısız endodontik tedavili dişlerin yaklaşık % 50'sinde izole edilmiştir (Molander ve diğerleri, 1998; Pinheiro ve diğerleri, 2003a; Pinheiro ve diğerleri, 2003b). Roças ve diğerleri (2004), *E. faecalis*'in birincil endodontik enfeksiyonlarda % 4-40 oranında, inatçı periapikal lezyonlarda ise daha yüksek oranda bulunduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılara göre bu mikroorganizmanın inatçı periapikal lezyonlarda bulunma ihtimali birincil enfeksiyonlarda bulunma ihtimaline göre 9 kat daha fazladır.

E. faecalis'in eliminasyonunda günümüze kadar sodyum hipoklorit ve klorheksidin gibi irriganların yararlı antimikrobiyal etkileri olduğu gösterilmiştir ancak bu ajanların bütün mikroorganizmalara ulaşabilme olanakları sınırlı olduğundan lateral kanallarda persiste enfeksiyon olarak kalabilmektedir (Gordon ve diğerleri, 2007). Sodyum hipoklorit ve klorheksidinin *E. faecalis*'e karşı in vitro koşullarda etkili olduğu kanıtlanmış, ancak dentin kanallarına invaze olan bakteri varlığının etkinliklerini azalttıkları bildirilmiştir (D'Arcangelo ve diğerleri, 1999; Sassone ve diğerleri, 2003).

2.2.2. *Candida albicans* (*C. albicans*)

Morfolojik olarak tek hücreli, küre, oval veya silindirik, 2-8 x 3-15 µm boyutlarında mikroorganizmalar olup, tomurcuklanarak çoğalırlar. *Candida* cinsi mantarlar bifaziktir. Diğer *Candida* 'lar gibi konağa girmeden önce maya fazındadır, buna Y fazı (yeast phase, saprofit fazı) denir. Konak dokuya temas ettikten bir süre sonra psödemiselyum geliştirerek hastalık yapan fazına, yani M fazına (Mycelial phase, hyphal phase) geçerler. *C. albicans*'ın hücre duvarında üç önemli yapı yer alır: β-glukan, kitin ve mannoproteinler (Sen ve diğerleri, 1995). Bu maddelerin hepsi kuvvetli antijeniktir. *Candida* türleri insanda doku invazyonu, hipersensitivite reaksiyonu ya da güçlü *Candida* toksinleri yaparak hastalık oluşturmaktadırlar (Farber ve Seltzer, 1988; Klotz ve diğerleri, 1993).

Candida cinsi mantarlar, *Cryptococcaceae* familyasından olup 30'dan fazla türü tarif edilmiştir. *C. albicans* dışında *C. tropicalis*, *C. stellatoidea*, *C. pseudotropicalis*, *C. viswanathii*, *C. parapsilosis*, *C. guilliermondi* ve *C. krusei* diğer önemli *Candida* 'lardan bazılarıdır (Aydın, 2004, s. 1109).

C. albicans'ın izolasyonu sorunsuzdur. İçerisinde antifungal bulunmayan neredeyse her besiyerde üreyebilirler. En kolay Sabouraud's agarda, mısır unlu agarda, patatesli nişastalı dekstroza agarda ürerler. 37⁰ C'de 1-4 gün inkübasyonu takiben tipik koloniler ortaya çıkar. Koloniler düzgün, grimsi beyaz, nemli görünümlü, yumuşaktır ve peynir kokuludur (Aydın, 2004, s. 1110).

Mayalar insanlarda, hayvanlarda, meyvelerde, sebzelerde ve diğer bitki türlerinde olmak üzere çevrede sıklıkla bulunurlar. Bazı mayalar insanlarda

herhangi belirti vermeden normal olarak yaşayabilmektedir. Mayaların zararsız komensallardan zararlı patojenlere dönüşmesi birçok faktöre bağlıdır. Konaktaki lokal ve sistemik faktörler enfeksiyonlara yatkınlık kazandırdığından önem taşımaktadır. Bağışıklık sistemi baskılanmış konaklarda diyabet, habis tümör, kanser ya da AIDS gibi hastalıkların bulunması sistemik faktörleri oluşturmaktadır (Damm ve diğerleri, 1988; Jobbins ve diğerleri, 1992; Lamey ve diğerleri, 1988).

Lokal ve sistemik antibiyotiklerin, immuno-süpresif ve kemoterapi gibi ilaçların alınması, intrakanal medikamanların kullanımı ve önceden yapılmış kök kanal tedavileri kök kanallarında mayaların kolonizasyonuna yatkınlık kazandırmaktadır (Dixon ve diğerleri, 1996; Matusow, 1981; Siren ve diğerleri, 1997, Sundqvist ve diğerleri, 1998).

Dimorfik bir maya olan *C. albicans*, ihtiyaç duyduğu zaman hiften mayaya ya da mayadan hife dönüşerek çevresel değişikliklere kolayca adapte olabilmektedir (Siqueira ve Sen, 2004). Ek olarak, diğer mikroorganizmalar ile bir arada bulunması, kök kanal içerisinde yaşama şansını yüksek oranda arttırmaktadır (Ferrari ve diğerleri, 2005).

Mayalar nadiren primer kök kanal enfeksiyonlarında bulunabilir, ancak kök kanal tedavisi yapılmış fakat başarısız olmuş dişlerde daha sık izole edilmektedir (Siqueira ve Sen, 2004). 1-6 µm çapında olan mayaların, dentin tübüllerine penetre olabildiği (Fidel ve diğerleri, 1999; Sevilla ve Odds, 1986; Waltimo ve diğerleri, 1997) ve yaklaşık olarak 150 µm derine yerleşebildiği (Sen ve diğerleri, 1995) gösterilmiştir. Böylelikle intrakanal dezenfeksiyon işlemlerinin etkilerinden korunabilmekte ve persiste kök kanal enfeksiyonlarında önemli bir rol oynamaktadır (Siqueira ve Sen, 2004).

Mikrobiyolojik (Waltimo ve diğerleri, 1997) ve korelatif elektron mikroskobu (Nair ve diğerleri, 1990) çalışmalarında apikal periodontitis problemi devam eden kanal tedavisi tamamlanmış dişlerde maya varlığı gösterilmiştir. *C. albicans* ise apikal periodontitisli kök kanal dolgusu yapılmış dişlerde en sık izole edilen mantardır (Molander ve diğerleri, 1998; Sundqvist ve diğerleri, 1998; Waltimo ve diğerleri, 1997). Dentin tübülleri, derin çürük lezyonları ve kırıklar

yoluyla ya da kök kanal tedavisi sırasında oral mikrofloradan kontamine olarak pulpaya girmektedirler (Sen ve diğerleri, 1997; Waltimo ve diğerleri, 1997). Virulans faktörlerin değişkenliği sayesinde *C. albicans* dentine tutunabilmekte ve hatta penetre olabilmektedir. Enfekte kök kanallarında mantarların bulunma oranı % 1 ile % 17 arasında değişiklik göstermektedir (Baumgartner ve diğerleri, 2000).

C. albicans'ın bilhassa noninvaziv olanlarının biyofilm oluşturma özellikleri, hem diğer *Candida*'lara hem de invaziv *C. albicans* türlerine göre daha fazladır. *Candida* içeren bir biyofilmde, en alt tabakadaki *C. albicans* hücreleri blastospor geliştirerek altındaki konak dokuya penetre olurlar. Böylece hem dışardan gelebilecek antifungal müdahalelerden korunurlar, hem de konak dokudaki enfeksiyonu sistematize edecek bir mimari geliştirirler (Aydın, 2004, s. 1114).

C. albicans tek başına kök kanalı patojeni değildir, ancak kök kanalında biyofilm oluşturarak tedaviyi zor hale getirirler (Aydın, 2004, s. 1120). Klinik olarak *Candida* türlerinin kalsiyum hidroksite karşı oldukça dirençli olduğu (Waltimo ve diğerleri, 1997), buna ek olarak *C. albicans* ve diğer bazı *Candida* türlerinin kalsiyum hidroksite karşı *E. faecalis*'ten daha dirençli olduğu rapor edilmiştir (Waltimo ve diğerleri, 1999). Kalsiyum hidroksite karşı direncinin olması, yan kanallara ve dentin tübüllerine penetre olabilmesi, persiste apikal periodontitis mikroflorasında *Candida* türlerinin bulunmasına neden olarak gösterilmektedir (Fukushima ve diğerleri, 1990; Sen ve diğerleri, 1997; Waltimo ve diğerleri, 1997).

C. albicans farklı yüzeylerde biyofilm oluşturabildiği için, *C. glabrata*, *C. tropicalis*, *C. parapsilosis* gibi daha az biyofilm oluşturabilen diğer *Candida* türlerine göre daha patojenik olarak nitelendirilmektedir (Haynes, 2001). Donlan ve Costerton'a (2002) göre biyofilm, eksopolimetrik matriks içeren ve belirgin fenotipik özellikler gösteren mikroorganizma topluluğunun yüzeye geriye dönüşümsüz olarak yapışması olarak açıklanmaktadır (Donlan ve Costerton, 2002).

Thigmotropism (temas duyusu) *Candida* türlerinin iyi bilinen bir özelliğidir, bilhassa *C. albicans*'ın dokuların yüzeylerinde büyüebilmesi için bir adaptasyon

mekanizmasıdır (Sen ve diğerleri, 1997; Sherwood ve diğerleri, 1992). *C. albicans* bu özelliği ile ‘dentinofilik’ mikroorganizma olarak değerlendirilmekte, böylelikle dentine invaziv bir afinite göstermektedir (Sen ve diğerleri, 1997). Dentinde smear tabakası var olduğu zaman *Candida*’nın farklı formlarından oluşan kalın biyofilm tabakası oluştuğu, tam tersi olarak smear tabakasının olmadığı durumlarda ise biyofilmin oluşmadığı, belirgin fakat ayrı ayrı koloniler meydana geldiği bildirilmektedir (Sen ve diğerleri, 1997). Ayrıca smear tabakası olduğu zaman *C. albicans*’ın dentine adezyonunun arttığı saptanmıştır (Sen ve diğerleri, 2003).

2.3. Kanal İrrigasyonu ve Kimyasal Temizleme:

Mekanik preperasyon kök kanalının dezenfeksiyonunda temel uygulamadır. Ancak, mikroorganizmaların bu işlemlerle tamamıyla yok edilmesi mümkün değildir (Byström ve Sundqvist, 1981). Kanalların karmaşık anatomileri ve sergiledikleri düzensiz yapı nedeniyle kanal aletlerinin tüm kanal duvarlarına temas ettirilememesi ve dolayısı ile enfekte yapıların tamamen uzaklaştırılamaması, bu durumun ana nedenidir. Oval şekilli kanallarda, apikal kök duvarlarının sadece % 40’ının kanal aletleriyle temizlenebildiği gösterilmiştir (Wu ve diğerleri, 2003). Doku artıkları, mikroorganizmalar ve ürünlerini barındıran lateral ve aksesuar kanallar, kanal dolgu materyalinin tam adaptasyonunu engellemekte ve periradiküler enflamasyonun kalıcı olmasına neden olmaktadır. Ayrıca, kanal içerisinde bırakılan doku artıklarının mikroorganizmalar için besin kaynağı işlevi gördüğü ve dolgu materyallerinin antibakteriyel etkinliklerini baskıladığı düşünülmektedir (Mohammadi ve Abbott, 2009). İrrigasyon işlemi, kanal aletlerinin ulaşamadığı bu bölgelerde temizlemeyi mümkün kılması nedeniyle kök kanal tedavisinin önemli bir parçasıdır (van der Sluis ve diğerleri, 2007).

İrrigasyonun amacı, mekanik temizlemeyle giderilemeyen pulpa artıklarının, mikroorganizmaların ve şekillendirme işlemi sonucu ortaya çıkan smear tabakası ile debrisin uzaklaştırılmasıdır. Etkinliği, kullanılan irrigasyon solüsyonunun etki mekanizmasına, uzaklaştırılacak yapılarla temas ettirmeye ve kanalları yıkama miktarına bağlıdır (Lee ve diğerleri, 2004; van der Sluis ve diğerleri, 2007). Ancak irrigasyon solüsyonlarının dezavantajı, mikroorganizmaların bulunduğu dentin tübüllerinin derin kısımlarına penetre olamamasıdır (Berutti ve

diğerleri, 1997). Patojen mikroorganizmalar kök dentininin 1 mm'den fazla derinliğine penetre olurken, dezenfeksiyon solüsyonları ise sadece 100 µm derinliğe ulaşabilmektedir (Drake ve diğerleri, 1994; Wu ve diğerleri, 2001).

Oguntebi (1994), günümüzde sıklıkla kullanılan intrakanal medikamanlarının sınırlı antibakteriyel spektruma sahip olduğunu ve bazılarının da dentin tübülleri içerisine yeterince nüfuz edemediğini belirtmektedir. Hazırladığı derlemede, kök kanal sisteminden mikroorganizmaları elimine etmek için geliştirilecek yeni stratejilerde, etkenlerin dentin tübülleriye penetre olmaları ve mikroorganizmaları elimine etmeleri gerektiğini belirtmektedir (Oguntebi, 1994).

2.3.1. Kullanılan İrrigasyon Solüsyonlarının Sahip Olması Gereken Özellikler:

Kök kanal tedavisi sürecinde, artık doku ve nekrotik materyalin uzaklaştırılması, kanalların temizlenerek mikroorganizmalarından arındırılması tedavinin başarısı açısından son derece önemlidir. Bu bağlamda kök kanallarının temizlenip şekillendirilmesinde genişletme için aletlerin kullanımı yanında, işlemin tamamlayıcı bir bölümü olarak etkili bir yıkamanın da yapılması gerekmektedir (Alaçam, 2012, s. 529). Kök kanal tedavisi sırasında kullanılacak irrigasyon solüsyonlarından beklenen hedefler şöyle sıralanabilir (Haapasalo ve diğerleri, 2010; Kovac ve Kovac, 2011);

- Kanal içindeki organik (dentin kolajeni, pulpa dokusu, biyofilm ve inorganik dentin) dokuları çözerek uzaklaştırması.
- Kanal preperasyonu sırasında; kanal dentini yüzeyini kayganlaştırarak, kök kanal aletlerinin sürtünme direncini azaltması ve kesme etkinliklerini arttırması.
- Diş yapısını zayıflatmaması.
- Biyofilm dahil, kanallarda yer alan tüm bakteri ve mayaları elimine etmesi.
- Mekanik temizleme ile kök kanallarının ulaşılmayan bölgelerini temizlemesi.
- Kök kanalında kullanılan dezenfektanların etkisini arttırması.
- Kanal periferine penetre olması.

Kök kanallarında bulunabilen tüm artıkların temizlenmesi amacıyla çeşitli irrigasyon yöntemleri ve kimyasal maddeler önerilmiştir. Kök kanal sisteminin etkili bir şekilde dezenfekte edilebilmesi için kullanılacak ideal bir irrigasyon solüsyonunda bulunması gereken temel özellikler konuyla ilgili çalışan araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (Alaçam, 2012, s. 530; Torabinejad ve diğerleri, 2002; Zehnder, 2006).

- Smear tabakasını bütünüyle kaldırabilmelidir.
- Dentin ve dentin tübüllerini dezenfekte etmeli ve kullanım sonrası dezenfektan etkisini sürdürebilmelidir.
- Biyofilm içerisinde organize olan anaerob ve fakültatif mikroorganizmalara karşı etkili olmalı ve güçlü antimikrobik etki göstermelidir.
- Lubrikant özellik göstererek aletlerin kayarak ilerlemelerini kolaylaştırmalıdır.
- Düşük yüzey gerilimi göstermelidir. Bu özelliğe sahip bir irrigasyon kök kanal aletlerinin ulaşamayacağı yerlere erişerek etkili olacaktır.
- Nekrotik pulpa doku artıkları ve debrisleri eritebilmeli ve temizlenmelerini kolaylaştırmalıdır.
- Düşük toksisite göstererek periradiküler dokulara iritan olmamalıdır.
- Dişi çevreleyen doku hücreleri üzerinde antijenik, toksik veya karsinojenik etkileri olmamalıdır.
- Endotoksinleri etkisiz hale getirebilmelidir.
- Dolgu materyallerinin adaptasyonunu bozmamalıdır.
- Kanalda kolay nötralize olarak etkinliğini kaybetmemelidir.
- Dişte renklenmeye sebebiyet vermemelidir.
- Kullanımı kolay olmalı ve kullanıcıya zarar vermemelidir.
- Raf ömrü uzun ve saklama kolaylığı olmalıdır.
- Tadı ve kokusu kabul edilebilir ve maliyeti düşük olmalıdır.

Bakterilerin biyofilm oluşturmasının ardından, antimikrobiyal ajanlara karşı yüksek direnç gösterdiği ve zor şartlar altında dahi yaşamlarını sürdürebildiği, buna ek olarak biyofilm yoluyla oluşan enfeksiyonların çözülmesinde immün sistemin yetersiz kaldığı ve bu biyofilm içerisindeki bakterilerin lokal veya sistemik antibiyotikler ile tedavi edilmesinin zor olduğu bilinmektedir (Kishen ve diğerleri, 2008). Bu nedenle, irrigasyon işleminde kullanılacak antibakteriyel ajan, mikroorganizmalara karşı etkili olmalı ve enfekte olan bölgeye penetre olarak bakteriyel çoğalmayı baskılamalı veya yok etmelidir (Haapasalo ve diğerleri, 2005).

İdeal bir irrigasyon solüsyonundan beklenen bir diğer özellik de, smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkili olmasıdır. Kök kanallarının mekanik preperasyonu endodontik tedavinin en önemli aşamalarından bir tanesidir. Günümüzde bu işlemler için el aletleri, sonik ve ultrasonik aletler kullanılmaktadır. El aletleri ile yapılan şekillendirme sonucunda kanal duvarlarında smear tabakasının oluştuğu, el aletlerinin kanal duvarlarında oluklar meydana getirdiği ve bazı bölgelerde pulpa artıklarının kaldığı bildirilmiştir (Alaçam, 2012, s. 531). Smear tabakası 2003 yılında Amerikan Endodonti Birliği tarafından; dentin parçacıkları, canlı veya nekrotik pulpa dokusu artıkları, mikroorganizmalar ve artık irriganları içeren, el veya döner alet sistemleri ile yapılan enstrümantasyon sonrasında ortaya çıkan dentin üzerinde birikmiş yüzey debris filmi olarak tanımlanmıştır (Yang ve diğerleri, 2008). Smear tabakası, kök kanal duvarlarında yaklaşık olarak 1-2 μm kalınlığında yüzeysel bir tabakadan ve dentin tübüllerinde 40 μm 'ye kadar ilerleyebilen daha derin bir katmandan oluşmaktadır (Mader, 1984). Bu tabaka mikroorganizma ve nekrotik debrislerin de yer aldığı inorganik ve organik madde içermektedir (Torabinejad, 2002). Smear tabakasının morfolojik özellikleri, fizyolojisi, patolojisi, mikrobiyolojisi, dolgu maddelerinin üzerine etkisi ve kaldırılması veya fiksasyonu üzerine çok sayıda çalışma yapılmasına rağmen, günümüzde smear tabakasının kaldırılmasının tedavinin başarısını olumlu yönde etkileyeceği konusunda tam bir fikir birliği yoktur. Bazı yazarlar smear tabakasının dentin tübüllerini tıkayarak ve dentin permeabilitesini değiştirerek bakteriyel veya toksin penetrasyonunu sınırladığını belirtmektedir (Michelich ve diğerleri, 1980; Pashley ve diğerleri, 1981; Safavi ve diğerleri, 1990). Ancak bakterilerin

enstrumantasyonun ardından smear tabakası ve dentin tübülleri içerisinde kalarak çoğalabileceği gösterilmiştir. Ayrıca, smear tabakasının tam bir bariyer özelliği sergileyemediği, bakterilerin bu tabakayı aşarak dentin tübüllerine penetre olabildiği de bilinmektedir (Meryon ve Brook, 1990; Williams ve Goldman, 1985).

Diğer görüş ise, gevşek yapışkan bir yapısı olan smear tabakasının, bakteriler için bir sığınak ve sızıntı için bir yol oluşturabilmesi nedeniyle kök kanal duvarlarından tamamen kaldırılması gerektiğini savunmaktadır (Cameron, 1987; Mader ve diğerleri, 1984; Meryon ve Brook, 1990; Drake ve diğerleri, 1994). Haapasalo ve Orstavik (1987), smear tabakasının intrakanal dezenfektan maddelerin etkinliğini engelleyerek dentin tübülleri içerisinde yer alan bakterileri koruyabildiklerini bildirmişlerdir. Bunun yanında smear tabakası intrakanal medikamanların dentin tübüllerine penetrasyonunu engelleyerek dezenfeksiyon işlemlerinin etkinliğini de sınırlandırabilmektedir (Violich ve Chandler, 2010).

Smear tabakasının kaldırılması gerektiğini savunan araştırmacılar şu noktalara dikkat çekmiştir (Violich ve Chandler, 2010);

- Büyük bir oranda su içermesi nedeniyle kalınlığı ve hacmi tahmin edilememektedir (Cergneux ve diğerleri, 1987).
- Bakteri, bakteri yan ürünü ve nekrotik doku içermektedir (Yamada ve diğerleri, 1983). Bakteriler çoğalıp dentin tübülleri içerisine prolifer olabilmektedir (Meryon ve Brook, 1990).
- Bakteriler için substrat görevi görerek, dentin tübüllerinin derin noktalarına penetrasyonlarını sağlamaktadır (George ve diğerleri, 2005).
- Dezenfektan ajanlarının optimum penetrasyonunu sınırlandırmaktadır (Yamada ve diğerleri, 1983).
- Dolgu materyalleri ve kök kanal duvarları arasında bariyer görevi görerek, tatmin edici bir kanal dolumuna engel olmaktadır (Yang ve Bae, 2002).

- Gevşek bağlanmış bir yapı olup, sızıntı ve bakteriyel atıklar için kök kanal dolgusuyla dentin duvarları arasında bir pasaj oluşturabilmektedir (Cameron, 1983).

Shahravan ve diğerlerinin (2007) sistematik derleme ve meta-analiz yayınlarında, ex vivo olarak kök kanal dolgusu yapılmış dişlerde smear tabakasının kaldırılmasıyla sızıntı miktarında azalma olup olmadığı araştırılmıştır. 26 uygun makaleyle 65 karşılaştırma yapılmış, karşılaştırmaların % 54'ü istatistiksel farklılık olmadığını göstermiş, % 41 smear tabakanın kaldırılmasıyla olumlu sonuç vermiş, % 5 de smear tabakaya dokunulmamasının daha avantajlı olacağını bildirmiştir. Çalışmanın sonunda smear tabakasının kaldırmasıyla kök kanal sistemi ve kanal dolgu adaptasyonunun daha iyi olduğu bildirilmiştir. Bunun yanında dolum tekniği ya da kullanılan dolgu materyalinin tipinin anlamlı sonuçlar vermediği belirtilmiştir.

İrrigasyon solüsyonlarının etkinliklerinin değerlendirilmesinde antimikrobiyal özelliklerine ilave olarak smear tabakasını kaldırarak enfekte dentin tübüllerine penetre olabilmeleri de önemlidir. Bununla beraber güncel klinik kullanımda tek başına hemen hiçbir solüsyonun istenilen tüm özellikleri bir arada taşımadığı bilinmektedir. Sodyum hipoklorit güçlü bir doku çözücü olduğu ve kök kanalının mekanik preperasyonu esnasında ortaya çıkan yüzeyel debrisini temizleyebildiği halde, oluşan smear tabakasını uzaklaştıramamaktadır (Baumgartner ve Cuenin, 1992; Orstavik ve Haapasalo, 1990; Haapasalo, 2010).

Lazerler ana kanaldan hücreleri buharlaştırmada, smear tabakayı kaldırmada ve kök kanallarının apikal kısmında kalan rezidüel dokuların eliminasyonunda kullanılabilmektedir (Takeda ve diğerleri, 1998a; Takeda ve diğerleri, 1998b; Takeda ve diğerleri, 1999). Lazerlerin etkinliği, güç seviyesi, maruz kalma süresi, ışının dokulardaki absorpsiyonu, kök kanalının geometrisi ve hedef ile uç arasındaki mesafe gibi birçok faktöre bağlı olabilmektedir (Dederich ve diğerleri, 1984; Moshonov ve diğerleri, 1995; Önal ve diğerleri, 1993; Tewfik ve diğerleri, 1993).

Dederich ve diğerleri (1984), neodymium-yttrium-aluminium-garnet (Nd:YAG) lazeri kullanmış ve hiçbir değişiklik yok/smear tabakasının bozulması/dentinin eriyip rekristalizasyonu gibi çeşitli sonuçlar rapor etmişlerdir. CO₂ lazer (Önal ve diğerleri, 1993), argon lazer (Moshonov ve diğerleri, 1995; Harashima ve diğerleri, 1998) gibi çeşitli lazerlerle yapılmış birçok çalışmada, benzer dentin bozulmaları görülmüştür. Takeda ve diğerleri (1998a, 1998b, 1999), erbium-yttrium-aluminium-garnet (Er:YAG) lazeri kullanarak erime, karbonlaşma veya rekristalizasyon olmadan smear tabakasının kalktığını göstermişlerdir. Kimura ve diğerleri (2000) ise, Er:YAG lazerle smear tabakasının kalktığını göstermelerine rağmen, peritübüler dentinin yıkıma uğradığını belirtmişlerdir. Lazer kullanarak smear tabakasının kaldırılmasında en büyük zorluk, dar kanallarda geniş çaplı lazer uçlarının kullanılmasıdır.

2.3.2. Endodontik Tedavide Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları:

Günümüzde endodonti pratiğinde kullanılan irrigasyon solüsyonları sodyum hipoklorit (NaOCl), klorheksidin diglukonat (Chx), sitrik asit, MTAD (tetracycline isomer, asit ve deterjan karışımı), serum fizyolojik, hidrojen peroksit, üre peroksit, iodin potasyum iodid gibi antibakteriyel ajanlarla, EDTA içeren şelasyon ajanlarıdır (Alaçam, 2012, s. 533-562; Haapasalo ve diğerleri, 2005; Haapasalo ve diğerleri, 2010).

2.3.2.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)

1915’li yıllardan beridir yaraların yıkanmasında (Dakin, 1915) ve 1920’li yılların başından günümüze kadar da endodontik irrigasyon solüsyonu olarak kullanılan NaOCl (Crane, 1920), tüm dünyada sıkça başvurulan bir dezenfeksiyon maddesidir.

Organik artıklara karşı iyi bir çözücü etki göstermesi, antiseptik olması, düşük yüzey gerilimi nedeniyle dentin duvarlarına kolayca nüfuz edebilmesi, kolay bulunması, ucuz ve makul bir raf ömrünün olması sodyum hipokloridi en çok tercih edilen irrigasyon solüsyonu yapmıştır (Alaçam, 2012, s. 547).

Solüsyon antimikrobiyal etkisini hücre proteinlerini oksitleyerek ve hidrolize ederek gösterir ve hipertonicliği nedeniyle ozmotik olarak hücrelerin sıvılarını çeker (Pashley ve diğerleri, 1985).

NaOCl güçlü bir antimikrobiyal ajandır, direk temas ettiği çoğu bakteriyi öldürmektedir. Bunun yanında dentinin temel organik bileşenleri olan pulpa artıkları ve kollajenleri etkili bir şekilde çözmektedir (Haapasalo ve diğerleri, 2010). Kullanılan kök kanal irriganları içinde, nekrotik ve vital dokuları çözen tek irrigandır. NaOCl içerisindeki serbest klorin, proteinleri amino asitlere ayırarak vital ve nekrotik dokuları çözebilmektedir (Johnson ve Noblett, 2009). Aynı zamanda geniş bakteri spektrumuna karşı etkili bir ajan olduğu gösterilmiştir (Senia ve diğerleri, 1975). Endodontik irrigan olarak, bakterisidal ve virüsaldır (Best ve diğerleri, 1994).

NaOCl smear tabakasını tek başına kaldıramamasına rağmen, smear tabakasının organik kısmını etkilemekte, böylelikle EDTA veya sitrik asit (SA) irrigasyonu ile birlikte bütünüyle ortadan kalkmaktadır (Baumgartner ve Mader, 1987; De-Deus ve diğerleri, 2006; Violich ve Chandler, 2010).

Bunların yanında birtakım dezavantajları da mevcuttur. Takriben 11-12 pH değerine sahip, alkaline özellikte bir irrigandır (Hülsmann ve Hahn, 2000). Sitotoksitesine bağlı olarak keratinize epitel dışında bütün yaşayan dokulara zarar vermektedir (Clarkson ve Moule, 1998). % 5.25'lik NaOCl'in HeLa hücrelerine, insan fibroblastlarına ve lenfositlere karşı toksik olduğunu bildiren çalışmalar mevcuttur (Pashley ve diğerleri, 1985; Reeh ve Messer, 1989; Sabala ve Powell, 1989). Ayrıca NaOCl'in bu konsantrasyonunun endotel hücrelerinde hasar yarattığı ve nötrofil migrasyonuna engel olduğu, yüksek konsantrasyonlarda kullanıldığında submukozal hemorajiler oluşturduğu ve kolajende bazofilik dejenerasyonlar meydana getirdiği belirtilmiştir (Pashley ve diğerleri, 1985; Reeh ve Messer, 1989; Sabala ve Powell, 1989). Aynı zamanda vital dokular üzerinde toksik etkisi olduğu, hemoliz, deri ülseri ve nekrozu gibi yan etkilerle karşılaşılabilirdiği bildirilmiştir (Hülsmann ve Hahn, 2000; Pashley ve diğerleri, 1985; Serper ve diğerleri, 2004).

NaOCl, çok kötü bir tada ve kokuya sahip olmasının yanında, metalleri korozyona uğratabilmekte, hekimin ve hastanın kıyafetlerine zarar verebilmektedir (Gomes ve diğerleri, 2001). Kök kanal irrigasyonu sırasında irrigasyon solüsyonunun hastanın ya da hekimin gözüne sıçraması, irrigasyon sırasında apikal foramenlerden taşılması ya da amfizem ve irrigana karşı alerjik reaksiyonlar oluşturmaları gibi çeşitli kazalar literatürde yer almaktadır (Hülsmann ve Hahn, 2000).

Bütün bakterileri elimine edememesinin yanında (Shabahang ve diğerleri, 2003; Shuping ve diğerleri, 2000; Siqueira ve diğerleri, 1997; Sjögren ve diğerleri, 1997), smear tabakasını ortadan kaldıramamakta (McComb ve Smith, 1975) ve dentinin yapısını da değiştirmektedir (Grigoratos ve diğerleri, 2001; Sim ve diğerleri, 2001). Yapılan in vitro çalışmalarda dentinin uzun dönem yüksek konsantrasyon sodyum hipoklorite maruz kalmasının, dentin elastik modülüne ve bükülme direncine zararlı etkileri olduğu gösterilmiştir (Mareending ve diğerleri, 2007; Sim ve diğerleri, 2001).

Etkili bir antimikrobiyal aktivite için, kullanımdan önce taze hazırlanmasında yarar olduğu belirtilmektedir (Clarkson ve diğerleri, 2001; Piskin ve Turkun, 1995). Solüsyonun oksijene, oda sıcaklığına ve ışığa maruz kalması etkinliğini önemli ölçüde düşürmektedir (Piskin ve Turkun, 1995).

NaOCl kazalarını en aza indirmek için, irrigasyon iğnesi çalışma boyundan kısa yerleştirilip, kanal içinde sıkışmamasına özen gösterilmelidir ve solüsyon kanal içerisine yavaş bir şekilde verilmelidir. Irrigasyon sırasında iğnenin kanal içerisinde aşağı-yukarı hareket ettirilmesi iğnenin sıkışmasını engelleyecek ve daha iyi etkili bir irrigasyon gerçekleştirebilecektir. Sadece ucundan değil, yanlardan da irrigasyon sağlayan iğnelerin kullanılması solüsyonun periapikal dokulara ulaşma ihtimalini düşürmektedir (Waltimo ve diğerleri, 2005).

Kök kanallarının NaOCl ile irrigasyonu (% 1 ile % 5.25 konsantrasyonlarında değişen) günümüzde geniş çapta kabul edilen bir tekniktir. NaOCl'in antibakteriyel etkinliği konusunda literatürde oldukça fazla varyasyonlara rastlanmaktadır. Bazı makalelerde NaOCl hedef mikroorganizmaları

düşük konsantrasyonlarda bile saniyeler içinde öldürürken (Gomes ve diğerleri, 2001), daha uzun süreye ihtiyaç olduğundan bahseden kaynaklar da mevcuttur (Gomes ve diğerleri, 2001; Radcliffe ve diğerleri, 2004; Vianna ve diğerleri, 2004; Waltimo ve diğerleri, 1999).

Sodyum hipokloritin hangi konsantrasyonda kullanılması gerektiği günümüzde halen tartışma konusudur; birçok yazar % 5.25'lik konsantrasyonu önerirken (Harrison, 1984), diğerleri % 3'lük hatta % 0.5'lik daha düşük konsantrasyonu tercih etmektedirler (Baumgartner ve Cuenin, 1992; Spangberg ve diğerleri, 1973).

Solüsyonun konsantrasyonunda azalma olduğu zaman toksisitesi, antibakteriyel etkinliği ve dokuları çözebilme yeteneği aynı oranda azalmaktadır. Hacmi ya da ısıyı arttırıldığı zaman ise kök kanal irrigasyonu olarak etkinliği artmaktadır (Johnson ve Noblett, 2009; Siqueira ve diğerleri, 2000).

Baumgartner ve diğerlerinin (1992) yaptıkları bir araştırmada, farklı konsantrasyonlarda (% 5.25, % 2.5, % 1, % 0.5) NaOCl'in enjektör veya ultrasonik cihazlarla gönderilmesiyle kök kanalının orta üçlüsündeki debrisini kaldırma etkinlikleri araştırılmıştır. Konsantrasyona ve irrigasyon şekline bakılmaksızın instrumentasyon yapılan bölgelerde, açılmış dentin tübüleriyle birlikte smear tabakası da görülmüştür. % 5.25'lik, % 2.5'luk ve % 1'lik NaOCl'in ise instrumentasyon yapılmayan bölgelerden pulpa artıklarını ve debrisini kaldırmada başarılı olduğu bulunmuştur.

Ayhan ve diğerlerinin (1999) yaptıkları bir çalışmada, farklı endodontik irriganların (% 5.25'lik NaOCl, % 0.5'lik NaOCl, % 2'lik klorheksidin glukonat, % 21'lik alkol, Cresophene, steril salin solüsyonu), seçilmiş altı mikroorganizma (*Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus salivarius*, *Str. pyogenes*, *Escherichia coli* ve *Candida albicans*) üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. % 5.25'lik NaOCl kullanılan diğer solüsyonlara göre daha etkin bulunmuştur. NaOCl % 0.5 oranında kullanıldığı zaman antimikrobiyal etkisinin düştüğü gözlemlenmiştir. Cresophene'nin, alkol, % 0.5'lik NaOCl ve % 2'lik klorheksidin glukonata göre daha fazla antimikrobiyal etkisi olduğu bulunmuştur.

Sen ve diğerlerinin (1999) yaptıkları bir çalışmada, % 0.12'lik klorheksidin'in, % 1'lik ve % 5'lik NaOCl'in antifungal etkileri 1 dakika, 5 dakika, 30 dakika ve 1 saat boyunca değerlendirilmiştir. Smear tabakası varlığında, bütün solüsyonlarda antifungal etki 1 saatin sonunda elde edilirken, smear tabakası olmadığı zaman ise sadece % 5'lik NaOCl 30 dakikada antifungal etki göstermiştir.

Siqueira ve diğerleri (2000) yaptıkları bir araştırmada, instrumentasyon ile % 1, % 2.5 ve % 5.25 oranında NaOCl irrigasyonunun bakteriyel azalma üzerindeki etkisini in vitro olarak karşılaştırmışlardır. Kullanılan tüm konsantrasyonların bakteriyel azalmaya neden olduğu fakat % 5.25'lik NaOCl'in daha başarılı olduğu görülmüştür. Araştırmacılar düşük konsantrasyondaki NaOCl'in antibakteriyel etkinliğini arttırmak için, daha fazla miktarda solüsyonun kullanılması ve sık irrigasyon yapılması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Gomes ve diğerleri (2001) yaptıkları bir araştırmada, in vitro olarak farklı konsantrasyonlarda (% 0.5, % 1, % 2.5, % 5.25) NaOC ile, iki farklı formda (jel ve sıvı) ve üç farklı konsantrasyonda (% 0.2, % 1, % 2) klorheksidin glukonat'ın *E. faecalis* üzerindeki eliminasyon etkilerini araştırmışlardır. Klorheksidin glukonat'ın tüm konsantrasyonlardaki sıvı formu ve % 5.25'lik NaOCl 30 saniyeden az bir sürede etki ettiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar *E. faecalis*'in eliminasyonu için gereken sürenin kullanılan irrigasyon solüsyonunun tipine ve konsantrasyonuna bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Radcliffe ve diğerlerinin (2004) yaptıkları bir çalışmada, farklı konsantrasyonlarda NaOCl'in *Actinomyces naeslundii*, *C. albicans* ve *E. faecalis* mikroorganizmaları üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. NaOCl *A. Naeslundii* ve *C. albicans* üzerinde tüm konsantrasyonlarda 10 saniyenin altında etkili olurken, *E. faecalis* üzerinde % 0.5'lik NaOCl ile 30 dakikada, % 1'lik NaOCl ile 10 dakikada, % 2.5'luk NaOCl ile 5 dakikada ve % 5.25'lik NaOCl ile 2 dakikada etkili olabilmektedir.

Vianna ve diğerlerinin (2004) yaptıkları bir araştırmada, % 0.2'lik, % 1'lik ve % 2'lik klorheksidin glukonat (jel ve sıvı formda) ile % 0.5'lik, % 1'lik, % 2.5'luk, % 4'lük, % 5.25'lik NaOCl'in endodontik patojenler üzerindeki

antimikrobiyal etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Araştırmacılar en başarılı sonuçların % 5.25'lik NaOCl, % 2'lik ve % 1'lik klorheksidin glukonat sıvı ile elde edildiğini belirtmişlerdir.

Sena ve diğerlerinin (2006) yaptıkları bir çalışmada, % 2.5'luk ve % 5.25'lik NaOCl'in ve jel ve sıvı formda % 2'lik klorheksidinin 7 farklı bakteri türü üzerindeki antimikrobiyal etkinlikleri araştırılmıştır. Araştırmacılar sıvı formda olan % 5.25'lik NaOCl ile % 2'lik klorheksidini en etkin endodontik irrigan olarak bulmuşlardır.

Berber ve diğerlerinin (2006) yaptıkları bir araştırmada, % 0.5, % 2.5 ve % 5.25 oranında NaOCl'in el ve rotary instrumentasyon teknikleriyle birlikte uygulanmasıyla *E. faecalis* üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın sonunda % 5.25'lik NaOCl en başarılı irrigasyon solüsyonu olarak bulunmuştur. Kullanılan preperasyon tekniğinden bağımsız olarak NaOCl yüksek konsantrasyonda kullanıldığı zaman dentin tübüllerini dezenfekte edebildiği sonucuna varılmıştır.

Clegg ve diğerlerinin (2006) yaptıkları bir çalışmada, % 6, % 3, % 1 oranında NaOCl'in, % 2'lik klorheksidin'in ve BioPure MTAD'ın polimikrobiyal biyofilm üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonunda bir tek % 6 oranındaki NaOCl hem bakteri eliminasyonunda hem de biyofilmin kaldırılmasında başarılı bulunmuştur.

Retamozo ve arkadaşları (2010) *E. faecalis*'i sığır dentin silindirlerinden uzaklaştırmak için gerekli minimum konsantrasyon ve süresinin belirlenmesini amaçlayan bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada her bir konsantrasyon 5'ten 40 dakikaya kadar temas sürelerinde uygulanmıştır. Çalışmada yalnızca % 5.25'lik NaOCl solüsyonunun 40 dakika uygulaması ile *E. faecalis*'i elimine edebildiği gösterilmiştir. Bu çalışma ile % 1,3 veya % 2,5 NaOCl solüsyonlarının sığır dişlerinde 40 dakikanın altında *E. faecalis*'i elimine etmede yetersiz olduğu görülmüştür. Sonuç olarak NaOCl'in *E. faecalis* ile kontamine olmuş dentinde tam olarak etkili olabilmesi için yüksek konsantrasyon ve uzun uygulama süresi gerektiği vurgulanmıştır.

2.4. Lazer:

Kök kanallarının dezenfeksiyonu amacıyla günümüze kadar birçok değişik materyaller kullanılmış, ancak kök kanallarında tam dezenfeksiyon sağlayacak ideal bir madde henüz bulunamamıştır. Son yıllarda lazer cihazlarının geliştirilmesi ile kök kanalının dezenfeksiyonunda lazerlerin kullanılması gündeme gelmiştir.

1960'lı yılların başında üretilen lazerler, yeni bir teknoloji olarak geleneksel uygulamalara alternatif, tıp alanında, özellikle cerrahi girişimlerde kullanılmaya başlanmıştır. Lazerlerin, tıpta geleneksel yöntemlere uygun alternatifler olarak kabul görmesi ve kullanımının yaygınlaşması, 1980'li yıllarda diş hekimliğinde de lazer kullanımına olan ilginin artmasına neden olmuştur. Yumuşak doku lazerlerinin tıpta ve diş hekimliğinde yaygın olarak ve başarıyla kullanılması diş sert dokularında güvenli bir şekilde kullanımını gündeme getirmiştir. 1980'li yılların sonlarında üretilen sert doku lazerleri 1997'de diş hekimliğinde klinik kullanıma sunulmuştur (Celikten, 2011; De Moor ve Delme, 2009; Van, 2004).

2.4.1. Lazerin Tarihçesi

Lazer terimi; uyarılmış radyasyon yayılımı ile ışığın güçlendirilmesi anlamına gelen Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER) sözcüklerinin baş harflerinden oluşmaktadır (Coluzzi, 2004; Mercer, 1996).

1960 yılında Theodore Harold Maiman, alüminyum oksit ve kromiyum oksitten yapılmış sentetik yakut çubuğunu kullanarak, yakut taşından kırmızı ışık yayılmasını sağlayan ilk lazer cihazını geliştirmiştir (Maiman, 1960). Bundan yaklaşık bir yıl sonra Nd:YAG lazerler üretilmesine rağmen diş hekimliği alanında lazer uygulamasına yıllarca yakut lazerlerle devam edilmiştir. Yakut lazerler diş yüzeyinde istenilen sonuçları yerine getirmeyince araştırmacılar Neodymium lazer konusuna odaklanmışlar ve lazerlerin diş hekimliğinde bugünkü konumuna gelmesi uzun yıllar almıştır (Misserendino ve Pick, 1995). Maiman'ın 694 nm dalga boylu, pulsasyonlu yakut lazeri, günümüz lazer teknolojisinin temelini oluşturmuş, günümüzde gerek teknik dallarda gerekse tıp alanında oldukça geniş bir sahada uygulama alanı bulmuştur (Coluzzi, 2004; Maiman, 1960).

Diş hekimliğinde lazer kullanımı, 1964 yılında diş kesimiyle başlamıştır (Stern ve Sognaes, 1964). 1965'te dövme silme işlemiyle ilgilenen dermatolog Leon Goldman, diş hekimi olan kardeşinin dişine yakut lazeri uygulayarak, acı hissettirmeden minede pürüzlendirme yapmayı başarmıştır (Goldman ve diğerleri, 1965). Gordon (1966), aynı enerji yoğunluğuna sahip lazer ile, koyu renkli ve/veya çürük içeren mineye kıyasla sağlam minede daha fazla krater oluştuğunu gözlemleyerek çürük dişlerin sağlam dişlere göre lazer enerjisini daha iyi absorbe ettiğini ileri sürmüştür. Vahl (1971), yakut lazerlerin derin çürükleri temizlerken dentinin erimesine neden olduğunu bildirmiştir. Kantola (1972) ise, yakut "lazerlerden sonra, diş dokularında kullanımının daha iyi olacağı düşünülerek üretilen Karbondioksit (CO₂) lazeri kullanarak yaptığı çalışmada, Vahl'ın (1971) sonuçlarını destekler nitelikte sonuçlar bulmuştur. Sert dokuların lazer ile kesilmesinde ortaya çıkan yüksek ısı nedeniyle bir süre lazerlerin sert dokulardaki uygulamalarına ara verilmiştir (Myers, 1991).

Lazerler, tıpta yumuşak doku operasyonlarında 1970'lerin ortalarında, ağız çene cerrahisinde ise ilk olarak 1980'lerin başlarında kullanılmaya başlanmıştır. CO₂ lazerlerin diş hekimliği cerrahilerinde yumuşak doku uygulamalarındaki klinik başarıları, yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Frame, 1985; Pecaro ve Garehime, 1983; Pick ve diğerleri, 1985). Lenz ve diğerleri (1982), Nd:YAG lazerlerin minedeki başlangıç çürüklerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, çürük lezyonların durduğunu bildirmişlerdir. Ancak yapılan diş sert doku çalışmalarında, CO₂ ve Nd:YAG lazerlerin dentin çürüklerinin tedavisinde kullanımının, yumuşak doku cerrahilerindeki kadar başarılı olmadığı gösterilmiştir (Cernavin, 1995; Myers, 1991; Neev ve diğerleri, 1991; Pogrel ve diğerleri, 1993).

Endodontide ilk kez lazer kullanımı, in vitro olarak apikal foramenin kapatılması amacıyla CO₂ lazerini kullanan Weichman ve Johnson (1971) tarafından rapor edilmiştir. Araştırmacıların amaçları başarıya ulaşmamış olsa bile, yeterli bilgi edinilmiş ve böylelikle bu deney ileriki çalışmalara altyapı oluşturmuştur. Daha sonra apikal foramenin kapatılması Nd:YAG lazer kullanılarak denenmiştir (Weichman ve diğerleri, 1972). Bu lazerin dentinle etkileşimi hakkında daha çok bilgi edinilmesine rağmen, o dönemde endodonti alanında lazer sistemleri

kullanılmamıştır. Adrian (1977) rhesus maymunları üzerinde Nd:YAG lazerin pulpa üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Ancak Nd:YAG lazerler için fiber optik sistemlerin geliştirilmesiyle birlikte, sadece yumuşak dokuda kesme etkisi değil, bakteriyel azalma ve dentin tübüllerinde tıkaç etkisi de sağlanmaya başlanmıştır (Eduardo ve Soares, 2001).

1988’de Paghdiwala, mine ve dentinde ilk kez Er:YAG lazerlerin diş sert dokularındaki abrazyv etkisini araştırmış ve düşük enerji seviyelerinde kullanılan bir lazerin mine ve dentinde preperasyon yapılmasını sağladığını bildirmiştir. 1990’larda yapılan çalışmalarda, yeterli soğutmayla uygun koşullarda uygulanan Er:YAG lazerlerin güvenli olduğu bildirilmiştir (Burkes ve diğerleri, 1992; Li ve diğerleri, 1992; Visuri ve diğerleri, 1996). İlk Er:YAG lazer (Key Lazer 1, Kavo), 1992’de Almanya’da üretilmiş ancak Amerika’da 1997’de FDA’nın onay vermesine kadar kullanılamamıştır. Daha sonraki dönemde, lazer kullanımı yaygınlık kazanmış ve lazerlerin özellikleri sürekli olarak iyiye gitmiştir (Hibst, 2002; Sulewski, 2000; Van, 2004).

2.4.2. Lazer Doku Etkileşimi

Lazer ışığı ile doku arasında, dokuların farklı optik özelliklere sahip olması nedeniyle değişik etkileşimler görülmektedir (Coluzzi, 2004; Parker, 2007). Lazer ışığı dokuda; geçme (transmission), yayılma (scattering), yansıma (reflection) ve soğrulma (absorbtion) olmak üzere dört şekilde ilerlemektedir (Coluzzi, 2004; Convissar, 2004; Dederich, 1993; Vogel ve Venugopalan, 2003).

Lazer enerjisinin hedef doku tarafından abzorbe edilmesi öncelikli ve en yararlı olan etkidir (Dederich, 1993). Dental lazerlerin amacı, bu etkinin en iyi şekilde kullanılmasıdır. Lazer cihazları ortak parçalar içerseler de cihazların dağıtım sistemleri ve emisyon modları farklıdır. Lazerin dalga boyu, dokunun su içeriği, rengi, kimyasal kompozisyonu tedaviyi etkilemektedir. Ayrıca lazer ışık demetinin çapı da enerji yoğunluğunu etkilemektedir. Küçük fiber başlık kullanımı, lazer cihazından dokuya transfer edilen enerji miktarını artırır. Bu durum, küçük bir sahada daha çok enerjinin abzorbe edilmesini sağlar. Uygulama zamanı da dokunun

abzorbe edilmesinde etkilidir. Tüm bu faktörler lazer uygulamaları sırasında göz önünde bulundurulmalıdır (Coluzzi, 2004).

2.4.3. Lazerlerin Foto Biyolojik Etkileri

Lazer ışığı dokularda; foto-kimyasal, foto-termal, foto-mekanik ve foto-elektrik etki göstererek işlev görmektedir.

2.4.3.1. Lazerin Foto-Kimyasal Etkileri

Foto-kimyasal etki, lazer ışığının herhangi bir termal etki olmaksızın uygulandıkları yüzeyde ve hedef dokuda oluşturduğu değişikliklerdir. Molekül bağlarının, lazer ışığının yüksek foton enerjisi etkisi ile çözülmesi ya da kimyasal reaksiyonların tetiklenmesi söz konusu olabilir. Foto-kimyasal etki için güçlü bir lazer kullanılması gerekirse, dokuda ısı artışı da beraberinde gözlemlenebilir. Bir hücre ışığı soğurduğunda mitokondri daha çok adenosin trifosfat (ATP) üretir. Hücre solunumu ve metabolizması artar. Deoksiribonükleik asit (DNA) ve Ribonükleik asit (RNA) formasyonu ve protein sentezi hızlanır. Işık, değişik dalga boylarında özel kimyasal reaksiyonlar başlatır. Düşük güçte etki oluşumu uzun sürede gerçekleşir (Vogel ve Venugopalan, 2003).

2.4.3.2. Lazerin Foto-Termal Etkileri

Foto-termal etki, fiziksel olarak ışığın ısıya çevrilmesidir. Lazer enerjisi termal etkiye dönüşerek dokuda ısınma meydana getirir. Bu durum, dokuda bazı değişikliklere ya da bozulmalara yol açar. Dokuda infrared (kızılötesi) ışığın emilimi sonucunda termal buharlaşma meydana getirir. Lazerin termal etkileri; koagülasyon, protein denatürasyonu, küçük kan damarlarının tıkanması, lenfatik hemostazın artırılması, yara yerlerinin dezenfeksiyonu ve doku kaynaşması gibi olaylara sebep olur. Kısa süreli orta ısıtmalar altında ise katlanma ve birbiri üzerine sarılma başlar. Bu doku kaynaşmasının temelinde yatan mekanizmadır. Lazer ışığının herhangi bir uygulama için kullanılması sırasında oluşan yüzey ısısı, mikroorganizma yıkımına neden olarak yüzey dezenfeksiyonu sağlar (Convissar, 2004; Dederich, 1993; Vogel ve Venugopalan, 2003).

2.4.3.3. Lazerin Foto-Mekanik ve Foto-Elektrik Etkileri

Yüksek enerjili ve kısa süreli lazer uygulamaları, dokularda hızlı ısınma meydana getirir. Enerjinin şok dalgalar şeklinde dağılması, basıncın yükselmesine ve dokuda parçalanmaya sebep olur. Kısa etkileşim zamanı ve yüksek enerji yoğunluğundan dolayı ısınlanan dokuda, doğrusal olmayan değişiklikler olur ve optik özellikler değişir. Lazerin oluşturduğu ısı, dokunun buharlaşma sıcaklığından fazla ise, ısı enerji doku tarafından absorbe edilir ve minik patlamalarla dokuda buharlaşma meydana getirir. Buna “fotoablasyon” denir. Bu olay derin tabakalarda meydana gelirse, bu reaksiyona “foto parçalayıcı etki” denir. Bu tür uygulamaların sonucunda dokuda meydana gelen şok dalgaları çukurlar oluşturur. Yüksek enerjili lazerlerin kullanılması sonucu dokuda, fotoablasyon ve foto parçalayıcı etki oluşur. Lazerin dokuda yapabileceği etkiler, kullanılan lazerin suda soğurulma katsayısı ile yakından ilgilidir. 2780 nm dalga boyuna sahip Erbiyum, Kromiyum İttriyum Skandiyum Galyum Garnet (Er,Cr:YSGG) ve 2940 nm’lik Er:YAG lazerler, 10600 nm dalga boyuna sahip CO₂ lazerden çok daha fazla suda soğurulma katsayısına sahiptirler. Bu da, lazer ışığının suda soğurulma katsayısının dalga boyu ile ilgisi olmadığını düşündürmektedir. Diş yapılarının içindeki su patlatılarak doku ablasyona uğratıldığı için, suda soğurulma katsayısı özellikle sert doku preperasyonlarında önemli rol oynar (Visuri ve diğerleri, 1996; Vogel ve Venugopalan, 2003).

2.4.4. Lazer Kullanım Parametreleri

Lazer kullanım parametreleri, uygulanacak bölge ve kullanım amacına göre değişmektedir. Mine, dentin, sement ve dişeti için lazerin farklı enerji seviyeleri etkili olmaktadır. Lazer etkinliğinde, lazer ışığının gücü, dalga boyu, atım süresi, uygulama süresi, uygulanan materyalin fiziksel özelliği önem taşımaktadır. Bu faktörlerden herhangi birisinin değişmesi, lazer tedavisinin de sonucunu etkilemektedir. Her hücre ve hücreler arası maddenin kendine özgü ışık kırma indeksinin olması, ışığın dokularda farklı yayılımını sağlamaktadır (Coluzzi, 2004; Convissar, 2004).

Spot alanının küçülmesi, santimetre kareye düşen güç yoğunluğuyla ters orantılıdır. Çap küçüldükçe, santimetre kareye düşen güç yoğunluğu artar. Spot çapı küçüldükçe daha derin ablasyon oluşur. Lazerle çalışılırken fokus bölgesi, dokuya iletilen enerjinin en yüksek olduğu uzaklığı simgeler. Defokus bölgesi ise, dokudan uzak bir mesafede çalışıldığında oluşur ve daha az soğurulma meydana gelir. Her lazerde fokus ve defokus mod mesafesi farklıdır. Örneğin; Er,Cr:YSGG lazerde defokus mod dokudan 2 mm'den uzak bir mesafede, fokus mod ise 1.5-2 mm'de uygulanır (Tuner ve Hode, 2002).

Enerjinin yoğunluğu, birim alandaki enerji miktarıdır. Birçok lazerde enerji yoğunluğu mJ/cm^2 olarak ifade edilir. Enerji, ışığın uca iletiş biçimine göre değişebilir (Wintner ve Strassl, 2006).

Lazer atımlarının sürekli veya kesintili olması önemli bir faktördür. Bazı lazer sistemleri kesintisiz, sürekli lazer ışığı "Continuous Wave" (CW) sağlarken, bazı cihazlar kullanılan metal perdeciklerle, ışığın pulsatif akımını sağlar (Dederich, 1993).

Sert doku lazerlerinin atım süreleri, dokuda termal etki oluşturmamak amacı ile mikro saniyelerle ifade edilir. Yumuşak dokuda bu süre uzun olabilir. Çünkü yumuşak dokuya uygulanan enerji miktarı daha azdır. Lazer cihazlarının panelinde atım süresi seçeneklerinin olması sert dokuda ayrı, yumuşak dokuda ayrı atım süreleri ile çalışabilme kolaylığı sağlar (Dederich, 1993; Tuner ve Hode, 2002).

Dalga boyu, ışığın dokuya olan etkisinin belirlenmesinde kullanılan temel parametrelerden biridir. Tüm dalgalar belirli bir frekansa sahiptir. Frekans, bir saniyede belirli bir noktadan geçen dalgaların sayısıdır. Lazer cihazlarında frekans, dalgayı oluşturan titreşimin saniyede kaç defa olduğunu belirtir. Dalga boyu arttıkça zaman frekans azalır. Frekansın ünitesi Hertz (Hz)'dir. Hertz, saniyedeki atım (pulsasyon) sayısı "Pulse per second" (Pps)'dir. Sert dokudan mümkün olduğunca fazla madde uzaklaştırabilmek için lazerin puls enerjisi ya da sıklığı artırılmalıdır. Frekans aralığı geniş olan lazer, kullanım kolaylığı sağlar. Dalga boyu, lazer ile doku arasındaki ilişkinin kalitesini veya reaksiyon tipini belirlerken, enerji miktarı

ve doku özellikleri, bu reaksiyonun miktarını veya derinliğini belirler (Tuner ve Hode, 2002).

Lazer seçimi yapılırken en önemli nokta, lazer uygulanacak dokunun hangi dalga boyunu iyi bir şekilde abzorbe ettiğidir. Bunu, cihazın çıkış gücü ve atım özellikleri takip eder. Suyun, 400-700 nm'lik görülen ışık dalga boylarında şeffaf olduğu, buna karşılık kızılötesi bölgede enerjiyi iyi abzorbe ettiği görülmektedir. Bu durumda etkili bir ablasyon yapılmak istendiğinde suyun absorpsiyonunun yüksek olduğu bir dalga boyu seçilmelidir. Diş sert dokularına göre değerlendirildiğinde, 2940 nm dalga boyundaki Er:YAG ve 2740 nm dalga boyundaki Er,Cr:YSGG lazerler su tarafından iyi abzorbe edilirler (Coluzzi, 2004; Dederich, 1993).

2.4.5. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler

2.4.5.1 Argon Lazerler

Argon lazerlerin argondan oluşan aktif bir ortamı vardır. Bu sistemde aktif madde argon gazıdır. Fiber optik bir sistemdir ve cihazın enerjisi yüksek elektrik akımı ile sağlanır. Devamlı ve aralıklı atım modları bulunur. Görünür ışık yayan tek cerrahi lazerdir. Diş hekimliğinde iki dalga boyu kullanılmaktadır; 488 nm dalga boyuyla mavi ışık, 514 nm dalga boyuyla mavi yeşil ışık yayar (Coluzzi, 2004).

488 nm'lik dalga boyuna sahip mavi ışık yayan tipi kompozit materyallerin polimerizasyonunda kullanılmaktadır. Ayrıca, beyazlatıcı jellerin aktive edilmesinde kullanılır (Coluzzi 2004; Malhotra ve Mala 2010; Powell ve diğerleri 1995). 514 nm'lik dalga boyuna sahip tipi ise hemoglobin, hemosiderin ve melanin içeren dokular tarafından iyi abzorbe olduğu için çok iyi hemostatik özelliğe sahiptir (Coluzzi, 2004).

Argon lazerler, akut inflamatuvar periodontal hastalıkların ve hemanjioma gibi vaskülerize lezyonların tedavisinde idealdir (Finkbeiner, 1995). Her iki dalga boyu da diş sert dokuları ve su tarafından abzorbe edilmemektedir. Bu özelliği nedeniyle yumuşak doku cerrahisinde diş sert dokuları lazerden etkilenmez. Argon lazerlerin her iki dalga boyu da çürük teşhisi için kullanılabilirler. Lazer diş

tutulduğu zaman çürük bölge, florasan özellik gösterip koyu turuncu-kırmızı renkte görünür ve kolayca sağlam çevre dokulardan ayırt edilebilir (Coluzzi, 2004; Hicks ve diğerleri, 1993).

2.4.5.2. Diod Lazerler

Diod, alüminyum veya indiyum, galyum ve arseniğin kombinasyonundan oluşan yarı iletken kristallerden üretilen katı aktif bir lazerdir. Cihazın enerjisi elektriksel akım ile sağlanmaktadır. Alüminyum içeren aktif madde ile indiyum içeren aktif maddenin dalga boyları yaklaşık 800 nm ile 980 nm arasındadır. Fiber optik bir sistemdir. Devamlı ve aralıklı dalga boyları mevcuttur (Coluzzi, 2004).

Diod dalga boylarının tümü pigmentli dokular tarafından absorbe edilir ve derin bir şekilde penetre olur fakat argon lazerler kadar hemostaz sağlamada hızlı etkileri yoktur.

Diş dokuları tarafından absorpsiyonu çok zayıf olduğundan dişe yakın yumuşak doku cerrahilerinde güvenli bir şekilde kullanılabilmektedir. Argon lazerler gibi devamlı dalga modunda hızlı ısı artışına sebep olabileceğinden, mutlaka hava ve su soğutması ile kullanılmalıdır. Diod lazerler yumuşak doku cerrahisinde, insizyonda, dişeti ve mukozanın koagülasyonunda ve sulkular debrimanların temizlenmesinde kullanılmaktadır (Coluzzi, 2002; Moritz ve diğerleri, 1997). Diyot lazerlerin en büyük avantajı küçük ve portatif olmalarıdır (Coluzzi, 2004).

2.4.5.3. Nd:YAG Lazerler

Nd:YAG lazer katı aktif, itriyum ve alüminyum ile kombine olmuş, neodim iyonları ile güçlendirilmiş garnet kristalidir. Diş hekimliğinde kullanılan tipleri 1064 nm dalga boyuna sahiptir. Sadece serbest atım modunda çalışıp, kısa atım süresine sahiptir ve dokularla temas edebilecek küçük esnek fiber optik uçları bulunmaktadır. Lazer enerjisi melanin tarafından yüksek oranda absorbe edilmekte fakat argon lazere göre hemoglobin tarafından daha az emilmektedir ve yaklaşık %90 su içerisinden iletilmektedir. Çoğunlukla yumuşak dokuların insizyonu ve

koagülasyonu amacıyla kullanılmaktadır (Neill ve diğerleri, 1997; White ve diğerleri, 1991).

Nd:YAG lazerler diş sert dokuları tarafından az miktarda absorbe olmaktadır. Böylelikle yumuşak doku cerrahisinde diş dokularına yakın bölgelerde güvenli bir şekilde kullanılabilir. Pigmente çürük dokular sağlam mineyi kaldırmadan temizlenebilmesine rağmen (White ve diğerleri, 1993), Er:YAG ya da Er,Cr:YSGG lazerler kadar etkili değildirler (Coluzzi, 2004).

Fiber optik uç dokuya değdirilmeden kullanıldığı zaman, dalgaboyu birkaç milimetreye kadar penetre olabilmektedir, böylelikle hemostaz, aftöz lezyonların tedavisinde veya pulpa aneljezisinde kullanılabilir (Coluzzi, 2004). Ayrıca süt dişlerinde ampütasyon tedavisinde ve endodontik tedavide kanallardaki mikroorganizmaların eliminasyonu amacıyla kullanılabileceği ileri sürülmektedir (Gonzalez ve diğerleri, 1996; Liu, 2006).

2.4.5.4. Ho:YAG Lazerler

Kromium ile hassaslaştırılmış ve holmium ve tulyum iyonlarıyla güçlendirilmiş, itriyum alüminyum garnet katı kristali içermektedir. Fiber optik bir sistemdir ve serbest çalışma atım modu bulunmaktadır. Dalga boyu 2100 nm'dir. Nd:YAG lazerlere göre su tarafından 1000 kat daha fazla absorbe olmaktadır. Sert dokular üzerinde kesme etkisi vardır, fakat hemoglobin veya diğer doku pigmentleriyle etkileşime girmemektedir (Kautzky ve diğerleri, 1997). Ho:YAG lazerler sıklıkla temporamandibular eklemden artroskopik cerrahi amaçlı kullanılmaktadır (Hendler ve diğerleri, 1992).

2.4.5.5. CO₂ Lazerler

CO₂ lazer gaz aktif, CO₂ molekülleri ile gaz karışımının bulunduğu bir tüp içerisinde bulunmakta ve elektriksel akım ile gönderilmektedir. Dalgaboyu 10600 nm'dir. Devamlı ya da aralıklı modlarında akım gönderilmektedir.

Bu dalga boyu suda çok iyi absorbe olmaktadır. Kolaylıkla yumuşak dokuyu kesip koagüle edebilmektedir ve doku içerisinde sığ bir penetrasyon derinliği vardır. Ek olarak, yoğun fibröz dokuların buharlaşmasında

kullanılabilmektedir. Dokularla hızlı bir şekilde etkileşime geçebilmektedir (Frame, 1985; Israel, 1994; Pecaro ve Garehime; 1983; Pick ve diğerleri; 1985; Pogrel, 1989; Convissar ve Gharemani, 1995).

Dokulara temas edilmeden de kullanılabildiğinden, dil ve ağız tabanı gibi hareketli oral yapıların tedavisinde avantaj sağlamaktadır (Coluzzi, 2004).

CO₂ lazerler çok iyi hemostaz sağladığından, hekime temiz çalışma sahası sunmaktadır. Çok hızlı bir şekilde dokuları kaldırdığından, alttaki dokulara zarar vermeden etkisi sadece yüzeyde kalmaktadır. Postoperatif ağrı da yok denecek kadar azdır (Fisher ve diğerleri, 1983; Pick ve Colvard, 1993).

10600 nm dalgaboyu hidroksiapatit tarafından diğer lazerlere göre daha fazla abzorbe edilmektedir. Erbium lazerlerine göre 1000 kat daha fazla emilimi olduğu için, yumuşak doku cerrahilerinde kullanılacağı zaman cerrahi alana yakın diş dokuları mutlaka metal bir koruyucu ile lazer ışınından korunmalıdır. CO₂ lazerin devamlı dalga salınımı sert doku uygulamalarında kısıtlama getirmektedir. Uzun atım süresine bağlı olarak diş dokusunda karbonizasyon ve çatlaklar meydana gelebilmektedir (Pogrel ve diğerleri, 1993).

2.4.5.6. Erbiyum Lazerler

Sert doku lazerleri ilk olarak 1990'lı yıllarda üretilmiş, ve piyasaya 1997 yılında sürülmüştür. Bu sert doku lazerlerinin, mine, dentin, sement ve kemik üzerinde preperasyon etkisine ilaveten yumuşak doku üzerinde de etkisi bulunmaktadır. Suda absorpsiyonu en yüksek lazer sistemleri olup, hidroksiapatite yüksek afiniteleri bulunmaktadır (Eversole ve Rizoiu; 1995; Hossain ve diğerleri, 1999). Günümüzde, kavite preperasyonları ve yumuşak dokuyu kesme etkileri yanında kök kanal tedavisinde bakterilerin dezenfeksiyonunda, oral ve maksillofasiyal cerrahide kemik dokuların kaldırılmasında ve ayrıca periodontoloji alanında kalkulusların kaldırılmasında kullanılmaktadır (Van As ve diğerleri, 2004). Benzer özelliklerinden dolayı aynı sınıf altında toplanan erbium lazerleri ikiye ayrılmaktadır (Coluzzi, 2004);

2.4.5.6.1. Er:YAG Lazerler

Er:YAG lazerin erbiumla karıştırılmış itriyum alüminyum garnet, katı kristal aktif ortamı vardır. 2940 nm dalga boyuna sahiptir. Er:YAG lazerlerde hem fiber optik hem de reflektörlü boş hortum dağıtım sistemi bulunur. Serbest çalışma atım modu vardır. Bu sistemde dental işlemler için su ve havaya ihtiyaç duyulur. Er:YAG lazerlerle çürük temizleme, kavite preperasyonu ve yüzey pürüzlendirme kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir (Martínez-Insua ve diğerleri, 2000). Bunların yanında kök kanal tedavisinde kullanılabilmekte ve kemik dokusu üzerinde de afinitesi bulunmaktadır (Lewandrowski ve diğerleri, 1996). Yüksek oranda su içermesi nedeniyle, yumuşak doku üzerinde de etkili olmasına rağmen, hemostatik etkisi çok sınırlıdır (Lewandrowski ve diğerleri, 1996; Stabholz ve diğerleri, 2003). Er:YAG lazerler periodontal alanda diş taşlarının temizlenmesinde de kullanılabilmektedir (Schwarz ve diğerleri, 2001a; Schwarz ve diğerleri, 2001b).

2.4.5.6.2. Er,Cr:YSGG Lazerler

Er,Cr:YSGG lazerler erbium ve kromium katılmış itriyum skandium gallium garnet katı kristal, aktif ortama sahiptir. 2.78 µm dalga boyundadır. Sadece fiber optik sisteme sahiptirler ve serbest çalışma atım modu vardır. Er:YAG lazerlerde olduğu gibi bu sistemde de dental işlemler için su ve havaya ihtiyaç duyulur. Bu lazer enerjisi, apatit kristali içerisindeki hidroksil radikaliyle ve dişin kristalin yapılarına yapışmış olan su ile birleşmektedir. Mineral substratlar içindeki suyun buharlaşması büyük hacim artışına neden olur ve bu büyümeye çevredeki dokularda mikro patlamalar meydana getirir. (Rechmann ve diğerleri, 1998). Laboratuvar çalışmaları lazer tedavisi sırasında tedavi edilen dişin pulpal ısısının 5⁰ C'ye kadar çıkabileceğini göstermiştir (Fife ve diğerleri, 1998). Er,Cr:YSGG lazer cihazında bulunan hava-su spreyi, pulpa ve periodontal dokular üzerinde zararlı termal etkiler oluşturmada mine, dentin, sement ve kemikte kesim yapılmasına olanak sağlamaktadır (Hossain ve diğerleri, 1999; Uzer ve diğerleri, 2006).

Er,Cr:YSGG lazerler kayda değer çatlama oluşturmadan, mine ve dentin üzerinde pürüzlü yüzeyler meydana getirebilmektedirler. Smear tabakasını kaldırabilmesiyle bonding işlemlerinde iyi sonuçlar elde edilmekte (Hossain ve

diğerleri, 2001), ancak Er,Cr:YSGG lazerle açılan kavitelerden sonra mikrosızıntıyı önlemek için asitleme işlemine ihtiyaç duyulmaktadır (Gutknecht ve diğerleri, 2001). Çürük temizlemede veya kavite preperasyonunda genellikle lokal anesteziğe gerek duyulmamaktadır. Er,Cr:YSGG lazerler pulpa için güvenli bir sistemdir (Eversole ve diğerleri, 1997; Rizioiu ve diğerleri, 1998). Erbiyum lazerlerin bakterisidal etkisi bulunmaktadır. Bakteri hücreesindeki su tarafından absorbe edilerek hücrenin buharlaşmasına neden olmaktadır (Ando ve diğerleri, 1996; Mehl ve diğerleri, 1999; Van, 2004).

Yumuşak dokular üzerinde de kullanılabilen Erbium lazerler, derin dokulara zarar vermezler. Dokuya penetrasyon özelliklerinin zayıf olmasından dolayı koagülasyon etkileri de zayıftır, hemostatik amaçlı kullanımları sınırlıdır (Coluzzi, 2004).

Hem sert hem yumuşak dokularda kullanılabilen Erbiyum sınıfı lazerlerin, bu dokuların içerdiği su miktarlarının farklı olması nedeniyle uygulanması gereken enerji seviyeleri de farklı olmalıdır (Van, 2004).

Diş sert dokularında lazer uygulamalarında, hidrokinetik etki olarak isimlendirilen su spreyi ile lazer enerjisi arasındaki ilişki önemlidir. Uygulama sırasında lazer enerjisi diş sert dokuları tarafından absorbe edilerek mine, sement ve kemik gibi sert dokuların uzaklaştırılmasında termal hasar yaratmaz (Hossain ve diğerleri, 2001). Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerler yumuşak dokularda kullanılabilirler. Düşük derinlikte etkin olarak çalışan Erbiyum lazerler, derin dokulara zarar vermezler. Dokuya penetrasyon özelliklerinin zayıf olması nedeniyle koagülasyon özelliği de zayıf, hemostatik kullanımları sınırlıdır. Bu lazerler sert dokularda, su spreyleri ile birlikte kullanılırlar (Coluzzi, 2004; Wallace ve diğerleri, 2004).

Hem sert hem de yumuşak dokularda kullanılabilen Erbiyum sınıfı lazerlerin, bu dokuların içerdiği su miktarlarının farklı olması nedeniyle, uygulanacağı enerji seviyeleri de farklı olmalıdır. Bu seviyeler cihaz üzerindeki panelde yazılı olup; minede 4-8 W, dentinde 2-5 W, çürük dokularda 1-3 W,

kemikte 1,5-3 W ve yumuşak dokularda 1-3 W arası enerji düzeyleri uygundur (Van, 2004).

2.4.6. Lazer Sistemlerinin Endodontideki Yeri

Günümüzde lazerler endodonti alanında

- Dentin aşırı duyarlılığının giderilmesinde,
- Pulpadaki kan akımının değerlendirilmesinde,
- Pulpa kapaklaması ve pulpotomide,
- Kök kanal duvarlarının modifikasyonunda,
- Kök kanallarının dezenfeksiyonunda,
- Kök kanal şekillendirilmesi ve doldurulmasında,
- Endodontik cerrahi ve apikal rezeksiyon uygulamasında kullanılmaktadır (Kimura ve diğerleri, 2000).

2.4.7. Lazerlerin Kanal Dezenfeksiyonundaki Etki Mekanizması

Lazer uygulamaları, kök kanallarının dezenfeksiyonu amacıyla endodonti pratiğinde giderek yaygınlaşmaktadır. Hedef doku üzerinde farklı dalga boyları ve farklı parametrelerin etkileşimi sonucu ortaya çıkan foto-termal ve fotomekanik etkileri kullanarak değişik agregat formlarda dentin, smear tabakası, debris, rezidüel pulpa ve bakterileri ortamdan uzaklaştırırlar. Farklı çıkış güçleri kullanarak, bütün dalga boyları fototermal etkilerine bağlı olarak hücre duvarını yıkmaktadırlar. Farklı hücre duvarlarının yapısal karakteristikleri nedeniyle, gram-negatif bakteriler gram-pozitif bakterilere göre daha az enerji ile daha kolay parçalanmaktadır. Yakın kızılötesi lazerleri dental sert dokuları tarafından absorbe edilmez ve dentin yüzeylerinde ablasyon etkisi yoktur (Kanaparthi ve Kanaparthi, 2012).

Lazer ışığının termal etkisi dentin duvarlarının 1 mm içerisine penetre olarak, derin dentin tabakalarında dekontaminasyon etkisi yaratır. Orta kızılötesi lazerleri, dentin duvarlarının su içeren kısımları tarafından iyi absorbe olmakta ve bu nedenle kök kanal yüzeylerinde yüzeysel ablatif ve dekontaminasyon etkisi yaratmaktadır (Stabholz ve diğerleri, 2004; Zakariasen ve diğerleri, 1990).

Lazerlerin bakterisidal etki sağlayan termal etkileri, dentin duvarlarında herhangi bir hasara neden olmamak için kontrol edilmelidir. Doğru parametrelerde lazer ışınlaması smear tabakasını ve organik dentin yapısını (kollajen fibrilleri) buharlaştırmaktadır. Sadece Erbium lazerlerin dentinde yüzeysel ablasyon etkisi vardır. Bu daha kalsifiye peri-tübüler alanlardan ziyade, sudan zengin intertubuler alanlarda yaygın olarak gözlenmektedir. Hatalı parametreler kullanıldığı zaman geniş alanlarda erimeler, mineral matriksin rekristalizasyonu ve internal ve eksternal radiküler karbonizasyonla birlikte yüzeysel mikro çatlaklar ortaya çıkmaktadır.

Eksternal kök yüzeylerindeki termal zararların boyutu, lazer enerji parametreleriyle, güç yoğunluğuyla, lazer ışınına maruz kalma süresi ve atım aralığıyla kontrol edilebilmektedir (Eduardo ve Soares, 2001).

Ablatif enerji en düşük seviyede kullanıldığı zaman, dentin duvarları üzerinde istenmeyen ablatif ve termal etkiler en aza indirgenmektedir. Bunun yanında yüksek güç kullanıldığı zaman su molekülleri uyarılmakta ve kanal içerisine verilen irrigasyon solüsyonlarının dentin duvarlarında fotomekanik ve fotoakustik etkileri meydana gelmektedir. Bu etkilerin dentin duvarlarından smear tabakasının temizlenmesinde, bakteriyel biyofilmin kaldırmasında ve kanal dekontaminasyonunda etkili olduğu ileri sürülmektedir (Kanaparthi ve Kanaparthi, 2012).

Er,Cr:YSGG lazerin çevre dokulara zarar vermeden (Abad-Gallegos ve diğerleri, 2009; Arnabat ve diğerleri, 2010; Ishizaki ve diğerleri, 2004) smear tabakasını kaldırmada (De Moor ve diğerleri, 2009; Silva ve diğerleri, 2010) ve kök kanal sistemini dezenfekte etmede (Eldeniz ve diğerleri, 2007; Wang ve diğerleri, 2007) etkili olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir. Er,Cr:YSGG lazerin kök kanal tedavisinde kullanılmak üzere piyasaya ilk sürülen forward emitting tip’lerde, lazer ışını fiber uçtan belirli bir açıyla çıkmasına rağmen, ışının büyük bir kısmının direk olarak kök apeksine iletildiği belirtilmektedir (Schoop ve diğerleri, 2009). Üretici firma kök kanallarında lazer ışınının dağılımını iyileştirmek ve daha iyi sonuçlar elde etmek amacıyla, modifiye radial firing tips (RFT)’ler geliştirilmiş ve piyasaya sunmuştur. Geliştirilen bu yeni uçlarla kök kanal duvarlarında daha homojen bir

ışınlama yapılması amaçlanmıştır. Firma ışığın çıktığı fiber ucunu 60°'lik konik bir formda üreterek, lazer ışınının tüm kök kanal duvarlarına etki etmesini amaçlamıştır (Schoop ve diğerleri, 2009).

Lazer ışını dezenfeksiyon amacıyla kullanılmadan önce kök kanalları mekanik olarak şekillendirilip genişletilmelidir (Gordon ve diğerleri, 2007; Schoop ve diğerleri, 2007; Schoop ve diğerleri, 2009). Lazer cihazı çalıştırılmadan önce, fiber uç kök kanalının apikaline yerleştirilmeli ve daha sonra çalıştırılarak dairesel hareketlerle kanaldan çıkarılmalıdır (Abad-Gallegos ve diğerleri, 2009; Schoop ve diğerleri, 2007; Schoop ve diğerleri, 2009; Silva ve diğerleri, 2010).

2.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM):

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), katı cisimlerin mikro yapılarını değerlendirmek amacıyla kullanılan bir mikroskobik inceleme yöntemidir (Taylor ve Lynch, 1992). SEM, elektron-optik denilen bir sistemle çalışır ve yüzeyleri tararken elektron kaynağı kullanır. SEM'de görüntü oluşturma, örnek üzerine gönderilen elektron demetinin örnekten yansıması ve yansıyan sinyallerin algılanması esasına dayanır. Modern sistemlerde, gelen sinyaller dijital sinyallere çevrilip bilgisayar ekranına verilmektedir. Yüksek çözünürlüğe ve kontrasta sahip örnek görüntüsü elde etmek için, incelenecek örnekler metal olsa bile yüzeylerine altın kaplama işlemi uygulanmaktadır. SEM'de sıvı olmayan sıvı özellik taşımayan her türlü, iletken olan ve olmayan örnek incelenebilmektedir. İletken olmayan örnekler çok ince iletken malzemeyle kaplanarak incelenebilir hale getirilmektedir. Organik örneklerin incelenebilmesi için örneklerin yüksek vakuma dayanıklı olması gerekmektedir. Özellikle organik örnekler kurutulduktan ve altın kaplandıktan sonra düşük voltaj altında incelenebilir (Yanez ve Barbosa, 2003). SEM tekniklerinin kullanılması görüntülerde mükemmel alan derinliği sağlar ve morfolojiyi tanımlamaya oldukça elverişlidir. Ayrıca, elektron mikroskoplarla yüz binlerle ifade edilen büyütmelemlere ulaşmak mümkündür (Taylor ve Lynch, 1992; Yanez ve Barbosa, 2003).

2.6. Konu ile İlgili Yapılan Çalışmalar:

Yamazaki ve diğerlerinin (2001) yaptıkları çalışmada, Er,Cr:YSGG lazerin 1 W ile 6 W arasında değişen farklı güç ayarlarında, su soğutması kullanılarak veya kullanılmadan uygulanmasıyla, kök kanal duvarları üzerinde yarattığı morfolojik değişimlerin ve kök yüzeyinde oluşan ısı değişimlerinin in vitro olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Dişler iki ana gruba ve 6'şar alt gruba ayrılmıştır. 1. gruptaki kökler 1 W'dan 6 W'a kadar su-hava spreyi kullanılmadan, 2. gruptaki kökler ise yine 1 W'dan 6 W'a kadar % 50 su ve % 48 hava kullanılmıştır. 1 saniye ışınlama yapıp, 2 saniye ara verilmiş ve bu işlem 3 kez tekrarlanmıştır. 1. grupta 2 W üzerinde ışınlama yapılan dişlerin tümünde karbonizasyon ve çatlaklar meydana geldiği görülmüştür. Fakat 1 W ile ışınlama yapılan dişlerin sadece bazı bölgelerinde karbonizasyon ve çatlak oluşmuştur. Ancak 1. gruptaki bütün dişlerde çatlak ve karbonizasyon meydana geldiği bildirilmiştir. 2. grupta ise sadece 5 W ve 6 W ile ışınlama yapılan dişlerde bazı çatlamlar meydana geldiği, 5 W'ın altında çıkış gücü kullanılan gruplarda herhangi bir karbonizasyon veya çatlak oluşmadığı bildirilmiştir. Su ve hava spreyi kullanılan dişlerde dentin tübüllerinin açık olduğu ve kök kanal yüzeylerinin debris içermediği, ayrıca erime ya da rekristalizasyon meydana gelmediği belirtilmiştir. En yüksek ısı artışı ($>37.1^0$ C) hava-su spreyi kullanılmadan 6 W lazer uygulanan grupta görülmüştür. Hava-su soğutması ile birlikte 6 W uygulanan grupta ise maksimum 8^0 C sıcaklık artışı olduğu belirtilmiştir. Bu çalışma sonunda araştırmacılar, Er,Cr:YSGG lazerin su spreyi ile birlikte kullanılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Schoop ve diğerleri (2004) yaptıkları bir çalışmada, Nd:YAG, Diyod, Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerleri kullanarak kök kanal dezenfeksiyonundaki etkilerini karşılaştırmışlardır. Mikroorganizma olarak *Escherichia coli* (*E. coli*) ve *E. faecalis* kullanmışlardır. 400 µm çapında fiber uç kullanılmış ve diyod, Nd:YAG ve Er:YAG için 15 Hz, Er,Cr:YSGG lazer içinse 20 Hz atım modu seçilmiştir. Lazerlerin tümünde 1 W ve 1.5 W çıkış gücü uygulanmıştır. 15 saniye ara verilerek 5 kere 5 saniyelik ışınlamalar yapılmıştır. Hiçbir lazer cihazında su ve hava spreyi kullanılmamıştır. 1 W çıkış gücü kullanıldığı zaman Er:YAG lazerin *E. coli* üzerinde en etkili dalga boyu olduğu, 1.5 W çıkış gücünde ise Er:YAG lazerin *E.*

coli 'yi tamamen elimine ettiği bildirilmiştir. Kullanılan bütün lazer sistemlerinin *E. faecalis*'in eliminasyonunda yetersiz kaldığı gösterilmiştir. Bütün lazer sistemlerinde 1.5 W ıkış gücü kullanımıyla birlikte daha iyi sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir.

Ishizaki ve diğerleri (2004) yaptıkları bir çalışmada, Er,Cr:YSGG lazerin 3 değişik endodontik uç ile, su soğutması ile birlikte farklı güç ayarlarında uygulanmasıyla kök yüzeylerindeki ısı artışını, smear tabakası üzerindeki etkisini, ve kök kanal yüzeylerindeki histopatolojik değişimleri değerlendirmişlerdir. Çalışmada 200 µm, 320 µm, 400 µm çapında fiber uçlar kullanılmıştır. 20 Hz atım hızı, 2 W, 3 W ve 5 W ıkış gücü ve üreticinin verdiği oranlarda hava ve su spreyi kullanılmıştır. Apeks bölgesinde 2 saniye, koronale doğru da 5 saniye ışınlama yapılmıştır. 400 µm çapında fiber ucun ve 5 W güç ayarının kullanıldığı grupta maksimum 8⁰ C'lik bir ısı artışının olduğu ve kritik sıcaklık seviyesi olan 10⁰ C'nin üstüne çıkmadığı belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan lazer parametrelerinin kök kanal iriganlarının kullanılmasından sonra smear tabakasının ve debrisin kaldırılmasında etkili olabileceği bildirilmiştir.

Altundasar ve diğerleri (2006) yaptıkları bir araştırmada, Er,Cr:YSGG lazerin yarattığı morfolojik ve kimyasal değişimlerin iki farklı irrigasyon solüsyonuyla karşılaştırılması amaçlanmıştır. İlk grupta % 5.25'lik NaOCl, ikinci grupta % 5.25'lik NaOCl ve Rc-Prep Patı, üçüncü grupta ise 3 W ıkış gücü, % 50 su - % 50 hava, 20 Hz atım hızı parametreleriyle lazer uygulanmış ve % 5.25'lik NaOCl ile irrigasyon yapılmıştır. Rc-Prep+NaOCl grubunda smear tabakasının en fazla kaldırıldığı belirtilmiştir. Er,Cr:YSGG ile lazerleme yapılan örneklerde smear tabakasının kısmen ya da total olarak kaldırıldığı, kollajenlerin dentin tübüllerini örttüğu belirtilmiştir. Bazı bölgelerde ise karbonizasyon ve kısmı erimelerin meydana geldiği bildirilmiştir.

Wang ve diğerleri (2007), Er,Cr:YSGG lazer ile Nd:YAG lazerin *E. faecalis* üzerindeki antibakteriyel etkisini NaOCl ile karşılaştırmışlardır. Er,Cr:YSGG lazer ve Nd:YAG lazer 1 W ve 1.5 W ıkış güçlerinde kullanılmış, 5 ml % 2.5'luk NaOCl ise 2 dakika boyunca uygulanmıştır. Lazer 10 saniye uygulanıp 15 saniye ara verilmiş ve bu işlem 4 defa tekrar edilmiştir. Su ve hava spreyi

kullanılmamıştır. Nd:YAG lazer Er,Cr:YSGG lazere göre daha etkili bulunmuş, fakat hiçbir lazer NaOCl uygulaması kadar etkili olamamıştır.

Schoop ve diğerleri (2007) yaptıkları bir başka çalışmada, Er,Cr:YSGG lazerin bakterisidal, morfolojik ve termal etkilerini araştırmışlardır. Lazerin bakterisidal etkisini 2 bakteri kullanarak- *E. coli* ve *E. faecalis* değerlendirmişlerdir. 300 µm çapında fiber uç, 1 ve 1.5 W çıkış gücü ve 20 Hz atım hızı kullanılmıştır. 5 saniyelik atımlar 20 saniye ara verilerek 5 defa tekrarlanmıştır. Çalışmada hava ve su soğutması kullanılmamıştır. Lazerin 1.5 W gücünde *E. coli* üzerinde daha etkili olduğu fakat *E. faecalis* üzerinde 1 W ve 1.5 W arasında anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir. 1 W gücünde kök yüzeyinde 2.7 ° C'lik ısı artışı olurken, 1.5 W gücünde ise 3.2° C'lik bir ısı artışı gerçekleşmiştir. İki sıcaklık artışının da güvenli sınırlar içinde olduğu belirtilmiştir. SEM incelemesinde ise, 1 W gücünde kökte vertikal yönde kesik oluştuğu, lazerleme işleminden sonra smear tabakasının kaldırıldığı ve dentin tübüllerinin rahatlıkla görüldüğü belirtilmiştir. 1.5 W gücünde ise yer yer erime ve rekristalizasyon olduğu, bazı dentin tübülleri görülürken, bazılarının ise kapandığı bildirilmiştir.

Eldeniz ve diğerlerinin (2007) yaptıkları bir çalışmada, kontamine edilmiş kanallar üzerinde Er,Cr:YSGG lazer ile NaOCl, ayrıca iki farklı apikal foramen genişliğine sahip kanallar üzerinde Er,Cr:YSGG lazerin antibakteriyel etkinliği değerlendirilmiştir. Lazer uygulamasında 200 µm çapında fiber uç, 0.5 W çıkış gücü, % 20 hava ve su kullanılmıştır. Lazerlenen kanalların apikal foramen çapı 0.2 mm ve 0.45 mm olarak ayarlanmıştır. Apikal foramen genişliği 0.2 mm olan başka bir grupta ise 15 ml % 3'lük NaOCl ile 15 dakika boyunca irrigasyon yapılmıştır. % 3'lük NaOCl irrigasyonu ile tam bir dezenfeksiyon sağlanmıştır. Lazerlenen gruplarda ise % 96 oranında bakteriyel azalma gerçekleşmesine rağmen, tam bir eliminasyon gerçekleşmemiştir. Farklı büyüklüklerde apikal foramene sahip dişler arasında fark bulunmazken, NaOCl ile lazer grupları arasında fark bulunmuştur.

Gordon ve diğerlerinin (2007) yaptıkları bir çalışmada, Er,Cr:YSGG lazerin radial emitting lazer uçları kullanılarak, *E. faecalis* ile kontamine edilmiş dentin silindir modelleri üzerindeki dezenfeksiyon etkisi araştırılmıştır. Ne lazer gruplarında (0.175 W ve 0.35 W) ne de NaOCl (% 2.5'lük) gruplarında % 100'lük

bir bakteri eliminasyonunun gerçekleşmediği, fakat Er,Cr:YSGG lazerin NaOCl'e göre daha başarılı sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Araştırmacılar, radial firing endodontik uçlar ile birlikte lazer uygulamasının kök kanal dezenfeksiyonunda alternatif bir yöntem olabileceği sonucuna varmışlardır.

Franzen ve diğerlerinin (2009) yaptıkları bir araştırmada, Er,Cr:YSGG lazerin *E. faecalis* ile kontamine edilmiş farklı kalınlıklarda dentin dilimleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. 0.25 W çıkış gücü, 20 Hz atım hızı, 200 µm çapında fiber uç (MZ2) kullanılmıştır. Su spreyi kullanılmadan, 4 defa 10 saniyelik atım uygulanmış ve aralarda 5 saniye dinlenilmiştir. Bakteri eliminasyonunun dentin diliminin kalınlığına bağlı olduğu ve 100 µm ile 1000 µm kalınlıklar arasında, eliminasyonun % 93 ile % 38 arasında değiştiği belirtilmiştir. Örneklerin morfolojik değişimlerini değerlendirmek için Er:YAG lazer ile Er,Cr:YSGG lazer karşılaştırılmıştır. Er,Cr:YSGG lazer parametreleri değiştirilmeden kullanılmış, Er:YAG lazer içinse 15 Hz atım hızı, 50 mJ atım enerjisi kullanılmıştır. SEM incelemesi sonucunda her iki lazerin dentin yüzeylerinde benzer etkileri olduğu görülmüştür. Işına maruz kalmış yüzeylerde kraterlere benzeyen düzensiz alanların olduğunu, daha az mineralize bir yapıya sahip olan intertübüler dentinin peritübüler bölgelere göre daha çok etkilendiğini, intertübüler dentinin keskin kenarlı görüldüğünü, dentin tübüllerinin açık olduğunu, erime ya da karbonizasyon gerçekleşmediğini belirtmişlerdir.

Schoop ve diğerlerinin (2009) yaptıkları diğer bir çalışmada, Er,Cr:YSGG lazerin radial firing uçlar kullanılarak, kök kanallarındaki bakterisidal, morfolojik ve termal etkileri incelenmiştir. Çalışmada kanalların kontaminasyonu *E. coli* ve *E. faecalis* ile gerçekleştirilmiştir. 200 µm çapında lazer ucu, 2 W ve 3 W çıkış gücü, 20 Hz atım hızı kullanılmıştır. Çalışmada su ve hava soğutması kullanılmamıştır. Lazerleme işlemi aralarda 20 saniye dinlenerek, 5x5 saniye uygulanmıştır. 3 W gücünde *E. coli* örneklerin tümünde elimine edilirken, *E. faecalis* hiçbir örnekte tam olarak elimine edilememiştir. 2 W gücünde kök yüzeyinde 1.3⁰ C artış, 3 W gücünde ise 1.6⁰ C sıcaklık artışı görülmüştür. Her iki artışın da güvenli sınırlar içerisinde olduğu bildirilmiştir. SEM değerlendirmesinde, 2 W gücünde yüzeyin pürüzlü olduğu belirtilmiştir. Bazı dentin tübülleri görülürken, ince bir smear

tabakanın yüzeyde kalmış olduğu gösterilmiştir. Çıkış gücü 3 W'a çıkarıldığı zaman ise, hemen hemen benzer görüntülerin elde edildiği fakat daha temiz bir yüzey ile karşılaşıldığını, dentin tübüllerin çoğunun açık olduğunu ve çatlak veya erime oluşmadığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, uygun parametreler kullanıldığı zaman, bu sistemin kök kanal dezenfeksiyonunda alternatif bir yöntem olabileceği sonucuna varmışlardır.

Arnabat ve diğerlerinin (2010) yaptıkları bir araştırmada, Er,Cr:YSGG lazerin *E. faecalis* ile enfekte edilmiş kök kanallarındaki etkinliği NaOCl ile karşılaştırılmıştır. 200 µm çapında (Z2) lazer ucu, 20 Hz atım hızı, 1 W ve 2 W çıkış gücü kullanılmıştır. % 5'lik NaOCl'in bakteri eliminasyonunda en etkili yöntem olduğu bildirilmiştir. % 5'lik NaOCl uygulamasını, 2 W gücünde 60 saniye lazer uygulaması, ardından 1 W gücünde 120 saniye lazer uygulanması, daha sonra 30 saniye 1 W ve 2 W lazer uygulamaları ve % 0.5'lik NaOCl takip etmiştir. Lazer işlemine bağlı olarak ısı artışını değerlendirdiklerinde, 3⁰ C civarında bir artış olduğunu ve bunun da dokulara zarar verecek bir artış olmadığı belirtmişlerdir. Çalışmanın sonucunda Er,Cr:YSGG lazerin, kök kanal tedavisinde dezenfeksiyon amaçlı kullanılabilecek umut verici bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

Yavari ve diğerleri (2010) yaptıkları çalışmalarında, *E. faecalis* ile kontamine edilmiş kök kanallarında Er,Cr:YSGG lazeri yüksek güç ayarlarında kullanarak NaOCl ile karşılaştırmayı amaçlamışlardır. 20 Hz atım hızı, % 20 su-hava, 200 µm çapında Z2 fiber uç, 2 W ve 3 W parametreleri kullanılmıştır. 8 saniyelik uygulama, 30 saniye dinlenme şeklinde atım yapılmış, bu işlem 2 defa tekrarlanmıştır. Kontrol grubuna ise 5 ml % 1'lik NaOCl, toplamda 15 dakika olacak şekilde uygulanmıştır. NaOCl grubunda tamamen eliminasyon gerçekleşirken, lazer gruplarında bütün bakteriler elimine edilememiştir.

Onay ve diğerlerinin (2010) yaptıkları bir araştırmada, Er,Cr:YSGG lazerin farklı güç ayarlarında, NaOCl ile kombine edilerek veya tek başına kullanılarak *C. albicans* üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Z3 fiber ucu, 20 Hz atım hızı, % 35 hava, % 0 su, 1 W ve 0.75 W parametreleri kullanılmıştır. Lazer 5x5 saniye olarak uygulanmıştır. 2 ml % 5.25'lik NaOCl ise 1 dakika boyunca, 1 W ve 0.75 W lazer uygulamaları ile kombine olarak ve tek başına uygulanmıştır. 1 W lazer ve % 5.25

NaOCl'in kombine olarak uygulandığı grupta en yüksek antifungal etki (% 92) görülmüştür. Bunu 1W lazer grubu (% 90.6) izlemiştir. NaOCl'in tek başına uygulandığı grupta ise en düşük (% 83.3) azalma meydana gelmiştir. *C. albicans* hiçbir grupta tamamen elimine edilememiştir. Yapılan SEM incelemesinde ise, NaOCl uygulanan grupta dentin duvarlarının neredeyse tamamının smear tabakası ile kaplı olduğu gösterilmiştir. Ayrıca 1 W lazer uygulamasının 0.75 W lazer uygulamasına göre *C. albicans* ve smear tabakası üzerinde daha etkili olduğunu, yüzeylerin temiz sayılabileceğini, sadece biraz maya hücre kalıntılarının ve debrisin mevcut olduğu belirtilmiştir.

Cheng ve diğerlerinin (2012) yaptıkları bir çalışmada, Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG lazerlerin ve antimikrobiyal FotoDinamik Terapi'nin (aPDT) deneysel olarak *E. faecalis* ile enfekte edilmiş dişler üzerindeki bakterisidal etkileri değerlendirilmiştir. Nd:YAG lazer 200 µm çapında fiber uç kullanılarak, 15 Hz atım hızında, 1.5 W gücünde uygulanmıştır. Işınlama 4 saniye yapılmış, 15 saniye ara verilip işlem 4 kez tekrar edilmiştir. Er:YAG lazer grubunda, kanallar %5.25'lik NaOCl, serum fizyolojik ve distile su ile doldurulduktan sonra 300 µm çapında fiber optik kullanılarak 20 saniye, 0.3 W gücünde ve 15 Hz atım hızında ışınlama yapılmıştır. 3. grupta aynı parametreler kullanılarak Er:YAG lazer, serum fizyolojik ve distile su ile birlikte uygulanmıştır. Er,Cr:YSGG lazer 415 µm çapında fiber uç kullanılarak, 1 W gücünde, 20 Hz atım hızında 12 saniye ışınlama yapıp, 15 saniye ara verilmiş ve bu işlem 4 kez tekrar edilmiştir. aPDT grubunda ise kanallar metilen mavisi ile doldurulup, 2 mm çapında fiber optik kullanarak, 20 Hz atım hızında, 60 saniye boyunca LED ışığı ile aktive edilmiştir. NaOCl grubunda 5 ml % 5.25'lik NaOCl 60 saniye, serum fizyolojik grubunda ise 5 ml % 0.9'luk fizyolojik salin solüsyonu 60 saniye boyunca uygulanmıştır. Bir tek Er:YAG lazerin NaOCl, serum fizyolojik ve distile su ile kombine edildiği çalışma grubunda % 100'lük bir bakteri eliminasyonu elde edilmiştir.

Abad-Gallegos ve diğerleri (2009) yaptıkları çalışmada, Er,Cr:YSGG lazer kullanılarak eksternal kök yüzeylerinde meydana gelen sıcaklık artışını incelemiştir. 200 µm çapında yeni endodontik fiber uç ile, hava ve su spreyi kullanmadan, 1 W ve 2 W çıkış güçlerinde, 30 saniye boyunca lazerleme

yapılmıştır. Çalışmada kesici ve kanin dişler kullanılmış, ısı ölçümü lazerlemenin hemen ardından ve işlem bittikten 30 saniye sonra kaydedilmiştir. Hiçbir örnekte 6°C'nin üzerinde ısı artışı gerçekleşmemiştir. Bu ısı artışının komşu dokular için tehlike yaratmadığından, klinik olarak önemsiz olduğu belirtilmiştir.

Silva ve diğerleri (2010) Er,Cr:YSGG lazeri farklı çıkış güçlerinde kullanarak kök kanal duvarlarındaki permeabilityi değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında 0.75 W, 1.5 W ve 2.5 W çıkış güçleri, % 24 su, % 34 hava ve 400 µm çapında esnek fiber uç kullanılmıştır. 2.5 W uygulanan grupta diğer deney grupları ve kontrol grubuna göre daha yüksek infiltrasyon değerleri gösterilmiştir. SEM incelemesinde 0.75 W uygulanan grubun kontrol grubundan bir farkı olmadığı, 1.75 W ve 2.5 W uygulanan gruplarda ise smear tabakasının kaldırıldığı, dentin tübüllerinin açık olduğu, erime ya da karbonizasyon gerçekleşmediği, sadece çatlakların ve fissürlerin olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, Er,Cr:YSGG lazerin klinik kullanım için uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Licata ve diğerleri (2013), yaptıkları çalışmada birlikte kullandıkları NaOCl ve RFT sistemiyle Er,Cr:YSGG lazerin *E. faecalis* üzerindeki antimikrobiyal etkinliklerini değerlendirmişlerdir. Araştırmada 30 ve 60 saniye 0.75 W ışınlama yapılan dişlerde sırasıyla % 92.3 ve % 100 *E. faecalis* eliminasyonu gerçekleşirken, 0.25 W, 60 saniye ışınlama yapılan grupta % 46.1, kontrol grubunda ise % 92.3 oranında bakteri eliminasyonu rapor edilmiştir.

Martins ve diğerleri (2013), Er,Cr:YSGG lazer ile RFT sistemini kullanarak, nekrotik pulpalı asemptomatik dişlere sahip hastalar üzerinde in vivo bir çalışma yapmışlardır. Karşılaştırma grubunda ise NaOCl ve kalsiyum hidroksit kullanılmıştır. NaOCl grubunda 6 ay içerisinde % 66.67 oranında iyileşme görülürken, lazer grubunda ise % 58.82 oranında dişte iyileşme, % 82.35 dişte iyileşme başlangıcı ve % 17.65 oranında dişte de değişiklik görülmemiştir. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Martins ve diğerlerinin (2014) yaptıkları başka bir in vivo çalışmada ise, apikal periodontitistli ve pulpa testlerine negatif cevap veren dişlerde % 3'lük NaOCl ve RFT ile birlikte kullanılan Er,Cr:YSGG lazeri karşılaştırmışlardır. NaOCl

uygulanan dişlerin hişbirinde başarıszlık görülmezken, lazer grubunda dişlerin % 88.90'ında iyileşme, % 11.1'inde ise iyileşme başlangıcı görülmüştür. Çalışmanın sonunda, Er,Cr.YSGG lazerin konvansiyonel irrigasyonlar kadar etkili olabildiği bildirilmiştir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada *E. faecalis* ve *C. albicans* ile enfekte edilen diş köklerinde Er,Cr:YSGG lazerin (Waterlase MD, Biolase Technology, ABD) antibakteriyel ve antifungal etkinliğinin % 5'lik NaOCl'e alternatif bir yöntem olup olmadığı araştırıldı.

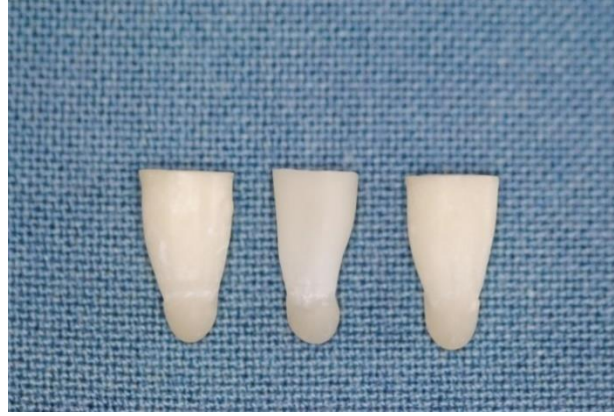
Araştırmamızın deneylerinde kullanılacak, çekim endikasyonu konulan dişlerin toplanabilmesi için hastalara araştırma hakkında bilgi verildi ve aydınlatılmış onam formları imzalatıldı.

Çalışmamızın ilk parametresinde 116 adet tek köklü ve tek kanallı insan alt küçük azı dişi kullanıldı. Eğri köklü dişler çalışma dışında tutuldu. Dişler çekildikleri andan itibaren deney aşamasına kadar serum fizyolojik içerisinde bekletildi.

3.1. Çalışmada Kullanılan Deney Örneklerinin Hazırlanması:

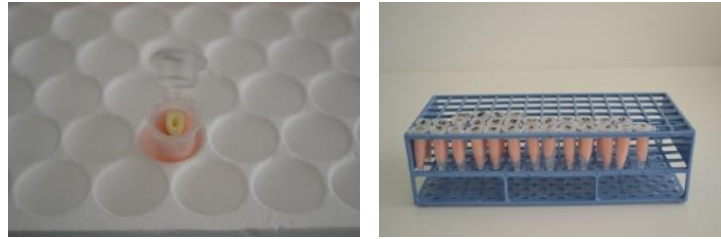
Dişlerin üzerindeki eklentiler uzaklaştırıldıktan sonra alev uçlu frez ile kalan kök boyu 12 mm olacak şekilde kesildi ve tüm dişler standart hale getirildi. Kök kanalının açık olduğunu doğrulamak amacı ile 10 numaralı K tipi eğe apeksten görülünceye kadar ilerletildi. Her diş için çalışma boyu 11 mm olacak şekilde kanallar Nikel Titanyum K tipi eğeler (Shenzhen Denco Medical Co., Ltd, China) kullanılarak step-back tekniğiyle ISO #55'e kadar şekillendirildi. Şekillendirme sırasında kanallar serum fizyolojik ile irrigate edildi.

Kanallar kağıt konlarla (Meta Biomed Co., Ltd, Korean) kurulandıktan sonra dişlerin apeksleri ışınli kompozit dolgu ile kapatıldı (Şekil 3.1). Daha sonra köklerin dış yüzeylerine tırnak cilası sürüldü. Kanal ağızlarına pamuk pelet yerleştirilip üzeri geçici kanal dolgusu (Cavit™ G, 3M ESPE) ile kapatıldı.



Şekil 3.1. Kök boyu 12 mm olacak şekilde kronları kesilmiş ve apeksleri kompozit rezinle kapatılmış örnekler.

Dişler mikrobiyolojik deneylerin yapılabilceği eppendorf tüplerin içerisine soğuk akrilik kullanılarak sabitlendi (Şekil 3.2). Tüplerin kapaklarının tam olarak kapanabildiğinden emin olundu. Akriliğin polimerizasyonu tamamlandıktan sonra kanal ağzındaki geçici dolgu ve pamuk peletler uzaklaştırıldı. Kanallarda artık madde kalmadığından emin olmak için tüm kanallar tekrardan serum fizyolojik ile basınçlı bir şekilde yıkandı. Serum fizyolojiğin kanalda kalan kısmı enjektörle çekilip kanallar paper-point'lerle kurutuldu.



Şekil 3.2. Eppendorf tüplerin içerisine yerleştirilmiş örnekler.

Hazırlanan örnekler Yakın Doğu Üniversitesi Hastanesi Mikrobiyoloji Laboratuvarına ulaştırıldı. Tüm örnekler 121⁰ C'de 15 dakika otoklavlandı. Sterilizasyonun kontrolü, otoklav kontrol bandı ile doğrulandı.

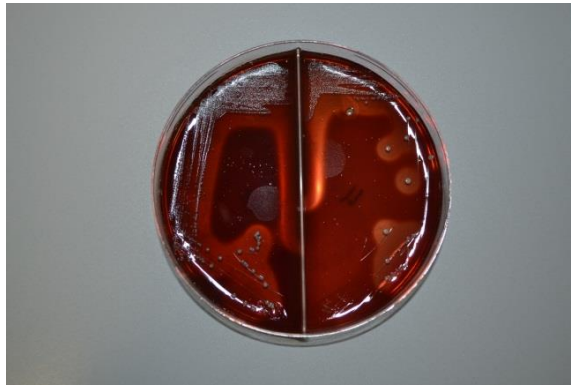
3.2. Çalışmada Kullanılan Mikroorganizmalar:

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

3.3. Standart Mikroorganizmaların Üretilmesi ve Mikroorganizmaların Deney İçin Hazırlanması:

Standart *E. faecalis* (*E. faecalis* ATCC 29212) bakteri süspansiyonundan Beyin Kalp İnfüzyon Broth (BHIB) (Oxoid Microbiology Products-UK) içerisine 0.5 ml ve % 5 koyun kanlı agar (Merck Millopore) besiyerine 50 µl ekimler yapıldı ve besiyerler 37⁰ C’de 24 saat inkübe edildi.

Standart *C. albicans* (*C. albicans* ATCC 90028) maya süspansiyonundan BHI Broth içerisine 0.5 ml ve Saboraud Dextrose Agar (SDA) (Becton Dickinson, USA) besiyerine 50 µl ekimler yapıldı ve besiyerler 37⁰ C’de 48 saat inkübe edildi. İnkübasyon süresini takiben sıvı ve katı besiyerleri üreme açısından kontrol edildi (Şekil 3.3, 3.4).



Şekil 3.3. *E. faecalis*’in üremesine ilişkin koyun kanlı besiyer görüntüsü.



Şekil 3.4. *C. albicans*'ın üremesine ilişkin SDA görüntüsü.

3.4. Deney ve Kontrol Gruplarının Oluşturulması:

Dişler otoklavda steril edildikten sonra 8 adet diş pozitif kontrol ve 8 adet diş negatif kontrol grubu olarak ayrıldı. Geriye kalan 100 adet diş iki gruba ayrıldı. 1. gruptaki 50 adet diş *E. faecalis* ile, 2. gruptaki 50 adet diş *C. albicans* ile enfekte edildi. Daha sonra 25'er alt gruplar halinde 4 deney grubu oluşturuldu.

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

Grup 1A: Er,Cr:YSGG Lazer Grubu (25 örnek)

Grup 1B: % 5'lik NaOCl Grubu (25 örnek)

Grup 1C: Pozitif Kontrol Grubu (4 örnek)

Grup 1D: Negatif Kontrol Grubu (4 örnek)

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

Grup 2A: Er,Cr:YSGG Lazer Grubu (25 örnek)

Grup 2B: % 5'lik NaOCl Grubu (25 örnek)

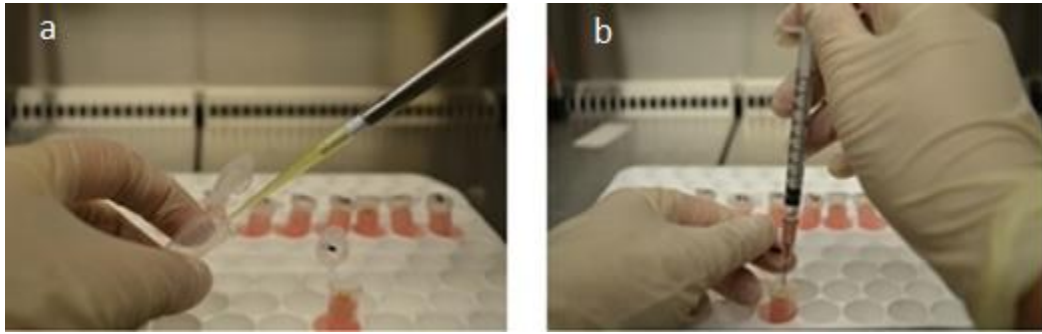
Grup 2C: Pozitif Kontrol Grubu (4 örnek)

Grup 2D: Negatif Kontrol Grubu (4 örnek)

3.5. Kök Kanallarının Enfekte Edilmesi:

Dişler laboratuvara getirilmeden bir gün önce *E. faecalis* ve *C. albicans* suşları pasajlandı ve 37⁰ C’de 24-48 saat inkübe edildi. Öze yardımıyla plaklardaki saf kültürlerden alınan mikroorganizmalar kendilerine ait 4 ml BHI Broth bulunan serolojik cam tüplere aktarılıp vortekslendi ve PhoenixSpec (Becton Dickinson, USA) cihazı kullanılarak McFarland 0.5 bulanıklık elde edilinceye kadar bu işleme devam edildi. Elde edilen bakteri süspansiyonları vorteks cihazında (VELP Scientifica, Italy) 10 sn. titreşime tabi tutuldu.

Hazırlanan 0.5 McFarland *E. faecalis* bakteri süspansiyonundan her bir enfekte edilecek diş için 30 µl steril uçlu otomatik pipet (Gilson, France) ile steril eppendorf tüplere konuldu (Şekil 3.5.a). Steril insülin enjektörü kullanılarak eppendorf tüp içerisindeki 30 µl bakteri süspansiyonu alınıp kök kanallarına enjekte edildi (Şekil 3.5.b). Aynı işlemler *C. albicans* için tekrarlandı. Enfekte edilen kök kanalları *E. faecalis* için 37⁰ C’de 24 saat, *C. albicans* için 37⁰ C’de 48 saat inkübe edildi. Bütün ekimler güvenlik kabini (Thermo Scientific, Herasafe KS Class II, Type A2 Biological Safety Cabinets) içerisinde gerçekleştirildi (Şekil 3.6).



Şekil 3.5. Otomatik pipet yardımıyla 30 µl mikroorganizma süspansiyonunun eppendorf tüp içerisine yerleştirilmesi ve ardından insülin enjektörü ile kanallara enjekte edilmesi.



Şekil 3.6. Mikrobiyolojik işlemlerin gerçekleştirildiği güvenlik kabini.

3.6. Enfekte Edilen Kök Kanallarının Başlangıç Cfu/ml Değerlerinin Belirlenmesi:

Her bir kök kanalı için steril uçlu otomatik pipet ile steril eppendorf tüplerine 30 µl serum fizyolojik (Polifarma, Türkiye) konuldu. Steril insülin enjektörü ile 30 µl serum fizyolojik çekildi ve kök kanalının içerisinde birkaç kere çekilip alınarak % 5 koyun kanlı agar besiyerine *E. faecalis* için işlem öncesi kontrol ekimleri yapıldı. *C. albicans* için SDA besiyeri kullanıldı. % 5 koyun kanlı agar besiyerleri 37⁰ C’de 24 saat, SDA besiyerleri 37⁰ C’de 48 saat inkübe edildi. İnkübasyon sonunda her bir kök kanalı için başlangıç cfu/ml değerleri belirlendi. Bütün ekimler güvenlik kabini içerisinde gerçekleştirildi.

3.7. Dezenfeksiyon İşlemleri:

3.7.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl) Grupları

1B ve 2B gruplarında kök kanallarının her birine 2 ml % 5’lik NaOCl (Wizard, Rehber Kimya, İstanbul, Türkiye), 2 dakika süre ile uygulandı. NaOCl uygulamasının ardından kanal içerisinde kalan irrigasyon solüsyonu her dişte ayrı steril enjektör kullanılarak geri çekildi ve tüplerin kapakları kapatıldı.

3.7.2. Er,Cr:YSGG Lazer Grupları

1A ve 2A gruplarında 20 Hz, 2 W gücünde, % 25 su ve % 35 hava ile birlikte, 200 µm radial firing uç kullanılarak Er,Cr:YSGG lazer, 6 saniye lazer uygulaması, 20 saniye dinlenme şeklinde 4 period uygulandı (Şekil 3.7, 3.8). Toplamda 24 saniye ışınlama yapıldı. Lazer ucu, çalışma boyunca kanala yerleştirildi ve her bir saniyede lazer ucu 2 mm apikalden koronale doğru dairesel hareketlerle geri çekildi.



Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan Er,Cr:YSGG lazer cihazı ve Golden Handpiece.



Şekil 3.8. Lazer Parametreleri.

Her lazerlemeden sonra fiber uç kontrol edildi. Uçta herhangi bir deformasyon meydana gelmiş ise uç değiştirildi. Ucu tekrar kullanıldığı durumlarda, her örnek arası lazer ucu öncelikle izopropil alkol (Tekkim Kimya, Bursa, Türkiye) ile dolu olan kaba, daha sonra da serum fizyolojik (% 0.9 izotonik sodyum klorür, Polifarma, İstanbul, Türkiye) ile dolu olan kaba batırılarak ve daha sonra steril bir gazlı bez ile silinerek dezenfekte edildi.

Lazer uygulaması sonrasında kanallara herhangi bir irrigasyon yapılmadı, kanallardaki su her dişte ayrı steril enjektör kullanılarak geri çekildi.

3.7.3. Pozitif Kontrol Grupları

1C ve 2C pozitif kontrol gruplarındaki örneklerin sadece mikrobiyal inokülasyonu gerçekleştirildi. Dezenfeksiyon amaçlı herhangi bir işlem uygulanmadı.

3.7.4. Negatif Kontrol Grupları

1D ve 2D negatif kontrol gruplarındaki örnekler sadece otoklavda steril edildi. Herhangi bir mikrobiyal inokülasyon veya dezenfeksiyon işlemi gerçekleştirilmedi.

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

Her bir kök kanalı için 30 µl steril uçlu otomatik pipet ile steril eppendorf tüplerine serum fizyolojik konuldu. Steril insülin enjektörü ile 30 µl serum fizyolojik çekildi ve kök kanalının içerisinde birkaç kere çekilip alınarak % 5 koyun kanlı agar besiyerine *E. faecalis* için işlem sonrası ekimleri yapıldı. *C. albicans* için SDA besiyeri kullanıldı. % 5 koyun kanlı agar besiyerleri 37⁰ C’de 24 saat, SDA besiyerleri 37⁰ C’de 48 saat inkübe edildi. İnkübasyon sonunda her bir kök kanalı için işlem sonrası cfu/ml değerleri belirlendi. Bütün ekimler güvenlik kabini içerisinde gerçekleştirildi.

3.9. Çalışmada Kullanılan Örneklerinin SEM İncelemesi İçin Hazırlanması:

Çalışmamızın SEM parametresinde 20 adet tek köklü ve tek kanallı insan alt küçük azı dişi kullanıldı. Eğri köklü dişler çalışma dışında tutuldu. Dişlerin üzerindeki eklentiler uzaklaştırıldıktan sonra alev uçlu frez ile kalan kök boyu 12 mm olacak şekilde kesildi ve tüm dişler standart hale getirildi. Kök kanalının açık olduğunu doğrulamak amacı ile 10 numaralı K tipi eğe apeksten görülünceye kadar ilerletildi. Her diş için çalışma boyu 11 mm olacak şekilde kanallar Nikel Titanyum K tipi eğeler (Shenzhen Denco Medical Co., Ltd, China) kullanılarak step-back tekniğiyle ISO #55'e kadar şekillendirildi. Şekillendirme sırasında kanallar serum fizyolojik ile irrigate edildi. Daha sonra steril enjektör yardımıyla kanalların içerisinde kalan serum fizyolojik geri çekildi.

10 diş deney gruplarında uygulanan parametre kullanılarak Er,Cr:YSGG lazer uygulandı. Kalan 10 diş de NaOCl uygulandı. Kanallar içerisinde kalan sıvılar steril enjektör kullanılarak geri çekildi. Cam iyonomer siman (GC Fuji IX GP) kullanılarak köklerin apikal forameni ve kanal ağızları ince bir katman halinde kapatıldı. Daha sonra alev uçlu frez sulu çalıştırılarak, köklerin bukkal ve lingual yüzeylerine vertikal yönde oluklar açıldı. Bu işlemin ardından kökler tek tek steril gaza bezinin üzerine yerleştirilerek, açtığımız oluklar rehber oluşturacak şekilde siman spatülü yardımıyla ikiye ayrıldı. Ardından ikiye ayrılan kökler küvet içerisine önceden yerleştirilmiş çift taraflı bantlar üzerine yapıştırılıp Ankara Orta Doğu Teknik Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Fakültesi'ne SEM (JSM 6400, JEOL, Tokyo, Japan) incelemesi için ulaştırıldı (Şekil 3.9). Örneklerin hepsi Platin ile kaplandıktan sonra SEM incelemesi için hazır hale getirildi (Şekil 3.10). Örneklerin koronal 1/3, orta 1/3 ve apikal 1/3 bölgelerinden x100, x500 ve x2000 büyütme ile görüntüler alınarak lazerleme ve NaOCl irrigasyonu sonrası kök kanal duvarlarındaki morfolojik değişimler ve smear tabakası üzerine etkileri değerlendirildi.



Şekil 3.9. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)



Şekil 3.10. SEM incelemesi için platin kaplanmış örnekler.

3.10. İstatistiksel Analiz:

Bu çalışmada istatistiksel analizler SPSS 18.0 paket programı ile yapıldı. Verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistikler için ortanca, 1. ve 3. çeyreklikler, ortalama ve standart sapma değerleri hesaplandı. Veriler normal dağılım koşulunu sağlamadığı için parametrik olmayan hipotez testleri uygulandı. Lazer ve NaOCl uygulamalarında, işlem öncesi ve sonrası bakteri sayıları arasındaki farklılıkların değerlendirilmesi amacıyla Wilcoxon testi uygulandı. Dezenfeksiyon yöntemlerinin birbiriyle ve farklı bakteriler üzerindeki etkilerinin kıyaslanmasında Mann Whitney U testi kullanıldı. Sonuçlar, anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirildi. Çalışma öncesinde yapılan örneklem büyüklüğü hesaplamalarına göre, çalışmanın gücünün en az % 80 olması hedeflenerek ve % 95 güven aralığı ile araştırma gruplarının 25'er adet dişten oluşması gerektiği hesaplandı. Örneklem büyüklüğü hesabı için PASS yazılımı (Version 11.0) kullanıldı.

4. BULGULAR

Bu araştırmada *E. faecalis* (Grup 1) ve *C. albicans* (Grup 2) ile enfekte edilen kök kanallarının dezenfeksiyonu için Er,Cr:YSGG lazer ve NaOCl (% 5) uygulamasını takiben elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. Her iki grupta kök kanallarına dezenfeksiyon işlemi uygulandıktan sonra üreyen koloni miktarlarının medyanları, ortalamaları ve standart sapmaları belirlenerek birbirleri ile kıyaslanmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular tablo ve grafiklerle gösterilmiştir.

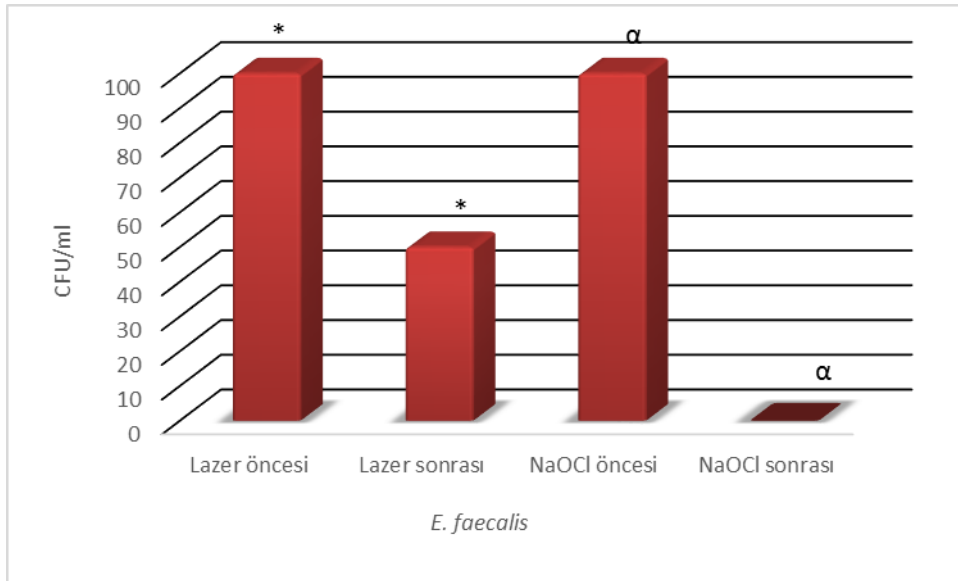
Dezenfeksiyon işlemleri öncesinde alınan kültürlerde, başlangıç mikroorganizma sayıları tüm gruplarda benzer değerler göstermiştir ($p>0.05$). 24 saatlik inkübasyon sonunda kök kanallarında yaklaşık 10^8 CFU/ml konsantrasyonda *E. faecalis*, 48 saatlik inkübasyon sonunda ise 10^6 CFU/ml konsantrasyonda *C. albicans* ürediği görülmüştür. Bu sonuç deney gruplarındaki tüm örneklerde başlangıç mikroorganizma sayısının homojen olduğunu göstermektedir.

4.1. *E. faecalis* ile Enfekte Edilen Örneklerden Elde Edilen Bulgular:

Wilcoxon testi ile verilerin değerlendirilmesi sonucu lazer ve NaOCl uygulamaları öncesi ve sonrası *E. faecalis* grubunda kök kanallarından elde edilen mikroorganizma sayılarında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunmuştur ($p=0.000$). Lazer uygulama öncesi ve lazer uygulama sonrası ortancadaki düşüş % 50 olmuştur. NaOCl uygulama öncesi ve sonrasında ise ortalama % 100 azalmıştır (Tablo 4.1, Şekil 4.1).

Tablo 4.1. Deney gruplarındaki *E. faecalis* miktarlarının ortalama değerleri, ortalamaları ve standart sapma değerleri.

GRUP 1A ve 1B	Ortanca (Q1-Q3)	Ort $\pm$ SS	P
Lazer öncesi	100 (100-100)	100 $\pm$ 0	0,000
Lazer sonrası	50 (0-80)	34,72 $\pm$ 24,75	
NaOCl öncesi	100 (100-100)	100 $\pm$ 0	0,000
NaOCl sonrası	0 (0-0)	0 $\pm$ 0	



Şekil 4.1. Deney gruplarındaki *E. faecalis*'in dağılımı.

* Lazer uygulamasından sonra başlangıç ve son durum arasındaki istatistiksel karşılaştırma ($p=0,000$)

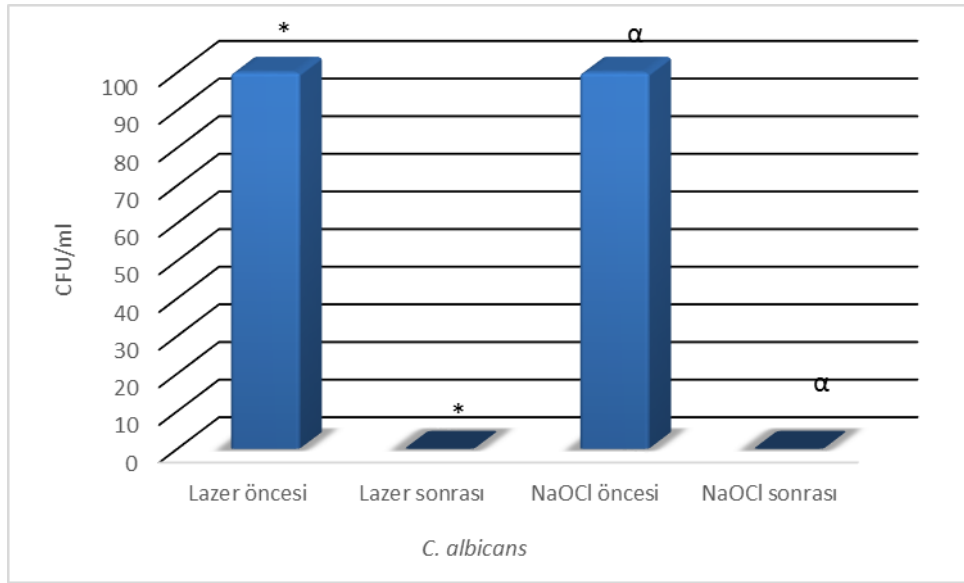
α NaOCl uygulamasından sonra başlangıç ve son durum arasındaki istatistiksel karşılaştırma ($p=0,000$)

4.2. *C. albicans* ile Enfekte Edilen Örneklerden Elde Edilen Bulgular:

Wilcoxon testi ile veriler değerlendirildiği zaman, *C. albicans* grubunda da lazer ve NaOCl uygulamaları öncesi ve sonrası kök kanallarından alınan mikroorganizma sayılarında istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmuştur ($p=0,000$). Hem lazer uygulama öncesi ve sonrası, hem de NaOCl uygulama öncesi ve sonrasında ortancadaki düşüş % 100 olmuştur (Tablo 4.2, Şekil 4.2).

Tablo 4.2. Deney gruplarındaki *C. albicans* miktarlarının ortanca değerleri, ortalamaları ve standart sapma değerleri.

GRUP 2A ve 2B	Ortanca (Q1-Q3)	Ort $\pm$ SS	P
Lazer öncesi	100 (50-100)	96 $\pm$ 13,84	0,000
Lazer sonrası	0 (0-100)	20 $\pm$ 26,77	
NaOCl öncesi	100 (50-100)	90,40 $\pm$ 18,81	0,000
NaOCl sonrası	0 (0-0)	0 $\pm$ 0	



Şekil 4.2. Deney gruplarındaki *C. albicans*'ın dağılımı.

* Lazer uygulamasından sonra başlangıç ve son durum arasındaki istatistiksel karşılaştırma ($p=0,000$)

α NaOCl uygulamasından sonra başlangıç ve son durum arasındaki istatistiksel karşılaştırma ($p=0,000$)

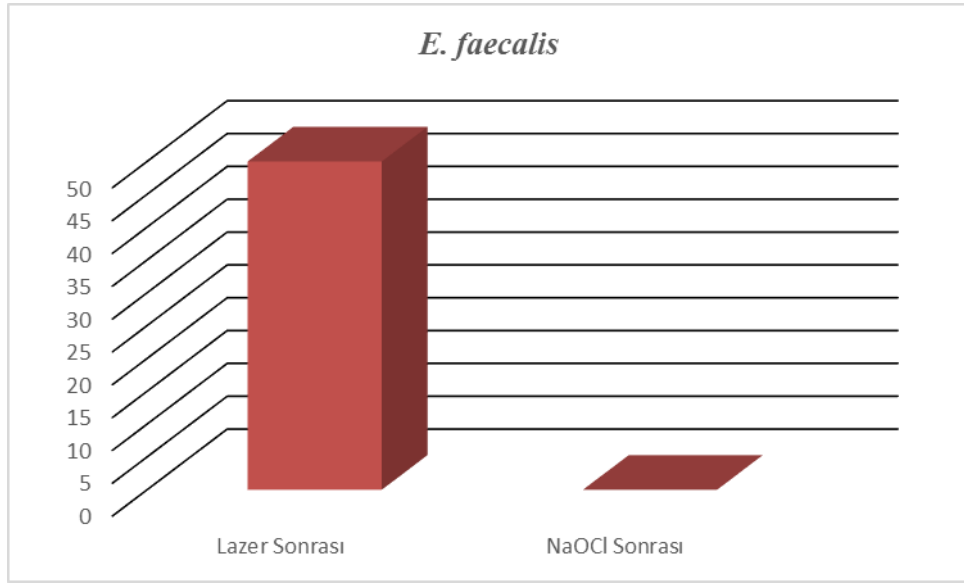
4.3. *E. faecalis* ve *C. albicans* ile Enfekte Edilmiş Örneklerin Gruplar Arası Karşılaştırması:

Mann Whitney U testi ile verilerin incelenmesi sonucu, her iki mikroorganizma grubunun lazer ve NaOCl işlem sonraları kendi içinde karşılaştırılmıştır. Her iki mikroorganizma grubunda da lazer ve NaOCl dezenfeksiyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p=0,000$) (Tablo 4.3, Şekil 4.3, Tablo 4.4, Şekil 4.4). Her iki grupta lazer ile yapılan dezenfeksiyonda, NaOCl uygulaması kadar başarı elde edilememiştir.

Lazer ve NaOCl uygulamalarının mikroorganizmalar üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, iki mikroorganizma arasında lazer uygulamasında anlamlı farklılık görülürken ($p=0,019$) (Tablo 4.5, Şekil 4.5), lazer uygulamasının *E. faecalis*'e göre *C. albicans* üzerinde daha etkili bir yöntem olduğu görülmüştür. NaOCl uygulaması sonrasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p=1,000$) (Tablo 4.6, Şekil 4.6).

Tablo 4.3. *E. faecalis* eliminasyonunda lazer ve NaOCl yöntemlerinin karşılaştırılması.

<i>E. faecalis</i>			
	Ortanca (Q1-Q3)	Ort $\pm$ SS	P
Lazer sonrası	50 (0-80)	34,72 $\pm$ 24,75	0,000
NaOCl sonrası	0 (0-0)	0 $\pm$ 0	

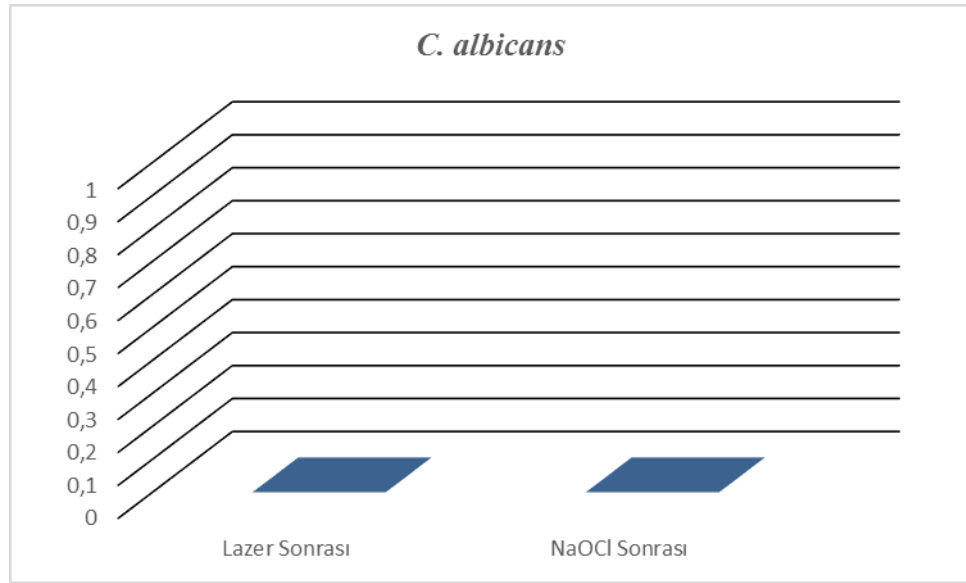


Şekil 4.3. *E. faecalis* eliminasyonunda lazer ve NaOCl yöntemlerinin karşılaştırılması.

E. faecalis eliminasyonunda kullanılan iki yöntem arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p=0,000$).

Tablo 4.4. *C. albicans* eliminasyonunda lazer ve NaOCl yöntemlerinin karşılaştırılması.

<i>C.albicans</i>			
	Ortanca (Q1-Q3)	Ort $\pm$ SS	P
Lazer sonrası	0 (0-100)	20 $\pm$ 26,77	0,000
NaOCl sonrası	0 (0-0)	0 $\pm$ 0	

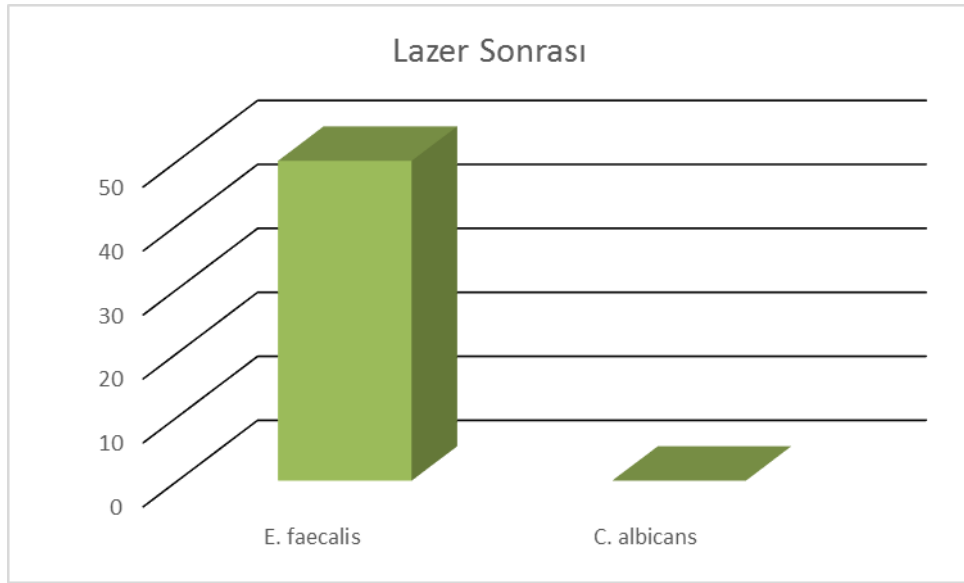


Şekil 4.4. *C. albicans* eliminasyonunda lazer ve NaOCl yöntemlerinin karşılaştırılması.

C. albicans eliminasyonunda kullanılan iki yöntem arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p=0,000$).

Tablo 4.5. Lazer yönteminin farklı suşlar üzerinde gösterdikleri performansların kıyaslanması.

Lazer sonrası	<i>E. faecalis</i>		<i>C. albicans</i>		P
	Ortanca (Q1-Q3)	Ort $\pm$ SS	Ortanca (Q1-Q3)	Ort $\pm$ SS	
	50 (0-80)	34,72 $\pm$ 24,75	0 (0-100)	20 $\pm$ 26,77	

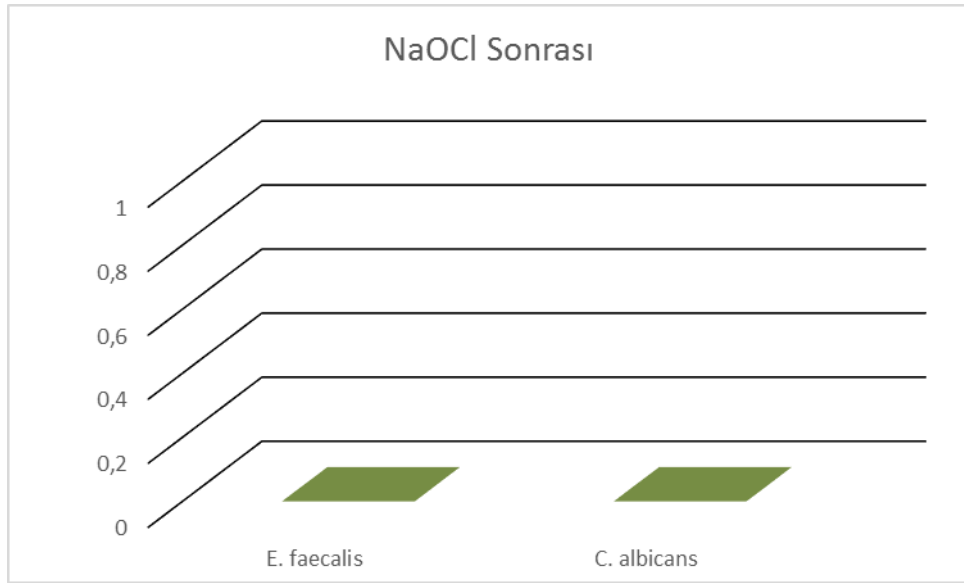


Şekil 4.5. Lazer yönteminin farklı suşlar üzerinde gösterdikleri performansların kıyaslanması.

Lazer uygulamasının iki mikroorganizma üzerindeki antimikrobiyal etkinliğinde anlamlı fark bulunmuştur ($p=0.019$).

Tablo 4.6. NaOCl yönteminin farklı suşlar üzerinde gösterdikleri performansların kıyaslanması.

NaOCl sonrası	<i>E. faecalis</i>		<i>C. albicans</i>		P
	Ortanca (Q1-Q3)	Ort $\pm$ SS	Ortanca (Q1-Q3)	Ort $\pm$ SS	
	0 (0-0)	0 $\pm$ 0	0 (0-0)	0 $\pm$ 0	



Şekil 4.6. NaOCl yönteminin farklı suşlar üzerinde gösterdikleri performansların kıyaslanması.

NaOCl uygulamasının iki mikroorganizma üzerindeki antimikrobiyal etkinliğinde anlamlı fark bulunmamıştır ($p=1,000$).

4.4. SEM Analizi Bulguları

SEM incelemesi için hazırlanan 20 adet örnek lazer ve NaOCl uygulanmış dişler olarak iki gruba ayrılıp, koronal 1/3, orta 1/3 ve apikal 1/3 bölgelerinden görüntüler alınmıştır.

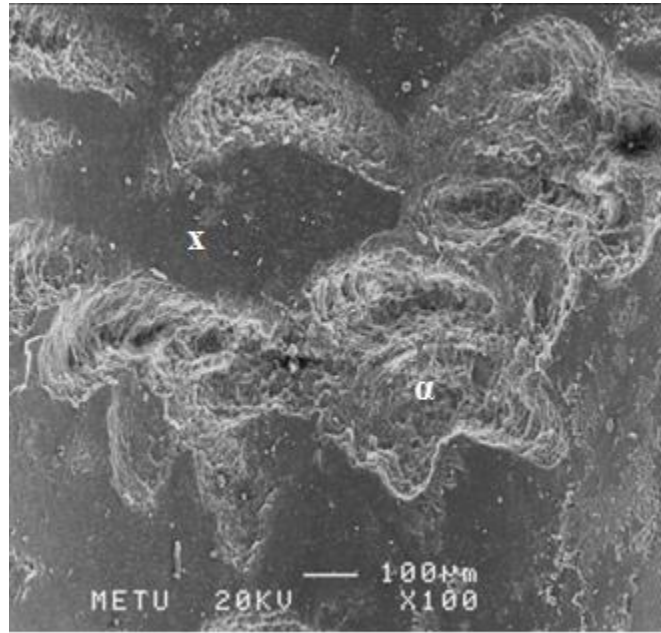
4.4.1. Lazer uygulanmış örneklerin incelenmesi:

- Koronal 1/3 ile ilgili bulgular:**

Er,Cr:YSGG lazer uygulanmış örneklerin koronal 1/3 bölgesi incelendiğinde, lazer ucunun helokoidal hareketlerle uygulanmasıyla birlikte lazer ışınının dentin duvarlarında o doğrultuda izler bıraktığı ve kanal duvarlarına homojen bir dağılım sergilemediği görülmüştür. Yer yer lazer ışını kanal duvarlarına etki ederken, bazı yerler lazer ışınına hiç maruz kalmamıştır (Şekil 4.7).

Lazerin etki ettiği alanlarda dentin dokusunun bir kısmı smear tabakası ile birlikte kalkarken, lazer ışınının erişmediği bölgelerde smear tabakasının tümüyle dentin tübüllerini kapattığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.8).

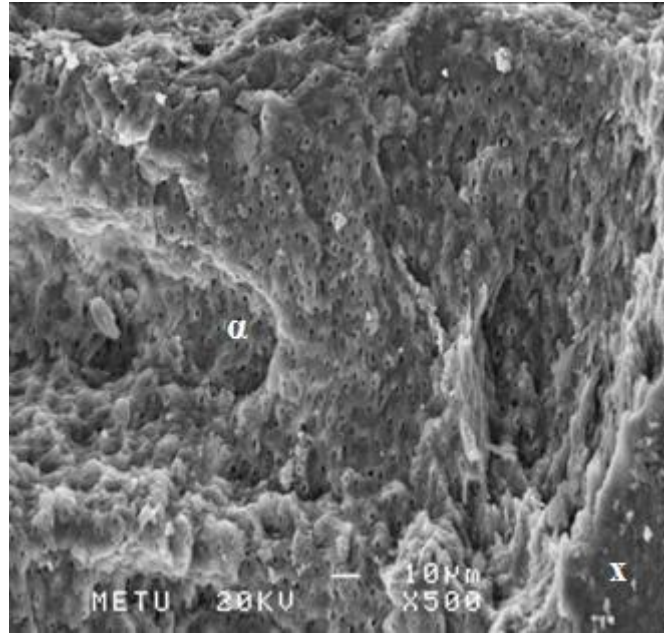
Lazer ışınının etki ettiği dentin duvarı üzerinde kırıklara ve çatlaklara neden olduğu, fakat erime, karbonizasyon veya rekristalizasyon gibi termal hasarlar meydana getirmediği görülmüştür (Şekil 4.8). Yüksek büyütmeyle inceleme yapıldığı zaman, dentin tübüllerinin etrafında keskin köşelerin kaldığı ve daha çok intertübüler dentinin etkilendiği görülmektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4.7. Lazer grubuna ait SEM görüntüsü, koronal 1/3, x100.

α - lazerin etki ettiği alanlar.

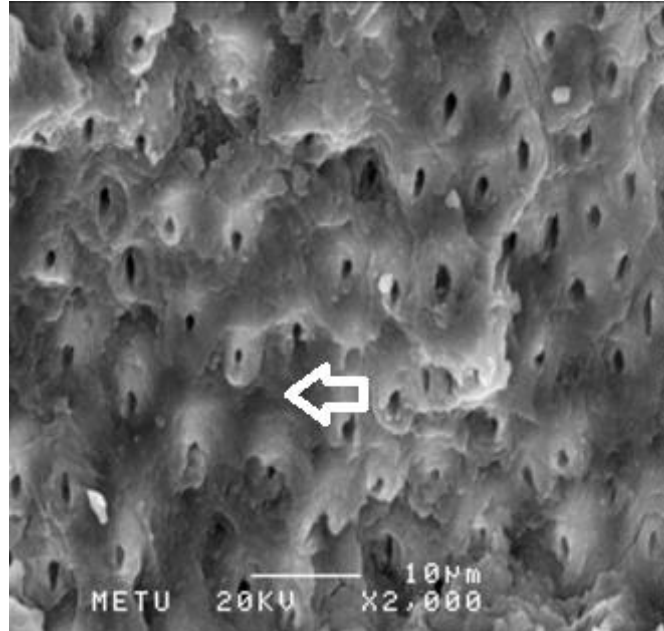
x - lazerin ulaşmadığı bölgeler.



Şekil 4.8. Lazer grubuna ait SEM görüntüsü, koronal 1/3, x500.

α - smear tabakasının kalktığı alan.

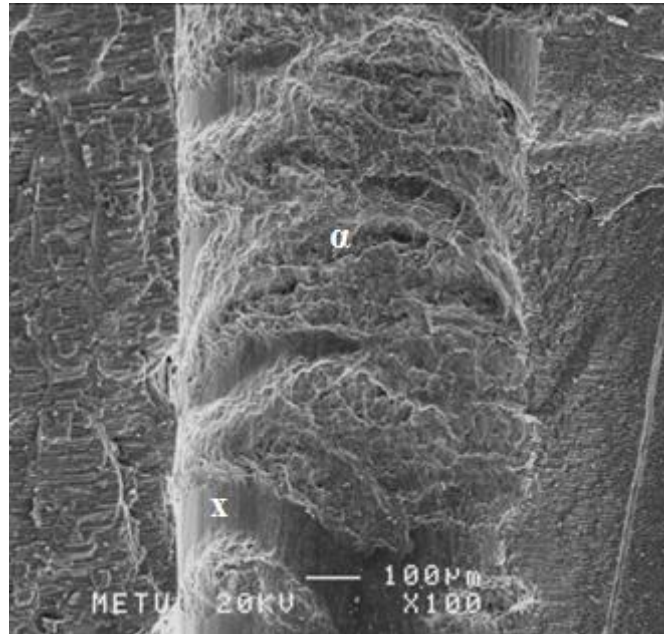
x - smear tabakası ile örtülü dentin duvarı.



Şekil 4.9. Lazer grubuna ait SEM görüntüsü, koronal 1/3, x2000.

- **Orta 1/3 ile ilgili bulgular:**

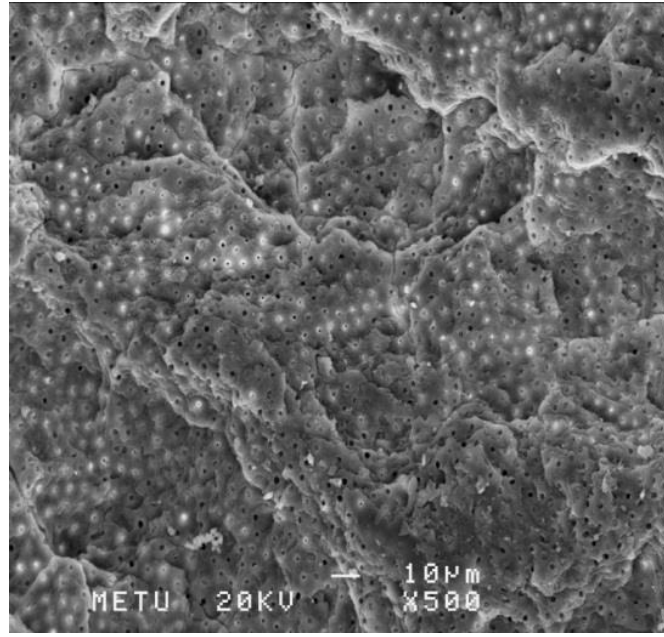
Er,Cr:YSGG lazer uygulanmış örneklerin orta 1/3 bölgesi incelendiği zaman, koronal 1/3 bölge ile benzer morfolojik değişikliklerin meydana geldiği görülmüştür. Fakat apikale doğru kanal duvarlarının konik bir formda incelmesi nedeniyle, lazer ışınının daha geniş alanlara etki edebildiği gözlemlenmiştir. Bu sebeple orta 1/3'lük kısımda smear tabakası daha az izlenmektedir (Şekil 4.10). Ancak lazer ışınının daha fazla etki etmesiyle, dentin duvarlarında çatlaklar ve kırıklar daha yoğun bir biçimde meydana gelmiştir (Şekil 4.11, 4.12).



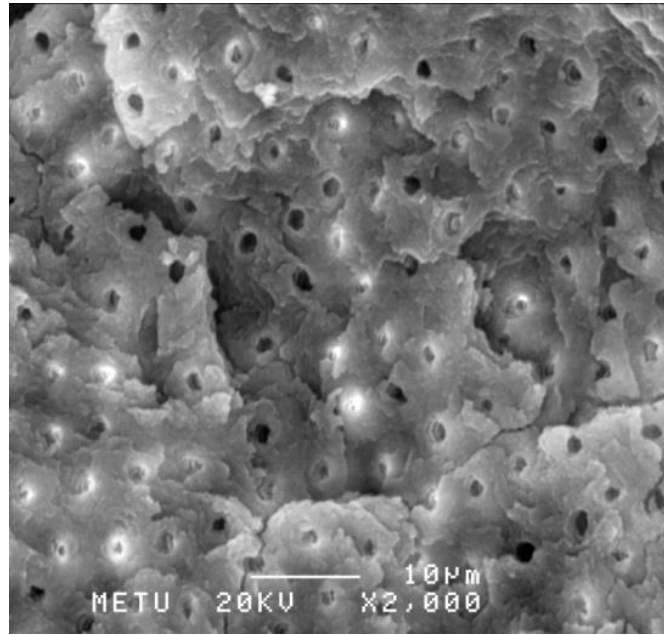
Şekil 4.10. Lazer grubuna ait SEM görüntüsü, orta 1/3, x100.

α - lazerin yoğun biçimde kanal duvarlarına etki ettiği alanlar.

x - smear tabakasının örtmüş olduğu kök kanal duvarı.



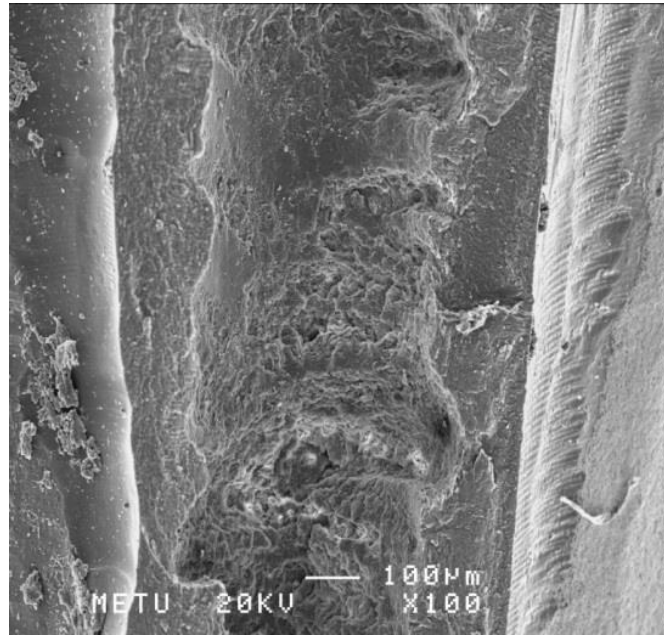
Şekil 4.11. Lazer grubuna ait SEM görüntüsü, orta 1/3, x500.



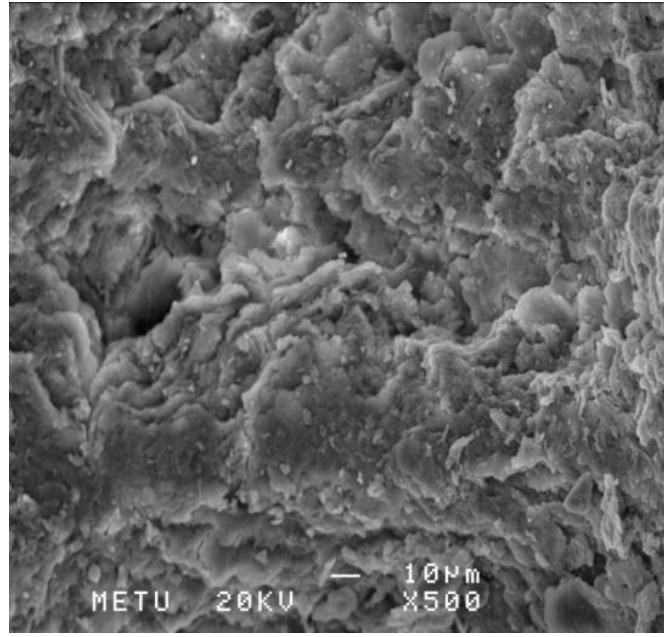
Şekil 4.12. Lazer grubuna ait SEM görüntüsü, orta 1/3, x2000.

- **Apikal 1/3 ile ilgili bulgular:**

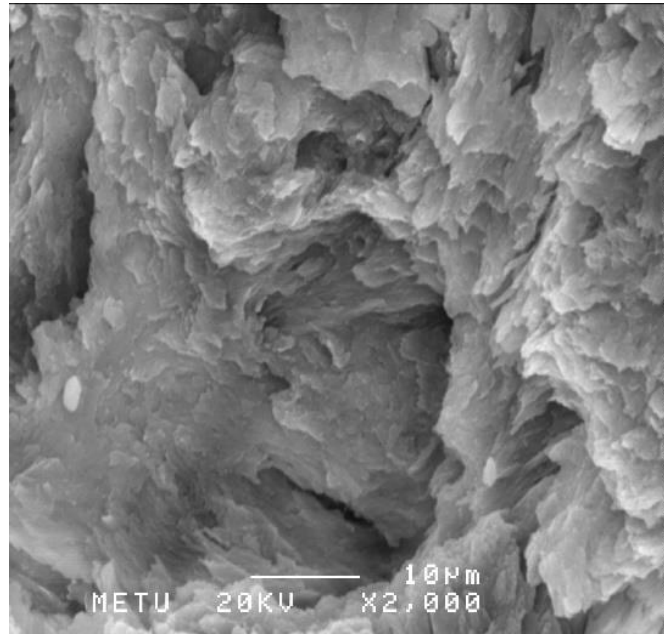
Apikal 1/3 kök kanalının en dar bölgesi olması nedeniyle lazer ışınının etkileri en yoğun bu bölgede görülmüştür (Şekil 4.13). Bu bölgede lazer ışını dentin duvarlarında daha derin kırıklara neden olurken, erime veya karbonizasyon gibi termal bir hasar meydana gelmemiştir. Yüksek büyütmeyle inceleme yapıldığı zaman, lazer ışınına bağlı çok düzensiz bir yapının olduğu izlenmektedir (Şekil 4.14). Apikal bölgenin morfolojik yapısına bağlı olarak bu bölgede dentin tübülleri çok seyrek olarak izlenmektedir (Şekil 4.15).



Şekil 4.13. Lazer grubuna ait SEM görüntüsü, apikal 1/3, x100.



Şekil 4.14. Lazer grubuna ait SEM görüntüsü, apikal 1/3, x500.

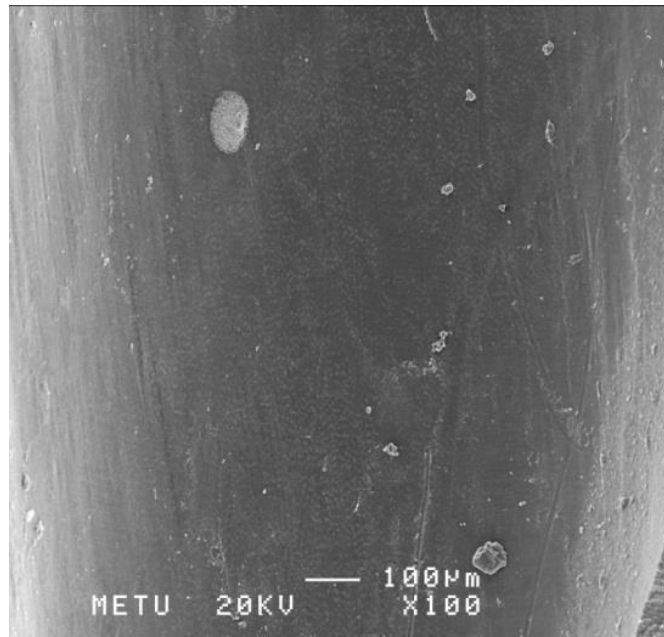


Şekil 4.15. Lazer grubuna ait SEM görüntüsü, apikal 1/3, x2000.

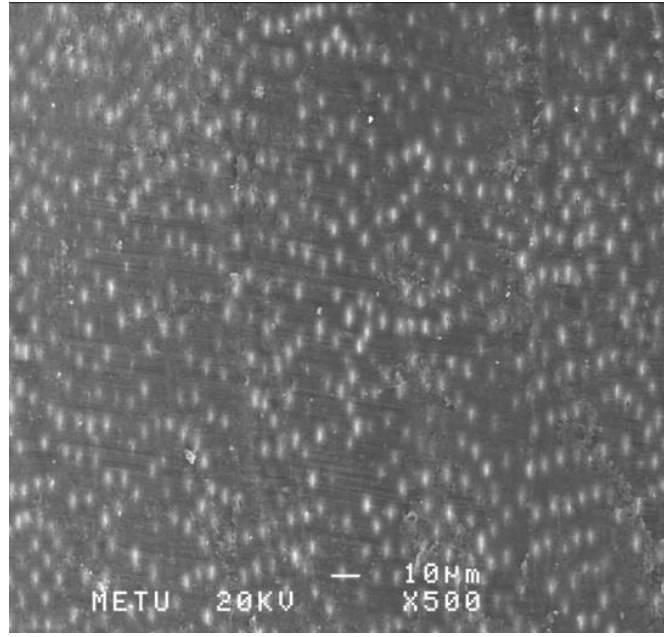
4.4.2. NaOCl uygulanmış örneklerin incelenmesi:

- **Koronal 1/3 ile ilgili bulgular:**

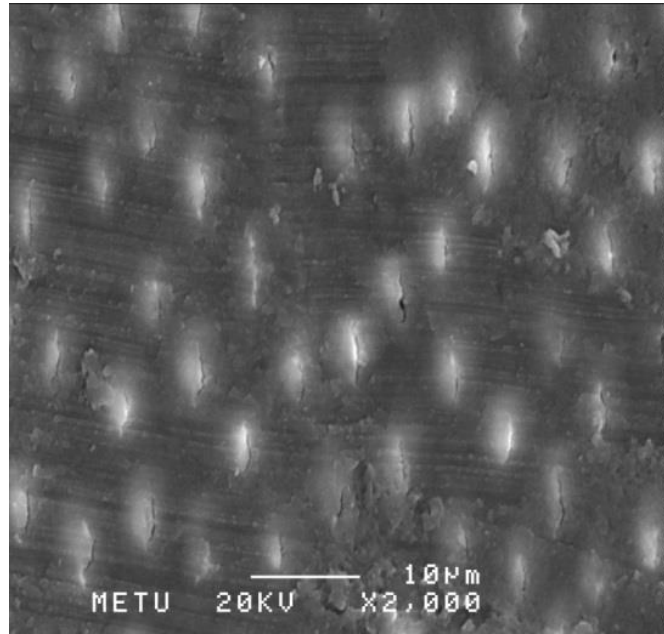
NaOCl uygulanmış örneklerin koronal 1/3 bölgesi incelendiğinde, yoğun ve homojen bir biçimde smear tabakasının kök kanal dentin duvarını örttüğü görülmüştür (Şekil 4.16). Yüksek büyütmede inceleme yapıldığı zaman, dentin tübülleri izlenebilmekte fakat kanal ağzlarının smear tabakası ile örtülü olduğu kaydedilmiştir (Şekil 4.17, 4.18).



Şekil 4.16. NaOCl grubuna ait SEM görüntüsü, koronal 1/3, x100.



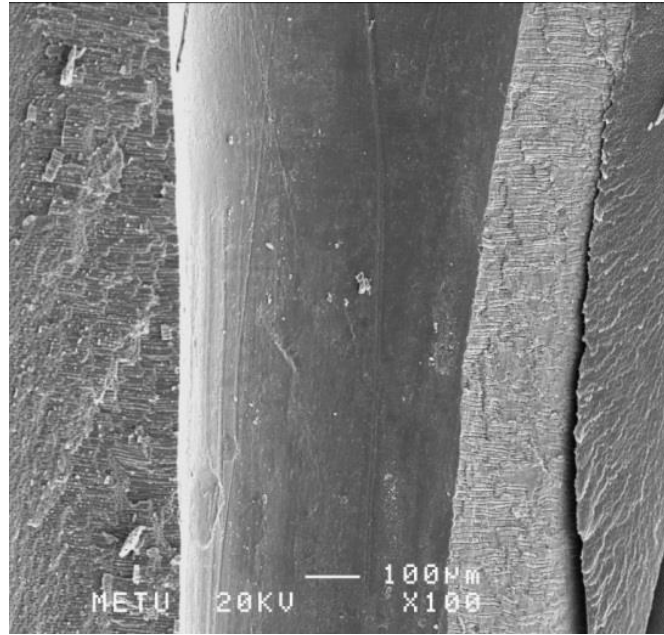
Şekil 4.17. NaOCl grubuna ait SEM görüntüsü, koronal 1/3, x500.



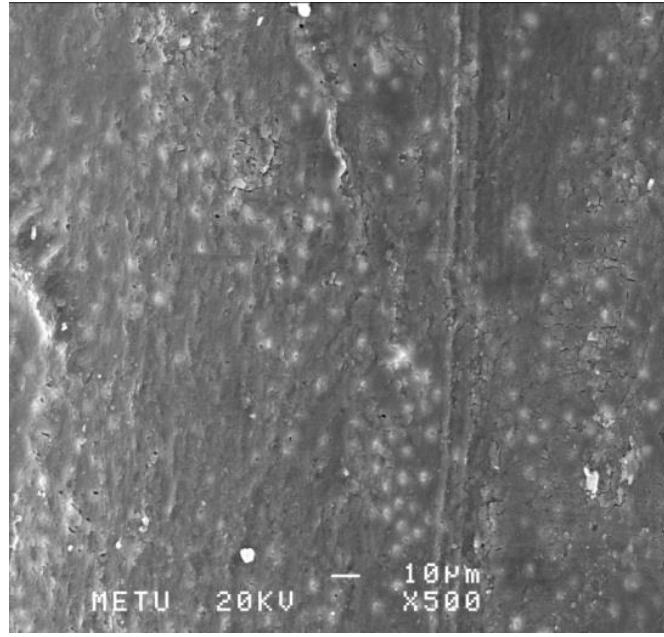
Şekil 4.18. NaOCl grubuna ait SEM görüntüsü, koronal 1/3, x2000.

- **Orta 1/3 ile ilgili bulgular:**

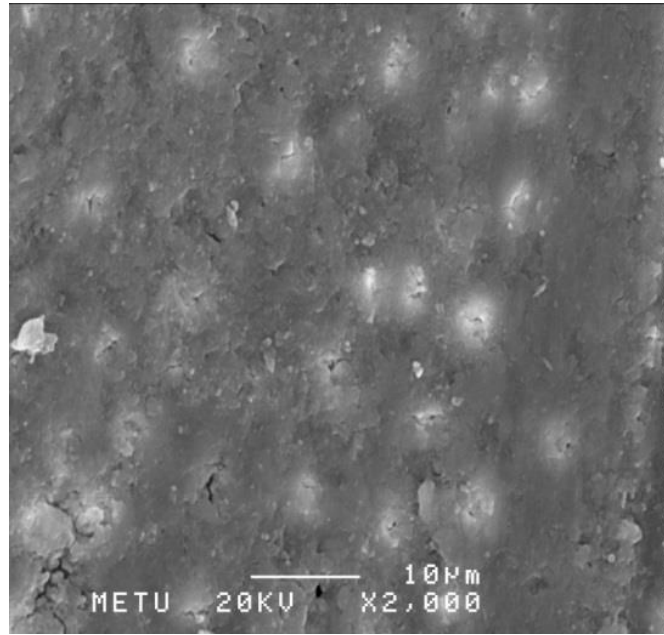
Orta 1/3'lük kısım incelendiği zaman, koronal 1/3'e benzer morfolojik görüntüler kaydedilmiştir. Smear tabakasının daha yoğun bir biçimde dentin tübüllerini tıkadığı ve tübül ağızlarının net bir biçimde izlenemediği gözlemlenmiştir (Şekil 4.19, 4.20, 4.21).



Şekil 4.19. NaOCl grubuna ait SEM görüntüsü, orta 1/3, x100.



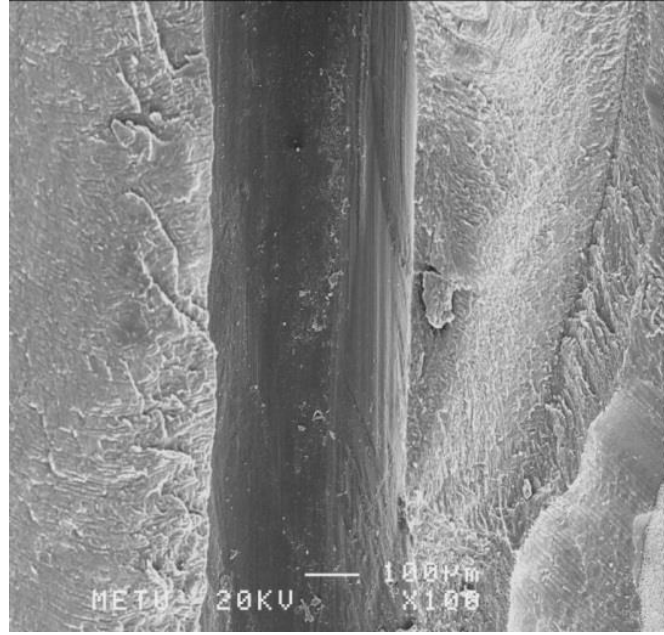
Şekil 4.20. NaOCl grubuna ait SEM görüntüsü, orta 1/3, x500.



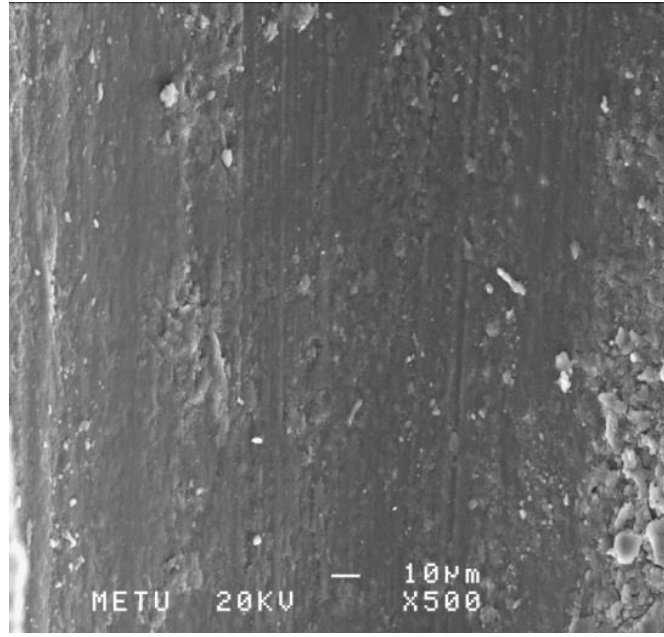
Şekil 4.21. NaOCl grubuna ait SEM görüntüsü, orta 1/3, x2000.

- **Apikal 1/3 ile ilgili bulgular:**

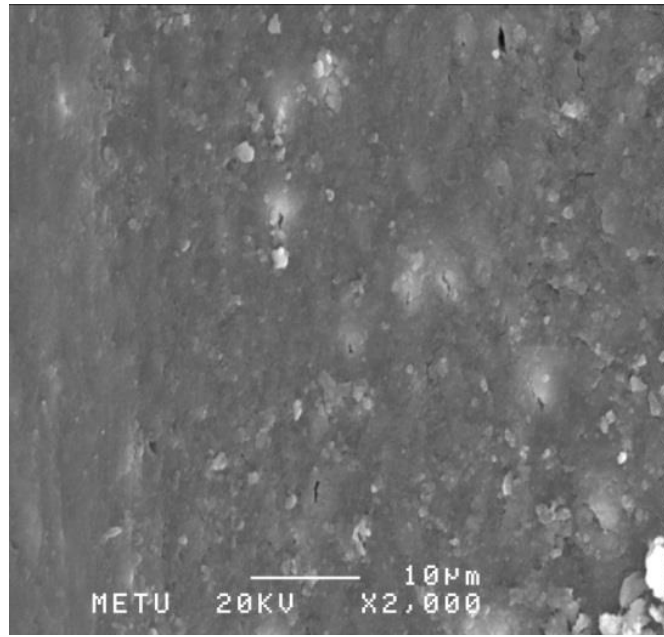
NaOCl uygulanmış örneklerin apikal 1/3 bölümü incelendiği zaman, dentin tübüllerinin yoğun bir şekilde smear tabakası ile kapalı olduğu ve kanal ağzlarının izlenemediği kaydedilmiştir (Şekil 4.22, 4.23, 4.24).



Şekil 4.22. NaOCl grubuna ait SEM görüntüsü, apikal 1/3, x100.



Şekil 4.23. NaOCl grubuna ait SEM görüntüsü, apikal 1/3, x500.



Şekil 4.24. NaOCl grubuna ait SEM görüntüsü, apikal 1/3, x2000.

5. TARTIŞMA

Kök kanal tedavisinin esas amacı pulpa boşluğunun eksiksiz bir şekilde temizlenip, şekillendirilmesi ve uygun bir materyal ile tamamen doldurulmasıdır (Vertucci, 2005). Kök kanal sistemi içerisinde bakterilerin yer alması pulpa ve periapikal lezyonların gelişmesinde birincil etyolojik faktör olarak kabul edilmektedir (Siqueira, 2002; Rôças ve Siqueira, 2008). Kanal tedavisi süreci içinde mikroorganizmaların tamamen elimine edilmesiyle iyileşme meydana gelirken, ortamda kalan mikroorganizmalar kronik apikal periodontitis'ten sorumlu tutulmaktadır (Fabricius ve diğerleri, 2006). Kök kanal sistemindeki mikroorganizmaların eliminasyonu için kullanılan intrakanal medikamanların düşük antibakteriyel spektruma sahip olmaları, dentine yeterince diffüz edememeleri (Berutti ve diğerleri, 1997; Estrela ve diğerleri, 1999) ve kompleks bir yapıya sahip olan kök kanal sistemi içerisinde lateral, aksesuar ve furkasyon kanallarının varlığı (Vertucci, 2005) nedeniyle bugün hala kök kanal dezenfeksiyonunda alternatif yöntem arayışları devam etmektedir. Günümüzde etkili bir kök kanal dezenfeksiyonu için, kemomekanik preperasyonda sodyum hipokloritin (NaOCl) irrigasyon solüsyonu olarak kullanılması konvasiyonel olarak kabul edilen bir yöntemdir (Carson ve diğerleri, 2005). Ancak 11-12 pH değerine sahip, alkalın özellikte bir irrigan olan NaOCl (Hülsmann ve Hahn, 2000), sitotoksitesine bağlı olarak keratinize epitel dışında bütün yaşayan dokulara zarar vermesi (Clarkson ve Moule, 1998), kötü bir tada ve kokuya sahip olması, metalleri korozyona uğratabilmesi, hekimin ve hastanın kıyafetlerine ağartma yapabilmesi gibi dezavantajları nedeniyle ideal bir dezenfeksiyon ajanı olamamıştır (Gomes ve diğerleri, 2001).

Son yıllarda üzerinde çok durulan kök kanal dezenfeksiyon yöntemlerinden bir tanesi de lazerlerdir. Günümüze kadar birçok lazer sisteminin kök kanallarındaki dezenfeksiyon etkisi araştırılmıştır (Cernavin, 1995; Convissar ve Gharemani, 1995; Gonzalez ve diğerleri, 1996; Finkbeiner, 1995; Fisher ve diğerleri, 1983; Frame, 1985). Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte 1997 yılında sert doku lazerleri piyasa sürülmüştür. Öncelikle çürük temizleme, kavite preperasyonu ve minenin asitlemesi konuları üzerinde durulmuş (Glenn, 2004), daha sonra esnek endodontik uçların

piyasaya sürülmesiyle endodontik tedavi alanında da kullanılmaya başlanmıştır (Schoop ve diğerleri, 2009). Er,Cr:YSGG lazerlerle ışınlama yapıldığı zaman, dental sert dokuda yer alan su anında buharlaşmakta ve çevre dokulara zarar vermeden minimum termal yan etkiler oluşturarak, dokularda ablasyon meydana getirmektedir (Abad-Gallegos ve diğerleri, 2009; Arnabat ve diğerleri, 2010; Ishizaki ve diğerleri, 2004; Schoop ve diğerleri, 2009). Aynı zamanda bu sistemin smear tabakasını kaldırmada etkili olduğu (De Moor ve diğerleri, 2009; Silva ve diğerleri, 2010) ve kök kanal dezenfeksiyonunda avantaj sağlayacağı (Arnabat ve diğerleri, 2010; Eldeniz ve diğerleri, 2007; Wang ve diğerleri, 2007) bildirilmektedir. Er,Cr:YSGG lazer için piyasaya ilk sunulan endodontik uçlar ile yapılan çalışmalarda hedeflenen sonuçlara ulaşılamamıştır (Eldeniz ve diğerleri, 2007; Onay ve diğerleri, 2010; Yavari ve diğerleri, 2010; Wang ve diğerleri, 2007). Araştırmacılar bunun sebebini üretilen lazer uçlarının ışını direk olarak apikale vermesi ve yan duvarlara etki etmemesi olarak açıklamaktadırlar (Schoop ve diğerleri, 2009). Üretici firma bu eksikliği gidermek amacıyla RFT adıyla yeni endodontik uç sistemini piyasaya sürmüştür. Konik bir formda üretilen bu yeni uçlarla, 60 ° C'lik bir açıyla ışın verilebildiği için daha homojen ışınlama yapılabileceği firma tarafından ileri sürülmektedir. Çalışmamızda, klinik kullanıma sunulmuş son sert doku lazer sistemi olan Er,Cr:YSGG lazeri, RFT ile kullanarak kanal dezenfeksiyonundaki etkinliğini ve kök kanal tedavilerinin geleneksel irrigasyon ajanı olan NaOCl'e alternatif olarak kullanılabilirliğini değerlendirmeyi amaçladık.

Mikrobiyolojik çalışmalarda kök kanalının anatomik yapısı çalışmanın sonucunu etkilemektedir. Bu nedenle araştırmamızda gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edebilmek için insan dişleri kullanılmıştır. (Arnabat ve diğerleri, 2010; Onay ve diğerleri, 2010; Schoop ve diğerleri, 2009; Schoop ve diğerleri, 2007; Wang ve diğerleri, 2007; Yavari ve diğerleri, 2010) Uygulamanın kolay ve rahat yapılabilmesi için tek köklü ve tek kanallı alt küçük azı dişleri tercih edilmiştir. #10 K-tipi eğenin apikal bölgeye kadar sıkışmadan ulaşabildiği benzer anatomik yapıya sahip dişler kullanılmıştır. Nitekim Nakamura ve diğerleri (2013) de yaptıkları çalışmalarında benzer bir yol izlemişlerdir.

Çalışmamızda kök kanallarının enfekte edilmesi amacıyla kullanılan mikroorganizmalardan *E. faecalis*; kök kanal tedavisi yapılan ancak iyileşmeyen inatçı enfeksiyonlu dişlerde en sık izole edilen bakteri türüdür (Sedgley ve diğerleri, 2004). Yapılan birçok bakteriyolojik incelemeler sonucunda *E. faecalis*'in tedavi görmüş dişlerde % 30 ile % 48 arasında izole edildiği gösterilmiştir (Molander ve diğerleri, 1998). *E. faecalis*'in intrakanal medikamanların yüksek konsantrasyonuna ve geniş pH aralığına direnç göstererek endodontik prosedürlerden korunduğu belirtilmektedir (Love, 2001). Ayrıca biyofilm üreterek fagositoz, antikor ve antimikrobiyallere karşı biyofilm üretmeyen organizmalara göre 1000 kat daha fazla dirençli olabildiği rapor edilen (Distel ve diğerleri, 2002) *E. faecalis*'in, tedavi sonrası kök kanal ortamı gibi zorlu şartlarda bile yaşayabildiği gösterilmiştir (Sundqvist ve diğerleri, 1998; Hancock ve diğerleri, 2001). Bu bilgiler ışığında, çalışmamızda kullandığımız lazer enerjisinin kök kanallarındaki dezenfeksiyon etkinliğini değerlendirmek amacıyla başarısız kanal tedavilerinde etken bakterilerden olan *E. faecalis*'i kullanmayı tercih ettik.

Çalışmada kök kanallarını enfekte etmek amacıyla kullandığımız bir diğer mikroorganizma olan *C. albicans*; diğer bakterilerle birlikte veya saf kültür olarak primer (Baumgartner ve diğerleri, 2000), sekonder (Pinheiro ve diğerleri, 2003a) ve persiste kök kanal enfeksiyonlarından (Siqueira ve Rôças, 2004; Peciulienė ve diğerleri, 2001) izole edilebilmektedir. Kök kanallarından en sık izole edilen maya türü olan (Baumgartner ve diğerleri, 2000; Belazi ve diğerleri, 2004) *C. albicans*, en fazla kök kanal tedavisi başarısız olmuş dişlerde saptanmıştır (Siqueira ve Sen, 2004). Bu maya 'dentinofilik' bir mikroorganizma olarak kabul edilmekte ve dentin yüzeyine invaziv afinitesi bulunmaktadır (Sen ve diğerleri, 1997). *C. albicans* biyofilm oluşturabildiği için diğer *Candida* türlerine göre daha patojen olarak kabul edilmektedir (Haynes, 2001). Dentin tübüllerine invazyon yapmasıyla intrakanal prosedürlerin etkilerinden korunabilmekte ve kök kanal enfeksiyonlarının tekrarlamasına sebebiyet verebilmektedir (Siqueira ve Sen, 2004). Bazı çalışmalarda *C. albicans*'ın, sitrik asit ve NaOCl'in antimikrobiyal etkilerine *E. faecalis*'den daha fazla direnç gösterebileceği belirtilmektedir (Smith ve Wayman, 1986). Bu nedenlerle çalışmamızda seçtiğimiz ikinci mikroorganizma *C. albicans* oldu.

RFT sisteminin dezenfeksiyon etkinliğini değerlendirdiğimiz bu tez çalışmasında karşılaştırma materyali olarak belirlediğimiz NaOCl, geniş bakteri spektrumuna karşı etkinliği ve vital ve nekrotik dokuları çözebilmesi nedeniyle günümüz endodonti pratiğinde en çok kullanılan kök kanal yıkama solüsyonlarından biridir (Clarkson ve Moule, 1998; Senia et al 1975; Vianna ve diğerleri, 2004). Ancak vital dokular üzerinde toksik etki göstermesi ve istenmeyen yan etkilerinin olması nedeniyle (Pashley ve diğerleri, 1985; Pelka ve Petschelt, 2008; Serper ve diğerleri, 2004), günümüzde NaOCl'e alternatif dezenfeksiyon yöntemleri araştırılmaya devam etmektedir.

NaOCl'in kök kanallarının yıkanmasında önerilen konsantrasyona ilişkin tek bir görüş bulunmamaktadır. Farklı konsantrasyonlarda NaOCl kullanarak antibakteriyel etkinin incelendiği birçok çalışmada (Ayhan ve diğerleri, 1999; Berber ve diğerleri, 2006; Gomes ve diğerleri, 2001; Sena ve diğerleri, 2006; Siqueira ve diğerleri, 2000; Vianna ve diğerleri, 2004), % 5.25'lik NaOCl'in en etkin konsantrasyon olduğu belirtilmektedir. Aynı zamanda NaOCl solüsyonunun konsantrasyonu arttıkça antibakteriyel etki hızının arttığı rapor edilmektedir (Siqueira ve diğerleri, 2000). Bu bağlamda çalışmamızda % 5 NaOCl içeren Wizard marka irrigasyon solüsyonu kullanılmıştır.

Kök kanal enfeksiyonlarında irrigasyon solüsyonlarının kök kanalındaki dentin tübüllerine penetrasyonunu engelleyen faktörlerden birtanesi smear tabakasının varlığıdır (Sundqvist ve diğerleri, 1998). Smear tabakasının bakteri içermesi ve bakteriler için besin kaynağı olması sebebiyle kaldırılması gerektiği bildirilmiştir (Cameron, 1987; Mader ve diğerleri, 1984; Meryon ve Brook, 1990). Er,Cr:YSGG lazerin çevre dokulara zarar vermeden (Abad-Gallegos ve diğerleri, 2009; Arnabat ve diğerleri, 2010; Ishizaki ve diğerleri, 2004) smear tabakasını kaldırmada (De Moor ve diğerleri, 2009; Silva ve diğerleri, 2010) etkili olduğu gösterilmiştir. Er,Cr:YSGG lazerin NaOCl'e alternatif olabilirliğinin araştırıldığı çalışmamızda, bu etkiyi analiz edebilmek adına tüm deney örneklerinde EDTA kullanılmamıştır.

Kök kanal dezenfeksiyonunda antibakteriyel irrigasyon ile birlikte mekanik instrumantasyonun da kritik bir önemi vardır (Young ve diğerleri, 2007). Farklı

yöntemlerle preperasyon etkinlikleri değerlendirildiği zaman, el aletleri ile yapılan instrumentasyonun Ni-Ti döner ege sistemlerine göre daha üstün olduğunu belirten çalışmalarla birlikte (Ahlquist ve diğerleri, 2001; Schafer ve Lohmann, 2002), preperasyon süresinin azaldığı, daha kolay bir uygulama olduğu ve hata payının düşmesi gibi avantajları nedeniyle döner alet sistemleri savunan araştırmacılar (Bergmans ve diğerleri, 2001; Bertrand ve diğerleri, 2001; Schafer ve Lohmann, 2002; Schafer ve Vlassis, 2004) da mevcuttur. Kök kanal tedavisinde ultrasonik instrumentasyonun geleneksel yöntem olan el ile yapılan instrumentasyona göre daha avantajlı gibi görünmesine rağmen, evrensel olarak ultrasonik cihazların kullanımı kabul edilmemiştir (Pedrazzi ve diğerleri, 2010). Bu sonuçlar hangi yöntemin diğerine göre daha üstün olduğuyla ilgili olarak henüz tam bir fikir birliği sağlanamadığını gösterdiğinden çalışmamızda evrensel olarak kabul edilmiş geleneksel Ni-Ti el aletleri ile instrumentasyon yöntemini tercih ettik.

Çalışmamızda kullandığımız tüm dişlerin kuronları işleme başlamadan önce alev uçlu frez ile su altında kesilmiş ve mikrobiyolojik değerlendirmelerde standardizasyonu sağlamak amacıyla kök boyları 12 mm olacak şekilde eşitlenmiştir. Konuyla ilgili yapılan birçok çalışmada step back tekniğiyle dişler genişletildiğinden (Altundasar ve diğerleri, 2006; Arnabat ve diğerleri, 2010; Ishizaki ve diğerleri, 2004; Wang ve diğerleri, 2007; Yamazaki ve diğerleri, 2001), biz de çalışmamızda step back tekniğini kullanarak ISO #55 olacak şekilde dişleri şekillendirdik. Tüm dişler standart olarak genişletildikten sonra radyografileri alınarak eğri, dar veya çok geniş kanallara sahip dişler çalışma dışında bırakılmıştır.

Kullanılan dişlerin kök uçları kompozit rezin ile kapatıldıktan sonra tüm dişler eppendorf tüpler içerisindeki akrilik bloklara gömülmüştür. Böylelikle kanal içerisine transfer edilen bakteri süspansiyonunun apikalden taşması engellenmiş, dezenfeksiyon işlemleri sırasında çalışma kolaylığı sağlanmış ve örnek alınması sırasında kontaminasyonun engellenmesi düşünülmüştür. Bakteriyel sızıntıyı önlemek amacıyla tüm kök yüzeyleri tırnak cilası ile kapatılmıştır. Arnabat ve diğerleri (2010), Nakamura ve diğerleri (2013), Wang ve diğerleri (2007), Cheng ve diğerleri (2012) de çalışmalarında benzer yöntemi kullanmışlardır. Örnekler akrilik

rezin blokların içerisine gömüldükten hemen sonra deney aşamasına geçilmiş, böylelikle dişlerin kuruyarak çatlamasının önüne geçilmiştir.

Çalışmamızda kullandığımız *E. faecalis* ATCC 29212 suşunun inkübasyonu için literatürde farklı süreler önerilmektedir. Önerilen inkübasyon süreleri 4 saatten 4 haftaya kadar değişmektedir (Arnabat ve diğerleri, 2010; Cheng ve diğerleri, 2012; Eldeniz ve diğerleri, 2007; Nakamura ve diğerleri, 2013; Schoop ve diğerleri, 2004; Schoop ve diğerleri, 2006; Schoop ve diğerleri, 2007; Schoop ve diğerleri, 2009; Yavari ve diğerleri, 2010; Wang ve diğerleri, 2007). *E. faecalis*'in 24 saat içinde dentin kanallarında 300-400 µm derinliğe ulaşabildiğini, 1, 2 ve 3 haftalık inkübasyon süreleri arasında bakterinin dentin kanallarına penetrasyonunda bir farklılığın bulunmadığını belirtildiğinden, planlanacak olan çalışmalarda daha kısa inkübasyon sürelerinin kullanılmasının yeterli olacağı bildirilmiştir (Haapasalo ve Orstavik, 1987). 24 saatlik inkübasyon süresi sonunda tüm örneklerin kök kanallarında yaklaşık 10^8 CFU/ml konsantrasyonda *E. faecalis*'in ürediğini gösteren sonuçlarımız, çalışmalarda inkübasyon süresinin kısa tutulabileceğini bildiren araştırmacıların bulgularını destekler niteliktedir.

Mikrobiyal koloni sayılarındaki azalmayı değerlendiren çalışmalarda örneklerdeki başlangıç koloni sayılarının benzer olması çalışmanın güvenilirliği ve standardizasyonu açısından önemli bir faktördür (Spaun, 1962). Bizim çalışmamızda da, *E. faecalis* ve *C. albicans* inokulasyonu yapılan tüm deney gruplarında örneklerin başlangıç koloni sayılarının benzer olduğu saptanmıştır.

Çalışmamızda kullandığımız diğer suş *C. albicans* ATCC 90028 için de literatürde inkübasyon süresi açısından farklı görüşler mevcuttur. Önerilen inkübasyon süreleri 2 gün ile 28 gün arasında değişmektedir (Mohammadi ve diğerleri, 2013; Nakamura ve diğerleri, 2013; Onay ve diğerleri, 2010; Radcliffe ve diğerleri, 2004; Valera ve diğerleri, 2009). Çalışmamızda 48 saatlik inkübasyon süresi sonunda tüm örneklerin kök kanallarında yaklaşık 10^6 CFU/ml konsantrasyonda *C. albicans* ürediği görülmüştür. Bu değer kök kanallarında başlangıç mikroorganizma üremesi için yeterli görüldüğünden, benzer çalışmalarda *C. albicans* inokulasyonu için 48 saatin uygun olacağı düşüncesindeyiz.

Deneyimizin herhangi bir aşamasında kontaminasyon olup olmadığını belirlemek amacıyla her deney grubunda ayrı ayrı negatif kontrol grupları oluşturulmuştur. Çalışmamızda tüm negatif kontrol gruplarından negatif kültür elde edilmiştir. Bu sayede deneyin tüm aşamalarının kontaminasyon açısından tamamen güvenilir olduğu doğrulanmıştır.

Kullanılan lazerin tipi ne olursa olsun, kök kanallarını dezenfekte edebilme özelliği ışınlama sırasında açığa çıkan ısı etkisine bağlıdır (Wang ve diğerleri, 2007). Yapılan çalışmalarda, periodonsiyum ve dişi çevreleyen kemik dokusu için sırasıyla 7°C ve 10°C 'lik ısı artışının üst limit olduğu belirtilmiştir (Eriksson ve Albrektsson, 1983; Saunders, 1990). Scaini ve diğerleri (2008) 10°C 'nin üzerindeki ısı artışlarının peridontal ligamentteki fibrillerde değişikliklere yol açabileceği ve hatta nekroza bile neden olabileceğini rapor etmişlerdir. Cohen ve diğerleri (1998) ise sementoblastların, periodontal ligamentin ve alveol kemiğinin canlılığını yitirebilmesi için 5°C 'lik ısı artışının yeterli olabileceğini belirtmişlerdir. Schoop ve diğerlerinin (2007) yaptıkları bir çalışmada, Er,Cr:YSGG lazer ile su ve hava soğutması olmadan 1 W ve 1.5 W gücünde ışınlama yaptıktan sonra kök yüzeyinde 3.2°C 'lik ısı artışının meydana geldiği, bu artışın çevre dokularda herhangi bir zarar oluşturmayacağı belirtilmiştir. Schoop ve diğerlerinin yaptıkları başka bir araştırmada (2009), Er,Cr:YSGG lazeri su ve hava spreyi olmadan 2 W ve 3 W çıkış gücünde kullanmışlardır. Araştırmacılar kök kanal dezenfeksiyonu sırasında kök yüzeyinde 1.6°C 'lik sıcaklık artışı meydana geldiğini ve bunun güvenli sınırlar içinde olduğu bildirilmiştir. Abad-Gallegos ve diğerlerinin (2009) yaptıkları çalışmada, su ve hava soğutması kullanılmadan 1 W ve 2W gücünde ışınlama yapılmıştır. Hiçbir ölçümde sıcaklığın 10°C 'nin üstüne çıkmadığı, 2 W gücünde bile 5°C 'nin biraz üstünde ısı artışı meydana geldiği rapor edilmiştir. Işınlamadan 30 saniye sonra yapılan ölçümlerde ise ısı artışlarının 2°C 'yi geçmediği belirtilmiştir. Ishizaki ve diğerlerinin (2004) yaptıkları bir araştırmada, 3 değişik çapta ($200\text{ }\mu\text{m}$, $320\text{ }\mu\text{m}$, $400\text{ }\mu\text{m}$) endodontik uç kullanarak, su soğutması altında farklı güç ayarlarında (2 W, 3 W ve 5 W) Er,Cr:YSGG lazerin uygulanmasıyla kök yüzeylerindeki ısı artışı değerlendirilmiştir. $400\text{ }\mu\text{m}$ çapında fiber ucun ve 5 W güç ayarının kullanıldığı grupta maksimum 8°C 'lik bir ısı artışının olduğu ve kritik sıcaklık seviyesi olan 10°C 'nin üstüne çıkılmadığı belirtilmiştir. Doğru parametreler

kullanıldığı zaman ısı artışı güvenli sınırlar içerisinde kalarak, dişe ve çevre dokulara zararlı etkiler meydana gelmemektedir. Biz de çalışmamızda lazer ışınını periodontal dokulara zarar vermeyecek parametrelerde (2 W çıkış gücü) kullandık.

Yapılan çalışmalarda Er,Cr:YSGG lazer, su ve hava soğutması ile birlikte kullanılmadığı zaman erime, karbonizasyon gibi termal yan etkilerin meydana geldiği gösterilmiştir (Schoop ve diğerleri, 2004; Schoop ve diğerleri, 2007; Yamazaki ve diğerleri, 2001). Bu gibi yan etkilerin önüne geçebilmek adına çalışmamızda lazer uygulaması % 35 hava ve % 25 su soğutması altında gerçekleştirilmiştir.

Kök kanallarından mikrobiyolojik örneklerin alınması işlemi çalışmanın sonucunu etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Mikrobiyolojik örnekler, enfekte kök kanalından steril kağıt konlar yardımıyla (Cheng ve diğerleri, 2012; Onay ve diğerleri, 2010; Wang ve diğerleri, 2007), Gates Glidden kanal aletleri kullanılarak dentin yüzeyinin kazınmasıyla elde edilen dentin talaşlarının toplanmasıyla (Gordon ve diğerleri, 2007; Eldeniz ve diğerleri, 2007; Yavari ve diğerleri, 2010) veya örneklerin serum fizyolojik ile yıkanmasından sonra sıvının kök kanalı içerisinden geri çekilmesiyle (Schoop ve diğerleri, 2004; Schoop ve diğerleri, 2006; Schoop ve diğerleri, 2007; Schoop ve diğerleri, 2009) elde edilebilmektedir. Çalışmamızda Schoop ve diğerlerinin benzer çalışmalarında (Schoop ve diğerleri, 2004; Schoop ve diğerleri, 2006; Schoop ve diğerleri, 2007; Schoop ve diğerleri, 2009) kullandıkları yöntem gibi dezenfeksiyon işlemleri öncesi ve sonrasında kök kanallarına aynı miktarda (30 µl) serum fizyolojik transfer ederek mikrobiyolojik örnekler alınmıştır. Serum fizyolojik kök kanalına yerleştirildikten sonra birkaç kez geri çekilip tekrar kanala verilerek dentin tübülleri içerisine penetre olan mikroorganizmaların serbestleşmesi sağlanmıştır. Kanal lümeninin dar olması ve kanal içerisine serum fizyolojinin eşit miktarlarda verilip çekilebilmesi için insülin enjektörü kullanılmıştır. Çalışmada uyguladığımız yöntemin; in vitro koşullarda kolay uygulanabilir olmasının yanısıra, çalışma sonuçlarının güvenilirliği açısından standardizasyonu sağlanabilir bir yöntem olduğu düşünülmüştür.

Çalışmamızda Er,Cr:YSGG lazerle % 5 NaOCl irrigasyon solüsyonunun kök kanallarında *E. faecalis* ve *C. albicans*'ı elimine etme yetenekleri karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın *E. faecalis* gruplarına ait sonuçlar değerlendirildiğinde, 2 ml % 5'lik NaOCl'in 2 dk. kök kanalı içinde uygulanmasının *E. faecalis*'i tamamen elimine ettiği saptanmıştır. Lazer uygulanan *E. faecalis* gruplarına ait sonuçlar değerlendirildiğinde, 200 µm RFT uç, 2 W çıkış gücü, 20 Hz, % 25 su ve % 35 hava ile birlikte, 6 saniye lazer uygulaması, 20 saniye dinlenme şeklinde toplamda 24 saniye lazer uygulamasının, *E. faecalis* eliminasyonda, NaOCl kadar etkili olmadığı görülmüştür. *E. faecalis* gruplarının istatistiksel değerlendirilmesinde, lazer uygulamasının anlamlı düzeyde daha az *E. faecalis* eliminasyonu yaptığı saptanmış ve NaOCl uygulamasına alternatif olarak kullanılamayacağı düşünülmüştür.

Çalışmanın *C. albicans* gruplarına ait sonuçlar değerlendirildiğinde, lazer ve NaOCl uygulamalarında *C. albicans*'ın her iki grupta da tamamen elimine edildiği saptanmıştır. Ancak, gruplar arası yapılan istatistiksel çalışmada NaOCl uygulamasının etkinliği, lazer uygulamasına kıyasla anlamlı düzeyde daha fazla bulunmuştur. Bu anlamlı düzeydeki fark, lazer uygulamasından sonra her ne kadar ortancalarda % 100 eliminasyon görülsede, *C. albicans* grubundaki örneklerde homojen bir eliminasyon gerçekleşmediğinden kaynaklanmıştır.

Çalışmamızda *E. faecalis* ve *C. albicans* gruplarında alınan etkinlik sonuçları karşılaştırıldığında, % 5'lik NaOCl uygulamasının hem *E. faecalis* hem de *C. albicans* eliminasyonu üzerinde tam bir eliminasyon yaptığı görülmüştür. Çalışmanın RFT sistemiyle Er,Cr:YSGG lazer uygulama parametresinde ise *E. faecalis* üzerinde % 50, *C. albicans* üzerinde ise % 100 oranında eliminasyon sağlanmıştır. Sonuçların istatistiksel değerlendirilmesinde, bu yeni endodontik uç sistemiyle uygulanan Er,Cr:YSGG lazerin *C. albicans*'ları *E. faecalis*'lere göre anlamlı düzeyde daha fazla elimine ettiği saptanmıştır. Bu sonucun, Er,Cr:YSGG lazerin *E. faecalis*'e göre *C. albicans* üzerinde daha fazla mikrobisidal etkisinin olması ve *C. albicans*'ların dentin tübüllerine daha az penetre olabilmesinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Nitekim Waltimo ve diğerleri (2000), *C. albicans* ve *E. faecalis*'in in vitro olarak insan dentinine penetrasyonunu inceledikleri ve dentin tübüllerindeki *C. albicans* gelişiminin *E. faecalis*'e göre daha az olduğunu rapor ettikleri çalışma sonuçları bizim sonuçlarımızı destekler niteliktedir.

Schoop ve diğerleri (2004) yaptıkları çalışmada, Nd:YAG, Diyod, Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerlerin, *E. coli* ve *E. faecalis* üzerindeki dezenfeksiyon etkilerini karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar 400 µm çapında fiber uç kullanarak, deney örneklerine 1 W ve 1.5 W çıkış gücü uygulamışlardır. Tüm örneklerle 15 saniye ara verilerek 5 kere 5'er saniyelik ışınlamalar yapılmıştır. Hiçbir lazer cihazında su ve hava spreyi kullanılmamıştır. 1 W çıkış gücü kullanıldığı zaman Er:YAG lazerin *E. coli* üzerinde en etkili dalga boyu olduğu, 1.5 W çıkış gücünde ise Er:YAG lazerin *E. coli*'yi tamamen elimine ettiği bildirilmiştir. Kullanılan bütün lazer sistemlerinin *E. faecalis*'in eliminasyonunda yetersiz kaldığı gösterilmiştir. Çalışmamızda bu araştırmadan farklı olarak, 2 W çıkış gücü ve RFT uç kullanmamıza rağmen Er,Cr:YSGG lazer uygulamasının *E. faecalis* üzerinde NaOCl kadar etkili olmadığını gösteren bulgularımız, Schoop ve diğerlerinin (2004) sonuçlarını destekler niteliktedir.

Schoop ve diğerleri (2007) çalışmalarında, Er,Cr:YSGG lazerin bakterisidal etkilerini araştırmışlardır. 300 µm çapında Z3 fiber ucu, 1 W ve 1.5 W çıkış gücü ve 20 Hz atım hızı kullanılmıştır. 5 saniyelik atımlar 20 saniye ara verilerek 5 kez tekrarlanmıştır. Çalışmada hava ve su soğutması kullanılmamıştır. Lazerin 1.5 W gücünde *E. coli* üzerinde daha etkili olduğu halde *E. faecalis* üzerinde 1 W ve 1.5 W uygulamaları arasında anlamlı bir fark olmadığı ve kullanılan çıkış güçlerinde tam bir eliminasyon sağlanamadığı bildirilmiştir. Çalışmamızda firma tarafından dezenfeksiyon yapacağı iddia edilen RFT uçlarla 2 W çıkış gücü kullanılmasına rağmen, araştırmacıların sonuçlarıyla benzer bulgular elde edilmiştir. Bu benzerliğin, iki araştırmada da kullanılan *E. faecalis*'in inkübasyon zamanlarının farklılığından kaynaklandığı düşünülmüştür. Araştırmacılar *E. faecalis*'i 4 saat inkübe ederken, bizim çalışmamızda ise 24 saat inkübasyon yapılmıştır.

Wang ve diğerleri (2007), Er,Cr:YSGG lazer ile Nd:YAG lazerin *E. faecalis* üzerindeki antibakteriyel etkisini NaOCl ile karşılaştırmışlardır. Er,Cr:YSGG lazer ve Nd:YAG lazer 1 W ve 1.5 W çıkış güçlerinde kullanılmış, 5 ml % 2.5'luk NaOCl ise 2 dakika boyunca uygulanmıştır. Lazer 10 saniye uygulanıp 15 saniye ara verilerek işlem 4 defa tekrar edilmiştir. Su ve hava spreyi kullanılmamıştır. Nd:YAG lazer Er,Cr:YSGG lazere göre daha etkili bulunmuş, fakat çalışmada

dezenfeksiyon amacıyla uygulanan lazer teknikleri, NaOCl solüsyonu kadar etkili olamamıştır. Her iki çalışmanın da NaOCl uygulama sonuçları birbirini destekler niteliktedir. Ancak araştırmacıların % 2.5 gibi çok daha düşük bir oranda NaOCl kullanarak bizim çalışmamızla benzer sonuçlar elde etmesi dikkat çekici bir bulgu olarak değerlendirilmiştir. NaOC'in kanal dezenfeksiyonuyla ilgili yapılan çalışmalarda mikroorganizmalar üzerinde en etkin konsantrasyonun % 5.25'lik NaOCl'in olduğu gösterilmiştir (Ayhan ve diğerleri, 1999; Berber ve diğerleri, 2006; Gomes ve diğerleri, 2001; Nakamura ve diğerleri, 2013; Sena ve diğerleri, 2006; Siqueira ve diğerleri, 2000; Vianna ve diğerleri, 2004). Er,Cr:YSGG lazer bizim çalışmamıza göre daha düşük çıkış gücünde kullanılmış, fakat daha uzun süre uygulanmıştır. Çalışmamızda *E. faecalis* üzerinde % 50 eliminasyon saptanan sonuçlarımız, Wang ve diğerlerinin (2007) 1.5 W çıkış gücünde Er,Cr:YSGG lazer uygulamasıyla % 96 oranında bakteri eliminasyonu gösterdikleri çalışma sonuçlarıyla örtüşmemektedir. Araştırmacıların daha düşük çıkış gücünde elde ettikleri bu yüksek eliminasyon ve % 2.5'luk NaOCl'in *E. faecalis* üzerindeki % 100 etkinlik sonuçlarının, mikrobiyolojik sayım için kullanılan metoddan kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Eldeniz ve diğerlerinin (2007) yaptıkları bir çalışmada, *E. faecalis* ile kontamine edilmiş kanallar üzerinde Er,Cr:YSGG lazer ile NaOCl'in antibakteriyel etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Lazer uygulamasında 200 µm çapında Z2 fiber uç, 0.5 W çıkış gücü, % 20 hava ve su kullanılan gruplarda % 96 oranında eliminasyon gerçekleşmiş ancak tam bir eliminasyon sağlanamamıştır. Araştırmacıların bulguladıkları % 96 oranında *E. faecalis* eliminasyon sonuçlarının bizim çalışma sonuçlarımızdan oldukça farklılık gösterdiği gözlenmiştir. Araştırmacılar çalışmalarında lazer uygulama sürelerini belirtmedikleri gibi mikrobiyolojik değerlendirmelerinde de farklı bir yöntem kullanmışlardır.

Arnabat ve diğerlerinin (2010) yaptıkları bir çalışmada, Er,Cr:YSGG lazerin *E. faecalis* ile enfekte edilmiş kök kanallarındaki etkinliği NaOCl ile karşılaştırılmıştır. 200 µm çapında (Z2) lazer ucu, 20 Hz atım hızı, 1 W ve 2 W çıkış gücü kullanılmıştır. Araştırmacıların bakteri eliminasyonunda % 5'lik NaOCl'in en

etkili yöntem olduğunu bildiren sonuçları bizim *E. faecalis* sonuçlarımızı desteklemektedir.

Yavari ve diğerleri (2010) yaptıkları çalışmalarında, *E. faecalis* ile kontamine edilmiş kök kanallarında Er,Cr:YSGG lazeri yüksek güç ayarlarında kullanarak NaOCl ile karşılaştırmayı amaçlamışlardır. 20 Hz atım hızı, % 20 su-hava, 200 µm çapında Z2 fiber uç, 2 W ve 3 W parametreleri kullanılmıştır. 8 saniyelik uygulama, 30 saniye dinlenme şeklinde atım yapılmış, bu işlem 2 defa tekrarlanmıştır. Kontrol grubuna ise 5 ml % 1'lik NaOCl, toplamda 15 dakika olacak şekilde uygulanmıştır. NaOCl grubunda tamamen eliminasyon gerçekleşirken, lazer gruplarında bütün bakteriler elimine edilememiştir. Bizim çalışmamızda da 2 W güç ayarında 6 saniye lazer uygulaması, 20 saniye dinlenme şeklinde toplamda 24 saniye lazer uygulanmıştır. Lazer grubunda uygulama süresi açısından fark olmasına rağmen benzer sonuçlar elde edilmiş, % 100 bakteri eliminasyonu gerçekleşmemiştir. İki çalışmada farklı sürelerde lazer uygulanmasına rağmen benzer sonuçlar alınması lazer uygulama süresinin bakteri eliminasyonu üzerinde önemli bir etkisinin olmayacağını düşündürmüştür.

Cheng ve diğerlerinin (2012) yaptıkları bir çalışmada, Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG lazerlerin ve antimikrobiyal FotoDinamik Terapi'nin (aPDT) deneysel olarak *E. faecalis* ile enfekte edilmiş dişler üzerindeki bakterisidal etkileri değerlendirilmiştir. Nd:YAG lazer 200 µm çapında fiber uç kullanılarak, 15 Hz atım hızında, 1.5 W gücünde uygulanmıştır. Işınlama 4 saniye yapılmış, 15 saniye ara verilip işlem 4 kez tekrar edilmiştir. Er:YAG lazer grubunda, kanallar % 5.25'lik NaOCl, serum fizyolojik ve distile su ile doldurulduktan sonra 300 µm çapında fiber optik kullanılarak 20 saniye, 0.3 W gücünde ve 15 Hz atım hızında ışınlama yapılmıştır. 3. grupta aynı parametreler kullanılarak Er:YAG lazer, serum fizyolojik ve distile su ile birlikte uygulanmıştır. Er,Cr:YSGG lazer 415 µm çapında fiber uç kullanılarak, 1 W gücünde, 20 Hz atım hızında 12 saniye ışınlama yapıp, 15 saniye ara verilmiş ve bu işlem 4 kez tekrar edilmiştir. aPDT grubunda ise kanallar metilen mavisi ile doldurulup, 2 mm çapında fiber optik kullanarak, 20 Hz atım hızında, 60 saniye boyunca LED ışığı ile aktive edilmiştir. NaOCl grubunda 5 ml % 5.25'lik NaOCl 60 saniye, serum fizyolojik grubunda ise 5 ml %

0.9'luk salin solüsyonu 60 saniye boyunca uygulanmıştır. Araştırmacılar bir tek Er:YAG lazer ile NaOCl kombinasyonunda % 100 oranında *E. faecalis* eliminasyonu rapor ederken, NaOCl irrigasyonunda % 99.99, Er:Cr:YSGG lazer uygulamasında ise % 93.29 oranında bakteri eliminasyonu rapor etmişlerdir. Bizim çalışmamızla benzer olarak Er,Cr:YSGG lazer tek başına yeterli antibakteriyel etkiyi gösterememiş ancak oran olarak daha iyi sonuç elde edilmiştir. Çalışmalar arasındaki bu farkın, Cheng ve diğerlerinin (2012) yaptıkları çalışmada daha geniş çaplı endodontik uç kullanmaları ve mikrobiyolojik sayım yöntemlerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Onay ve diğerlerinin (2010) yaptıkları bir araştırmada, Er,Cr:YSGG lazerin farklı güç ayarlarında, NaOCl ile kombine edilerek veya tek başına kullanılarak *C. albicans* üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Z3 fiber ucu, 20 Hz atım hızı, % 35 hava, % 0 su, 1 W ve 0.75 W parametreleri kullanılmıştır. Lazer 5x5 saniye olarak uygulanmıştır. 2 ml % 5.25'lik NaOCl ise 1 dakika boyunca, 1 W ve 0.75 W lazer uygulamaları ile kombine olarak ve tek başına uygulanmıştır. 1 W lazer ve % 5.25 NaOCl'in kombine olarak uygulandığı grupta en yüksek antifungal etki (% 92) görülmüştür. Bunu 1 W lazer grubu (% 90.6) izlemiştir. NaOCl'in tek başına uygulandığı grupta ise en düşük (% 83.3) azalma meydana gelmiştir. *C. albicans* hiçbir grupta tamamen elimine edilememiştir. Araştırmacıların lazer uygulamalarının *C. albicans* eliminasyon sonuçları çalışma sonuçlarımızla örtüşmektedir. NaOCl'in % 83.3 oranındaki mikroorganizma eliminasyon sonuçlarının ise tam eliminasyon sağladığımız çalışma sonuçlarımızdan farklı olduğu görülmektedir. Bu farkın araştırmacıların NaOCl'i 1 dakika uygulamalarından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Kök kanallarının NaOCl ile irrigasyonu (% 1 ile % 5.25 konsantrasyonlarında değişen) günümüzde geniş çapta kabul edilen bir tekniktir. NaOCl'in antibakteriyel etkinliği konusunda literatürde bazı makalelerde NaOCl hedef mikroorganizmaları düşük konsantrasyonlarda bile saniyeler içinde öldürürken (Gomes ve diğerleri, 2001), daha uzun süreye ihtiyaç olduğundan bahseden kaynaklar da mevcuttur (Gomes ve diğerleri, 2001; Radcliffe ve diğerleri, 2004; Vianna ve diğerleri, 2004; Waltimo ve diğerleri, 1999). Solüsyonun

konsantrasyonunda azalma olduğu zaman toksisitesi, antibakteriyel etkinliği ve dokuları çözebilme yeteneği aynı oranda azalmaktadır. (Johnson ve Noblett, 2009; Siqueira ve diğerleri, 2000).

RFT uçlarla Er,Cr:YSGG lazerin ve % 5'lik NaOCl'in antimikrobiyal etkinliklerinin *E. faecalis* ve *C. albicans* üzerinde değerlendirildiği çalışmamızda, NaOCl her iki mikroorganizma üzerinde de tam bir eliminasyon gerçekleştirmiştir. NaOCl grupları ile lazer gruplarının istatistiksel olarak karşılaştırılmasında, NaOCl anlamlı düzeyde hem *C. albicans* hem de *E. faecalis* üzerinde antimikrobiyal etki göstermiştir.

Sodyum hipokloritin hangi konsantrasyonda kullanılması gerektiği günümüzde halen tartışma konusudur; birçok yazar % 5.25'lik konsantrasyonu önerirken (Alaçam, 2012; Ayhan ve diğerleri, 1999; Berber ve diğerleri, 2006; Harrison, 1984; Sena ve diğerleri, 2006; Vianna ve diğerleri, 2004), diğerleri % 3'lük hatta % 0.5'lik daha düşük konsantrasyonu tercih etmektedirler (Baumgartner ve Cuenin, 1992; Siqueira ve diğerleri, 2000; Spangberg ve diğerleri, 1973).

Sonuçlarımız, bakteri eliminasyonunda % 5'lik konsantrasyonda NaOCl'in daha başarılı olduğunu bulgulayan araştırmacıların sonuçlarını destekler niteliktedir (Berber ve diğerleri, 2006; Clegg ve diğerleri, 2006; Gomes ve diğerleri, 2001; Sena ve diğerleri, 2006; Siqueira ve diğerleri, 2000; Vianna ve diğerleri, 2004). Yaptığımız kaynak araştırmasında NaOCl'in *E. faecalis* üzerindeki etkinliğini değerlendirme çalışmalarında kanal içi irrigasyon solüsyonu uygulama sürelerinin 10 saniye ile 30 dakika arasında değiştirdiği gözlenmiştir (Gomes ve diğerleri, 2001; Radcliffe ve diğerleri, 2004; Sen ve diğerleri, 1999). Yavari ve diğerleri (2010), % 1'lik NaOCl'i 15 dakika kanal içerisine uygulamışlar ve *E. faecalis* üzerinde tam eliminasyon gerçekleştirdiklerini bildirmişlerdir. Klinik uygulamalarda NaOCl'in kanal içerisinde 15 dakika bekletilmesinin hasta ve hekim açısından pratik olmayacağı açıktır. Cheng ve diğerleri (2012) % 5.25'lik NaOCl'i kök kanallarında 60 saniye uygulamışlar ve önemli oranda *E. faecalis* eliminasyonu göstermişlerdir. Radcliffe ve diğerleri (2004) ise, yaptıkları çalışmada NaOCl'in farklı uygulama sürelerini değerlendirmişler ve % 5.25'lik NaOCl ile 2 dakikada *E. faecalis*'in elimine edilebileceğini bildirerek, bizim sonuçlarımızı desteklemişlerdir.

Gevşek yapışkan bir yapısı olan smear tabakasının, bakteriler için bir sığınak ve sızıntı için bir yol oluşturabilmesi nedeniyle kök kanal duvarlarından tamamen kaldırılması gerektiği savunulmaktadır (Cameron, 1987; Mader ve diğerleri, 1984; Meryon ve Brook, 1990; Drake ve diğerleri, 1994). Haapasalo ve Orstavik (1987), smear tabakasının intrakanal dezenfektan maddelerin etkinliğini engelleyerek dentin tübülleri içerisinde yer alan bakterileri koruyabildiklerini bildirmişlerdir. Bunun yanında smear tabakası dezenfeksiyon ajanlarının ve intrakanal medikamanların dentin tübüllerine penetrasyonunu engelleyerek dezenfeksiyon işlemlerinin etkinliğini de sınırlandırabilmektedir (Violich ve Chandler, 2010). Kök kanal sisteminin etkili bir şekilde dezenfekte edilebilmesi için kullanılacak ideal bir irrigasyon solüsyonunda bulunması gereken temel özelliklerden biri de kök kanallarındaki smear tabakasını kaldırabilmesidir (Alaçam, 2012, s. 530).

Araştırmamızın SEM bölümünde 2 W, 20 Hz, % 25 su ve % 35 hava ile birlikte Er,Cr:YSGG lazerin 200 µm çaplı RFT sisteminin, helokoidal hareketlerle 24 saniye uygulanmasıyla birlikte lazer ışının dentin duvarlarında o doğrultuda izler bıraktığı ve kanal duvarlarında homojen bir dağılım sergilemediği görülmüştür. Yer yer lazer ışını kanal duvarlarında etki ederken, bazı yerlerin lazer ışınından etkilenmediği gözlenmiştir. Bu sonucun çalışmada kullandığımız lazer ucunun çapına bağlı olduğu ve daha kalın çapta uçların kullanılmasıyla daha homojen bir ışınlama yapılacağı düşünülmüştür. Lazerin etki ettiği alanlarda dentin dokusunun smear tabakası ile birlikte kalktığını, lazer ışınının etki etmediği bölgelerde ise smear tabakasının dentin tübüllerini örttüğü görülmüştür. Lazer ışınının etki ettiği kanal duvarları üzerinde kırık ve çatlaklara neden olduğu izlenmiş ancak erime, karbonizasyon veya rekristalizasyon gibi termal hasarlar meydana getirmediği not edilmiştir. Işınlama sonrasında dentin tübüllerinin etrafında keskin köşelerin kaldığı ve daha çok intertübüler dentinin etkilendiği görülmüştür. % 5 NaOCl uygulamasının ise, smear tabaka üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı ve tüm deney örneklerinde dentin tübüllerinin homojen bir şekilde smear tabakayla örtülmüş olduğu gözlemlenmiştir.

Yamazaki ve diğerleri (2001) Er,Cr:YSGG lazer kullanarak kök kanal duvarlarındaki morfolojik değişiklikleri inceledikleri çalışmalarında, su ve hava spreyi kullanılmadan ışınlama yapılan bütün örneklerde çatlak ve karbonizasyon meydana geldiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar su ve hava spreyi kullanıldığında ise sadece 5 W ve 6 W yüksek çıkış gücünde lazer uygulanan örneklerde çatlamlar meydana geldiğini rapor etmişlerdir. Bizim çalışmamızda su ve hava spreyi ile birlikte 2 W gücünde lazer uygulanmasına rağmen, çatlamlar ve kırıklar meydana gelmiştir. Aradaki farkın çalışmamızda daha uzun süre ışınlama yapılmasından kaynaklanabileceği düşünüldüğünden, lazer uygulama süresinin, kök kanal duvarlarında meydana gelecek morfolojik değişikliklerde çok önemli bir faktör olduğu kanısına varılmıştır.

Altundasar ve diğerlerinin (2006) yaptıkları çalışmada, Er,Cr:YSGG lazer, % 5.25'lik NaOCl ve Rc-Prep Pat uygulamalarıyla kök kanal yüzeylerinde meydana gelen morfolojik ve kimyasal değişiklikler incelenmiştir. % 5.25'lik NaOCl uygulanan grupta yoğun ve homojen smear tabakasının olduğu, apikal üçlüde yoğunluğun arttığı ve dentin tübüllerini kapattığı gösterilmiştir. Bizim çalışmamızda da % 5'lik NaOCl uygulanan gruplarda benzer görüntüler elde edilmiştir. Araştırmada, 3 W gücünde Er,Cr:YSGG lazer uygulanan grupta yer yer smear tabakasının kalktığı, bazı bölgelerde ortaya çıkan kolajenlerin dentin tübüllerini örttüğü ve karbonizasyon ve erime meydana geldiği belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda da Er,Cr:YSGG uygulanan gruplarda benzer şekilde smear tabakasının yer yer kalktığı ancak erime ya da karbonizasyon gibi termal hasarların meydana gelmediği sadece çatlak ve kırıkların olduğu görülmüştür. İki çalışma arasındaki bu farklı SEM sonuçları, 2 W üzerindeki çıkış güçlerinin dentin üzerinde karbonizasyon ve erime gibi istenmeyen termal hasarlara sebep olabileceğini göstermiştir.

Schoop ve diğerlerinin (2007) yaptıkları çalışmanın SEM incelemesinde, 1W gücünde kökte vertikal yönde kesik oluştuğu, lazerleme işleminden sonra smear tabakasının kaldırıldığı ve dentin tübüllerinin rahatlıkla görüldüğü belirtilmiştir. 1.5 W gücünde ise yer yer erime ve rekristalizasyon olduğu, bazı dentin tübülleri görülürken, bazılarının ise kapandığı bildirilmiştir. SEM incelememizde ise daha yüksek çıkış gücü kullanılmasına rağmen herhangi bir

erime veya kristalizasyon meydana gelmediği görülmüştür. İki çalışma arasındaki bu farkın çalışmamızda lazer sisteminin % 25 su ve % 35 hava ile birlikte kullanılmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. SEM sonuçlarımız lazer uygulamalarında termal yan etkileri minimuma indirmek için su ve hava soğutmasının mutlaka kullanılması gerektiğini düşündürmektedir.

Onay ve diğerlerinin (2010) yaptıkları SEM incelemesinde, NaOCl uygulanan grupta bizim NaOCl sonuçlarımızla benzer şekilde dentin duvarlarının neredeyse tamamının smear tabakası ile kaplı olduğu gösterilmiştir. Araştırmacılar 1 W lazer uygulamasının 0.75 W lazer uygulamasına göre smear tabakası üzerinde daha etkili olduğunu ve yüzeylerin temiz sayılabileceğini, sadece biraz maya hücre kalıntılarının ve debrisin mevcut olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada bizden farklı olarak kök kanal duvarlarında herhangi bir çatlak ya da kırık gibi yan etkilerin oluşmaması, araştırmacıların daha düşük çıkış gücü kullanmalarına bağlanmıştır.

Silva ve diğerleri (2010) Er,Cr:YSGG lazeri farklı çıkış güçlerinde kullanarak kök kanal duvarlarındaki permeabiliteyi değerlendirmişlerdir. 400 µm çapında Z4 fiber ucu kullanılarak, hava-su spreyi ile birlikte 0.75 W, 1.5 W ve 2.5 W lazer uygulaması yapılan gruplarda, 0.75 W uygulamasında dentin yüzeyinde herhangi bir değişiklik olmadığı, 1.5 W ve 2.5 W uygulamalarında ise smear tabakasının kaldırıldığı, dentin tübüllerinin açık olduğu, erime ya da karbonizasyon gerçekleşmediği, sadece çatlakların ve fissürlerin oluştuğu bildirilmiştir. 2 W çıkış gücü ile 200 µm RFT kullandığımız çalışma sonuçlarımız araştırmacıların sonuçlarıyla örtüşmektedir.

Er,Cr:YSGG lazerin RFT endodontik fiber uç sistemiyle kanal dezenfeksiyonunu değerlendirmeyi amaçladığımız çalışmamızda, konu ile yaptığımız kaynak taramasında sınırlı sayıda araştırma olduğu saptanmıştır.

Gordon ve diğerleri (2007), Er,Cr:YSGG lazer ile kullandıkları radial emitting lazer uçların, *E. faecalis* ile kontamine edilmiş dentin silindir modelleri üzerindeki dezenfeksiyon etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar lazer (0.175 W ve 0.35 W) ve NaOCl (% 2.5'lük) gruplarında % 100'lük bir bakteri eliminasyonunun

gerçekleşmemesine rağmen, Er,Cr:YSGG lazerin NaOCl'e göre daha başarılı olduğunu saptayarak, radial firing endodontik uçlar ile birlikte lazer uygulamasının kök kanal dezenfeksiyonunda alternatif bir yöntem olabileceği sonucuna varmışlardır. Gordon ve diğerlerinin çalışma bulguları, hem lazer hem de NaOCl sonuçlarımızla uyuşmamaktadır. NaOCl grubunda başarısızlıklarının düşük konsantrasyonda NaOCl kullanmalarından kaynaklandığı düşünülmüştür. Lazer gruplarındaki bizden daha başarılı verilerinin, lazer ışınını 30, 60, 120, ve 240 sn uygulamaları nedeniyle olabileceği kanısındayız. Lazerin uzun süre kök kanallarında uygulanmasının, erime ve karbonizasyon gibi termal yan etkilere neden olabileceği gösterildiğinden (Eldeniz ve diğerleri, 2007), lazer uygulamalarında bu kadar uzun süre ışınlamanın uygun olmayacağı düşüncesindeyiz.

Schoop ve diğerleri (2009), Er,Cr:YSGG lazeri radial firing uçlarla kullanarak, kök kanallarındaki bakterisidal etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar 200 µm çapında lazer ucu, 2 W ve 3 W çıkış gücü, 20 Hz atım hızıyla yaptıkları dezenfeksiyon uygulamalarında hava su soğutması kullanmamışlardır. Lazerleme işlemi aralarda 20 saniye dinlenerek, 5x5 saniye uygulanmıştır. Araştırmada 3 W gücünde, *E. coli* örneklerin tümünde elimine edilirken, *E. faecalis* uygulanan her iki çıkış gücünde de, hiçbir deney örneğinde tam olarak elimine edilememiştir. Yapılan bu çalışmada *E. faecalis* sadece 4 saat inkübe edilmesine rağmen bizim 24 saat inkübe edilmiş *E. faecalis* eliminasyon sonuçlarımızla benzer bulgular bildirilmiştir. Farklı inkübasyon sürelerine karşın benzer sonuçlar alınmasında, *E. faecalis*'in çok dirençli bir suş olmasının etken olduğu düşünülmüştür. Araştırmacılar yaptıkları SEM değerlendirmesinde, dezenfeksiyon amacıyla uyguladıkları 2 W çıkış gücünde, kök yüzeylerinin pürüzlü olduğunu, kimi yerde dentin tübülleri görülürken, ince bir smear tabakanın dentin yüzeyinde kalmış olduğunu gözlemişlerdir. Çıkış gücü 3 W'a çıkarıldığı zaman ise, hemen hemen benzer görüntülerin elde edildiği fakat daha temiz bir yüzey ile karşılaşıldığını, dentin tübüllerin çoğunun açık olup, çatlak veya erime oluşmadığını belirtmişlerdir. Bu çalışmanın SEM bulguları bizim çalışmamızın bulgularıyla örtüşmektedir. Ancak çalışmalarında hava su soğutması kullanmadıkları halde erime veya rekristalizasyon gibi termal yan etkilerin gözlenmemesi dikkat çekici bulunmuştur.

Licata ve diğerleri (2013) yaptıkları çalışmada birlikte kullandıkları NaOCl ve Er,Cr:YSGG lazerin *E. faecalis* üzerindeki antimikrobiyal etkinliklerini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar Er,Cr:YSGG lazer ile endodontik uç olarak 200 µm çapında Radial Firing Tips sistemini kullanmışlardır. 52 dişi rastgele 4 gruba ayırıp, 1. grupta 30 saniye, 0.75 W, 2. grupta 60 saniye, 0.75 W, 3. grupta ise 60 saniye, 0.25 W kullanmışlardır. Bütün lazer ışınlamaları % 17'lik EDTA ve % 5.25'lik NaOCl ile birlikte yapılmıştır. 4. grupta ise sadece % 17'lik EDTA ve % 5.25'lik NaOCl irrigasyonu yapılmıştır. 1., 2. ve 3. gruplar ışınlamanın hemen ardından salin solüsyonu ile irrigate edilirken, kontrol grubunda yarım saat sonra salin ile irrigasyon gerçekleştirilmiştir. 30 ve 60 saniye 0.75 W ışınlama yapılan dişlerde sırasıyla % 92.3 ve % 100 *E. faecalis* eliminasyonu gerçekleşirken, 0.25 W, 60 saniye ışınlama yapılan grupta % 46.1, kontrol grubunda ise % 92.3 oranında bakteri eliminasyonu rapor edilmiştir. Araştırmacılar, bizim kullandığımız sistemi farklı bir teknikte uygulayarak, lazeri sadece dişin koronal bölgesinde aktive etmişlerdir. Bu uygulamayla kullanılan irrigasyon solüsyonunun dentin tübüllerine daha kolay penetre olduğunu ve lazerin istenmeyen termal etkilerinden kaçınılabileceğini ileri sürmüşlerdir. Sonuç olarak Licata ve diğerleri, Er,Cr:YSGG lazerin NaOCl ile birlikte kullanılmasının uygun bir dezenfeksiyon yöntemi olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Bu çalışmada kullanılan lazer uygulama tekniği ve mikrobiyolojik değerlendirme yönteminin farklı olması bulgularımızı karşılaştırmamızı olanaksız kılmıştır.

Martins ve diğerleri (2013), Er,Cr:YSGG lazer ile RFT sistemini kullanarak, nekrotik pulpalı asemptomatik dişlere sahip hastalar üzerinde in vivo bir çalışma yapmışlardır. 1. grupta dişler genişletildikten sonra, irrigasyon amacıyla % 3'lük NaOCl kullanıldıktan sonra kanallara kalsiyum hidroksit gönderilmiştir. 2. seansta ise yine % 3'lük NaOCl irrigasyonu yapıp, güta perka ile kanallar doldurulmuştur. 2. grupta ise Er,Cr:YSGG lazer, ilk seansta 270 µm kalınlığında RFT ile, 0.75 W, 20 Hz, 140 µs, % 0 hava ve su ayarları ile kullanılırken, 2. randevuda ise 320 µm kalınlığında RFT, 1.25 W, 20 Hz, 140 µs, % 0 hava ve su ayarları ile kullanılarak dezenfeksiyon yapılmıştır. Lazer uygulaması kök kanallarını distile su ile doldurup yapılmış, lazer işleminden sonra da 5 ml salin solüsyonuyla kanallar 1 dakika boyunca irrigate edilmiştir. Hastalar 6 ay sonra kontrole çağırılmıştır. 1. gruptan 12

kişi, 2. gruptan da 17 kişi çalışma sonunda değerlendirilmiştir. Sadece 2. gruptan bir kişide şişme ve dolumdan hemen sonra hassasiyet meydana gelmiş, antibiyotik ve antienflamatuar reçete edilerek şikayetleri 1 hafta sonra geçmiştir. Çalışmada ekstra tedaviye ihtiyaç duyanlar başarısız olarak kabul edilmişlerdir. Birinci gruptan sadece bir kişide 3 ay sonra şişme, perküsyonda hassasiyet ve fistül yolu görülürken, 2. gruptan bir hastada 6. ay kontrolünden önce protetik nedenlerle diş çekilmiş, bir hasta da kontrole gelmemiştir. Birinci grupta 6 ay içerisinde % 66.67 oranında iyileşme görülürken, ikinci grupta ise % 58.82 oranında diş iyileşmiş, % 82.35 oranında diş iyileşmeye başlamış ve % 17.65 oranında dişlerde de herhangi bir değişiklik olmamıştır. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Araştırmacılar Er,Cr:YSGG lazer ile RFT sisteminin endodontik tedavilerde kullanılabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Martins ve diğerlerinin (2014) yaptıkları başka bir in vivo çalışmada, apikal periodontitistli ve pulpa testlerine negatif cevap veren tek köklü matür premolar dişler çalışmaya dahil edilmiştir. Birinci grupta, dişlerin genişletilmesinden sonra % 3'lük NaOCl ve intrakanal medikamanı olarak da kalsiyum hidroksit kullanılmıştır. 2. grupta ise kök kanalları distile su ile doldurulup 0.75 W, 20 Hz, 140 µs atım aralığı, % 0 hava ve su parametrelerinde Er,Cr:YSGG lazer ile 270 µm çapında RFT kullanılmıştır. İkinci randevuda ise kanallar yine distile su ile doldurulup, 320 µm çapında RFT ile, 1.25 W, 20 Hz, 140 µs atım aralığı ve % 0 hava ve su parametreleri kullanılıp, lazer irradiasyonu sonunda 5 mL salin solüsyon ile irrigasyon yapılmıştır. 12 ay sonunda yapılan kontrollerde, 12 diş NaOCl grubundan, 18 diş de lazer grubundan değerlendirilmiştir. NaOCl grubunda bütün dişler iyileşmiş olarak kabul edilirken, lazer grubunda ise dişlerin % 88.90'ında iyileşme, % 11.1'inde ise iyileşme başlangıcı görülmüştür. İstatistiksel olarak iki grup arasında anlamlı bir fark olmadığını saptayan araştırmacılar, Er,Cr:YSGG lazerin konvansiyonel irrigasyonlar kadar etkili olabildiği sonucuna varmışlardır.

Çalışmamızın mikrobiyolojik ve SEM analizi sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, Radial firing tips sistemiyle kullanılan Er,Cr:YSGG lazerin kök kanal tedavilerinde dezenfeksiyon amacıyla kullanılabilmesi için ilave çalışmaların yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

RFT kök kanal terapi sistemiyle birlikte kullanılan Er,Cr:YSGG lazerin, kök kanallarında dezenfeksiyon amacıyla kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu tez çalışmasının sınırları dahilinde;

Antimikrobiyal etkinlik deneylerimizin sonuçlarına göre:

- Hem lazer hem de NaOCl gruplarında uygulama öncesi ve sonrası kök kanallarından elde edilen mikroorganizma sayılarında anlamlı düzeyde azalma görülmüştür.
- % 5'lik NaOCl 2 dakika kök kanalları içerisine uygulanmasıyla *E. faecalis* ve *C. albicans*'ları tamamen elimine etmiştir.
- Lazer uygulanan *E. faecalis* gruplarına ait sonuçlar değerlendirildiğinde, 200 µm RFT uç, 2 W çıkış gücü, 20 Hz, % 25 su ve % 35 hava ile birlikte, 6 saniye lazer uygulanması, 20 saniye dinlenme şeklinde toplamda 24 saniye lazer uygulamasının, *E. faecalis* eliminasyonda, NaOCl kadar etkili olmadığı görülmüştür. *E. faecalis* gruplarının istatistiksel değerlendirilmesinde, lazer uygulamasının anlamlı düzeyde daha az *E. faecalis* eliminasyonu yaptığı saptanmıştır.
- Çalışmanın *C. albicans* gruplarına ait sonuçlar değerlendirildiğinde, lazer ve NaOCl uygulamalarında *C. albicans*'ın her iki grupta da tamamen elimine edildiği saptanmıştır. Ancak, gruplar arası yapılan istatistiksel çalışmada NaOCl uygulamasının etkinliği, lazer uygulamasına kıyasla anlamlı düzeyde daha fazla bulunmuştur. Bu anlamlı düzeydeki fark, lazer uygulamasından sonra her ne kadar ortancalarda % 100 eliminasyon görülse de, *C. albicans* grubundaki örneklerde homojen bir eliminasyon gerçekleşmediğinden kaynaklanmıştır.
- RFT sistemi ile Er,Cr:YSGG lazerin *C. albicans*'ları *E. faecalis*'e göre anlamlı düzeyde daha fazla elimine ettiği saptanmıştır.
- % 5'lik NaOCl uygulamasının etkinliği, lazer uygulamasına kıyasla hem *C. albicans* hem de *E. faecalis* üzerinde anlamlı düzeyde daha fazla bulunmuştur.

Er,Cr:YSGG lazer uygulamasının SEM analizine göre:

- RFT sistemi ile birlikte Er,Cr:YSGG lazer uygulamasıyla, lazer ışınının dentin duvarlarında homojen dağılmadığı saptanmıştır.
- Lazer ışınının etki ettiği yerlerde smear tabakasının kalktığı ve dentin tübüllerinin açığa çıktığı görülmüştür. Lazer ışınının etki etmediği alanlarda ise smear tabakasının dentin tübüllerini örttüğü izlenmiştir.
- Kök kanal dentin duvarlarında yer yer kırık ve çatlakların meydana geldiği görülmüştür.
- Lazer uygulamasına bağlı olarak erime, karbonizasyon veya rekristalizasyon gibi istenmeyen yan etkiler meydana gelmediği gelmemiştir.
- Lazer uygulama sonrasında dentin tübüllerinin etrafında keskin köşeler kaldığı ve daha çok intertübüler dentinin etkilendiği saptanmıştır.

% 5'lik NaOCl uygulamasının SEM analizine göre:

- NaOCl uygulamasının prepare edilmiş kök kanal yüzeylerinden smear tabakayı kaldıramadığı görülmüştür.
- Tüm deney örneklerinde dentin tübüllerinin homojen bir şekilde smear tabakayla örtülmüş olduğu izlenmiştir.

Çalışmamızın antimikrobiyal sonuçları değerlendirildiğinde, kullandığımız lazer uygulama tekniğinin kanal tedavisi yapılmış ancak başarısızlıkla sonuçlanmış dişlerden izole edilen *E. faecalis* ve *C. albicans* üzerinde antimikrobiyal etkinliğinin olduğu görülmüştür. Elde ettiğimiz bu sınırlı antimikrobiyal sonuçlar doğrultusunda, lazerin ideal bir irrigasyon ajanı olması için yeterli olmadığı açıktır. Ancak kök kanallarında kullanılan irrigasyon yöntemlerinden beklenen temel özelliklerden biri olan smear tabakasını kaldırabilmesi, lazer uygulamasının önemli bir avantajı olarak görülmektedir. Bu bağlamda, kök kanalının morfolojisine uygun çapta endodontik uçların farklı lazer uygulama teknikleriyle kullanılmasının Er,Cr:YSGG lazerin antimikrobiyal etkinliğini arttıracığı inancındayız.

Çalışma sonuçlarımız lazerin kök kanal dezenfeksiyonunda kullanılması durumunda oluşabilecek termal yan etkilerin önüne geçebilmek için mutlaka hava ve su spreyi ile birlikte ve çıkış gücünün düşük olduğu parametrelerde kullanılması gerektiğini göstermektedir. Bunun yanısıra lazer uygulamasında kullanılacak çıkış gücünün kök kanal duvarlarında meydana gelebilecek termal yan etkileri önlemek adına dikkatli bir şekilde seçilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde, düşük çıkış gücünde Er,Cr:YSGG lazerin, sitotoksitesi düşük olan kimyasal ajanlarla birlikte kök kanal dezenfeksiyonunda kullanılmasının, hem antimikrobiyal hem de smear tabakasının kaldırılması açısından uygun bir yöntem olabileceği ve konuyla ilgili yeni çalışmaların yapılması gerektiği düşünülmüştür.

İdeal bir kök kanal tedavisinin gerçekleştirilebilmesi için kullanılacak dezenfeksiyon maddesi, mikroorganizma popülasyonunu tamamen elimine edebilmeli ve smear tabakası ile debrisı uzaklaştırabilmelidir. Fakat günümüzde, bütün bunları yerine getirebilen tek bir ajan bulunmamaktadır. Bu özelliklere sahip irrigasyon solüsyonlarının geliştirilmesine yönelik çalışmaların devam etmesi ve yapılacak olan çalışmaların mutlaka in vivo çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Abad-Gallegos, M., Arnabat-Domínguez, J., España-Tost, A., Berini-Aytés, L. ve Gay-Escoda, C. (2009). In vitro evaluation of the temperature increment at the external root surface after Er,Cr:YSGG laser irradiation of the root canal. *Medicina Oral Patologia Oral y Cirugia Bucal*, 14(12), 658-62.

Adrian, J.C. (1977). Pulp effects of neodymium laser. A preliminary report. Aktaran: Eduardo, C.P. Ve Soares S.G. (2001). The use of lasers for endodontic applications in dentistry. *Medical Laser Application*, 16(3), 231-243.

Ahlquist, M., Henningsson, O., Hultenby, K. ve Ohlin, J. (2001). The effectiveness of manual and rotary techniques in the cleaning of root canals: a scanning electron microscopy study. *International Endodontic Journal*, 34(7), 533-7.

Alaçam, T. (2012). Kök kanallarının irrigasyonu. *Endodonti*. (s. 529-586). Ankara: Özyurt Matbaacılık.

Altundasar, E, Özçelik, B., Cehreli, Z.C. ve Matsumoto, K. (2006). Ultramorphological and histochemical changes after ER,CR:YSGG laser irradiation and two different irrigation regimes. *Journal of Endodontics*, 32(5), 465-8.

American Association of Endodontists. (2003). *Glossary of Endodontic Terms*. Chicago.

Ando, N. ve Hoshino, E. (1990). Predominant obligate anaerobes invading the deep layers of root canal dentin. *International Endodontic Journal*, 23(1), 20-7.

Ando, Y., Aoki, A., Watanabe, H. ve Ishikawa, I. (1996). Bactericidal effect of erbium YAG laser on periodontopathic bacteria. *Lasers in Surgery and Medicine*, 19(2), 190-200.

Arnabat, J., Escribano, C., Fenosa, A., Vinuesa, T., Gay-Escoda, C., Berini, L. ve diğerleri. (2010). Bactericidal activity of erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser in root canals. *Lasers in Medical Science*, 25(6), 805-10.

Aydın, M. (2012). Temel ve Endodontik Mikrobiyoloji. T. Alaçam. (Ed.) *Endodonti*. (s. 589-617). Ankara: Özyurt Matbaacılık.

Aydın, M. (2004). *Candida* cinsi mantarlar. C. Mısırlıgil (Ed.). *Tıp ve diş hekimliğinde genel ve özel Mikrobiyoloji*. (s. 1109-1123). Ankara: Güneş yayınevi.

Ayhan, H., Sultan, N., Cirak, M., Ruhi, M.Z. ve Bodur, H. (1999). Antimicrobial effects of various endodontic irrigants on selected microorganisms. *International Endodontic Journal*, 32(2), 99-102.

Baumgartner, J.C. ve Cuenin, P.R. (1992). Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *Journal of Endodontics*, 18(12), 605-12.

Baumgartner, J.C. ve Falkler, W.A. (1991). Bacteria in the apical 5 mm of infected root canals. *Journal of Endodontics*, 17(8), 380-3.

Baumgartner, J.C. ve Mader, C.L.. (1987). A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *Journal of Endodontics*, 13(4), 147-57.

Baumgartner, J.C., Watts, C.M. ve Xia, T. (2000). Occurrence of *Candida albicans* in infections of endodontic origin. *Journal of Endodontics*, 26(12), 695-8.

Belazi, M., Velegraki, A., Koussidou-Eremondi, T., Andreadis, D., Hini, S., Arsenis, G. ve diğerleri. (2004). Oral *Candida* isolates in patients undergoing radiotherapy for head and neck cancer: prevalence, azole susceptibility profiles and response to antifungal treatment. *Oral Microbiology and Immunology*, 19(6), 347-51.

Berber, V.B., Gomes, B.P., Sena, N.T., Vianna, M.E., Ferraz, C.C. ve Zaia, A.A. (2006). Efficacy of various concentrations of NaOCl and instrumentation techniques in reducing *Enterococcus faecalis* within root canals and dentinal tubules. *International Endodontic Journal*, 39(1), 10-7.

Bergmans, L., Van Cleynenbreugel, J., Wevers, M. ve Lambrechts, P. (2001). Mechanical root canal preparation with NiTi rotary instruments: rationale, performance and safety. Status report for the American Journal of Dentistry. *American Journal of Dentistry*, 14(5), 324-33.

Bertrand, M.F., Lupi-Pégurier, L., Médioni, E., Muller, M. ve Bolla, M. (2001). Curved molar root canal preparations using Hero 642 rotary nickel-titanium instruments. *International Endodontic Journal*, 34(8), 631-6.

Berutti, E., Marini, R. ve Angeretti, A. (1997). Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules. *Journal of Endodontics*, 23(12), 725-7.

Best, M., Springthorpe, V.S. ve Sattar, S.A. (1994). Feasibility of a combined carrier test for disinfectants: studies with a mixture of five types of microorganisms. *American Journal of Infection Control*, 22(3), 152-62.

Burkes, E.J. Jr., Hoke, J., Gomes, E. ve Wolbarsht, M. (1992). Wet versus dry enamel ablation by Er:YAG laser. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 67(6), 847-51.

Bystrom, A. ve Sundqvist, G. (1981). Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scandinavian Journal of Dental Research*, 89(4), 321-328.

Bystrom, A. ve Sundqvist, G. (1983). Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*, 55(3), 307-12.

Bystrom, A. ve Sundqvist, G. (1985). The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International Endodontic Journal*, 18(1), 35-40.

Bystrom, A., Claesson, R. ve Sundqvist, G. (1985). The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in

the treatment of infected root canals. *Endodontics and Dental Traumatology*, 1(5), 170-5.

Cameron, J.A. (1983). The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *Journal of Endodontics*, 9(7), 289-92.

Cameron, J.A. (1987). The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. *Journal of Endodontics*, 13(11), 541-5.

Carson, K.R., Goodell, G.G. ve McClanahan, S.B. (2005). Comparison of the antimicrobial activity of six irrigants on primary endodontic pathogens. *Journal of Endodontics*, 31(6), 471-3.

Celikten, Z.K. (2011). *Er,Cr:YSGG lazerin süt ve sürekli dişlerde kullanılabilirliğinin in vitro koşullarda değerlendirilmesi*. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Cengiz, T., Aktener, B.O. ve Piskin, B. (1990). Effect of dentinal tubule orientation on the removal of smear layer by root canal irrigants. A scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*, 23(3), 163-71.

Cergneux, M., Ciucchi, B., Dietschi, J.M. ve Holz, J. (1987). The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *International Endodontic Journal*, 20(5), 228-32.

Cernavin, I. (1995). A comparison of the effects of Nd:YAG and Ho:YAG laser irradiation on dentine and enamel. *Australian Dental Journal*, 40(2), 79-84.

Chavez de Paz, L.E. (2007). Redefining the persistent infection in root canals: possible role of biofilm communities. *Journal of Endodontics*, 33(6), 652-62.

Chávez De Paz, L.E., Dahlén, G., Molander, A., Möller, A. ve Bergenholtz, G. (2003). Bacteria recovered from teeth with apical periodontitis after antimicrobial endodontic treatment. *International Endodontic Journal*, 36(7), 500-8.

Cheng, X., Guan, S., Lu, H., Zhao, C., Chen, X., Li, N. ve diğerleri. (2012). Evaluation of the bactericidal effect of Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG laser radiation, and antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) in experimentally infected root canals. *Lasers in Surgery and Medicine*, 44(10), 824-31.

Chow, T.W. (1983). Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *Journal of Endodontics*, 9(11), 475-9.

Clarkson, R.M. ve Moule, A.J. (1998). Sodium hypochlorite and its use as an endodontic irrigant. *Australian Dental Journal*, 43(4), 250-6.

Clarkson, R.M., Moule, A.J. ve Podlich, H.M. (2001). The shelf-life of sodium hypochlorite irrigating solutions. *Australian Dental Journal*, 46(4), 269-76.

Clegg, M.S., Vertucci, F.J., Walker, C., Belanger, M. ve Britto, L.R. (2006). The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *Journal of Endodontics*, 32(5), 434-7.

Cohen, B.I., Deutsch, A.S., Musikant, B.L. ve Pagnillo, M.K. (1998). Effect of power settings versus temperature change at the root surface when using multiple fiber sizes with a Holmium YAG laser while enlarging a root canal. *Journal of Endodontics*, 24(12), 802-6.

Coluzzi, D.J. (2002). Lasers and soft tissue curettage: an update. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 23(11), 1104-11.

Coluzzi D.J. (2004). Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dental Clinics of North America*, 48(4), 751-70.

Coluzzi, D.J. (2004). Lasers in dentistry. *The Journal of American Dental Association*, 135(6), 204-12.

Convissar, R.A. (2004). The biologic rationale for the use of lasers in dentistry. *Dental Clinics of North America*, 48(4), 771-94.

Convissar, R.A. ve Gharemani, E.H. (1995). Laser treatment as an adjunct to removable prosthetic care. *General Dentistry*, 43(4), 336-41.

Costerton, J.W., Cheng, K.J., Geesey, G.G., Ladd, T.I., Nickel, J.C., Dasgupta, M. ve diğerleri. (1987). Bacterial biofilms in nature and disease. *Annual Review of Microbiology*, 41, 435-64.

Costerton, J.W., Lewandowski, Z., DeBeer, D., Caldwell, D., Korber, D. ve James, G. (1994). Biofilms, the customized microniche. *Journal of Bacteriology*, 176(8), 2137-42.

Crane, A.B. (1920). A practicable root canal technic. Aktaran: Clarkson, R.M. ve Moule, A.J. (1998). Sodium hypochlorite and its use as an endodontic irrigant. *Australian Dental Journal*, 43(4), 250-6.

Dakin, H.D. (1915). On the use of certain antiseptic substances in the treatment of infected wounds. Aktaran: Clarkson, R.M. ve Moule, A.J. (1998). Sodium hypochlorite and its use as an endodontic irrigant. *Australian Dental Journal*, 43(4), 250-6.

Damm, D.D., Neville, B.W., Geissler, R.H. Jr, White, D.K., Drummond, J.F. ve Ferretti, G.A. (1988). Dentinal candidiasis in cancer patients. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, 65(1), 56-60.

Dandakis, C., Lambrianidis, T. ve Boura P. (2000). Immunologic evaluation of dental patient with history of hypersensitivity reaction to sodium hypochlorite. *Endodontics & Dental Traumatology*, 16(4), 184-7.

D'Arcangelo, C., Varvara, G. ve De Fazio, P. (1999). An evaluation of the action of different root canal irrigants on facultative aerobic-anaerobic, obligate anaerobic, and microaerophilic bacteria. *Journal of Endodontics*, 25(5), 351-3.

De Moor, R.J. ve Delmé, K.I. (2009). Laser-assisted cavity preparation and adhesion to erbium-lased tooth structure: part 1. Laser-assisted cavity preparation. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 11(6), 427-38.

De Moor, R.J., Blanken, J., Meire, M. ve Verdaasdonk, R. (2009). Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: evaluation of the efficacy. *Lasers in Surgery and Medicine*, 41(7), 520-3.

de Sousa, E.L., Ferraz, C.C., Gomes, B.P., Pinheiro, E.T., Teixeira, F.B. ve de Souza-Filho, F.J. (2003). Bacteriological study of root canals associated with periapical abscesses. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 96(3), 332-9.

Dederich, D.N. (1993). Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue? *The Journal of American Dental Association*, 124(2), 57-61.

Dederich, D.N., Zakariasen, K.L. ve Tulip, J. (1984). Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentin following neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. *Journal of Endodontics*, 10(9), 428-31.

De-Deus, G., Paciornik, S. ve Mauricio, M.H. (2006). Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine. *International Endodontic Journal*, 39(5), 401-7.

Distel, J.W., Hatton, J.F. ve Gillespie, M.J. (2002). Biofilm formation in medicated root canals. *Journal of Endodontics*, 28(10), 689-93.

Dixon, D.M., McNeil, M.M., Cohen, M.L., Gellin, B.G. ve La Montagne, J.R. (1996). Fungal infections: a growing threat. *Public Health Reports*, 111(3), 226-35.

Donlan, R.M. ve Costerton, J.W. (2002). Biofilms: survival mechanisms of clinically relevant microorganisms. *Clinical Microbiology Reviews*, 15(2), 167-93.

Drake, D.R., Wiemann, A.H., Rivera, E.M. ve Walton, R.E. (1994). Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer. *Journal of Endodontics*, 20(2), 78-82.

Eduardo, C.P. ve Soares S.G. (2001). The use of lasers for endodontic applications in dentistry. *Medical Laser Application*, 16(3), 231-243.

Eldeniz, A.U., Ozer, F., Hadimli, H.H. ve Erganis, O. (2007). Bactericidal efficacy of Er,Cr:YSGG laser irradiation against *Enterococcus faecalis* compared with NaOCl irrigation: an ex vivo pilot study. *International Endodontic Journal*, 40(2), 112-9.

Elsner, H.A., Sobottka, I., Mack, D., Claussen, M., Laufs, R. ve Wirth, R. (2000). Virulence factors of *Enterococcus faecalis* and *Enterococcus faecium* blood culture isolates. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 19(1), 39-42.

Eriksson, A.R., Albrektsson, T. (1983). Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 50(1), 101-7.

Estrela, C., Pimenta, F.C., Ito, I.Y. ve Bammann, L.L. (1999). Antimicrobial evaluation of calcium hydroxide in infected dentinal tubules. *Journal of Endodontics*, 25(6), 416-8.

Evans, M., Davies, J.K., Sundqvist, G. ve Figdor D. (2002). Mechanisms involved in the resistance of *Enterococcus faecalis* to calcium hydroxide. *International Endodontic Journal*, 35(3), 221-8.

Eversole, L.R. ve Rizoiu, I.M. (1995). Preliminary investigations on the utility of an erbium, chromium YSGG laser. *Journal of the California Dental Association*, 23(12), 41-7.

Eversole, L.R., Rizioiu, I. ve Kimmel, A.I. (1997). Pulpal response to cavity preparation by an erbium, chromium:YSGG laser-powered hydrokinetic system. *The Journal of American Dental Association*, 128(8), 1099-106.

Fabricius, L., Dahlén, G., Holm, S.E. ve Möller, A.J. (1982). Influence of combinations of oral bacteria on periapical tissues of monkeys. *Scandinavian Journal of Dental Research*, 90(3), 200-6.

Fabricius, L., Dahlén, G., Sundqvist, G., Happonen, R.P. ve Möller, A.J. (2006). Influence of residual bacteria on periapical tissue healing after chemomechanical treatment and root filling of experimentally infected monkey teeth. *European Journal of Oral Sciences*, 114(4), 278-85.

Farber, P.A. ve Seltzer, S. (1988). Endodontic microbiology. I. Etiology. *Journal of Endodontics*, 14(7), 363-371.

Ferrari, P.H., Cai, S. ve Bombana, A.C. (2005). Effect of endodontic procedures on enterococci, enteric bacteria and yeasts in primary endodontic infections. *International Endodontic Journal*, 38(6), 372-80.

Fidel, P.L. Jr, Vazquez, J.A. ve Sobel, J.D. (1999). *Candida glabrata*: review of epidemiology, pathogenesis, and clinical disease with comparison to *C. albicans*. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(1), 80-96.

Fife, C.G., Zwahlen, P.G. ve Ludlau, H.E. (1998). Preparation time and pulpal temperature effects of Er:YAG laser treatment. Aktaran: Coluzzi D.J. (2004). Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dental Clinics of North America*, 48(4), 751-70.

Figdor, D., Davies, J.K. ve Sundqvist, G. (2003). Starvation survival, growth and recovery of *Enterococcus faecalis* in human serum. *Oral Microbiology and Immunology*, 18(4), 234-9.

Finkbeiner, R.L. (1995). The results of 1328 periodontal pockets treated with the argon laser: selective pocket thermolysis. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery*, 13(4), 273-81.

Fisher, S.E., Frame, J.W., Browne, R.M. ve Tranter, R.M. (1983). A comparative histological study of wound healing following CO₂ laser and conventional surgical excision of canine buccal mucosa. *Archives of Oral Biology*, 28(4), 287-91.

Frame, J.W. (1985). Carbon dioxide laser surgery for benign oral lesions. *British Dental Journal*, 158(4), 125-8.

Franzen, R., Esteves-oliveira, M., Meister, J., Wallerang, A., Vanweersch, L., Lampert, F., ve diğerleri. (2009). Decontamination of deep dentin by means of erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser irradiation. *Lasers in Medical Science*, 24(1), 75-80.

Franzen, R., Gutknecht, N., Falken, S., Heussen, N. ve Meister, J. (2011). Bactericidal effect of a Nd:YAG laser on *Enterococcus faecalis* at pulse durations of 15 and 25 ms in dentine depths of 500 and 1,000 µm. *Lasers in Medical Science*, 26(1), 95-101.

Fukushima, H., Yamamoto, K., Hirohata, K., Sagawa, H., Leung, K.P. ve Walker, C.B. (1990). Localization and identification of root canal bacteria in clinically asymptomatic periapical pathosis. *Journal of Endodontics*, 16(11), 534-8.

Gatot, A., Arbelle, J., Leiberman, A. ve Yanai-Inbar I. (1991). Effects of sodium hypochlorite in soft tissue after its inadvertent injection beyond the root apex. *Journal of Endodontics*, 17(11), 573.

George, S., Kishen, A. ve Song, K.P. (2005). The role of environmental changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics*, 31(12), 867-72.

Gilbert, P., Das, J. ve Foley, I. (1997). Biofilm susceptibility to antimicrobials. *Advances in Dental Research*, 11(1), 160-7.

Glenn, V.A. (2004). Erbium lasers in dentistry. *Dental Clinics of North America*, 48(4), 1017-1059.

Goldman, L., Gray, J.A., Goldman, J., Goldman, B. ve Meyer, R. (1965). Effect of laser beam impacts on teeth. *The Journal of the American Dental Association*, 70(3), 601-6.

Gomes, B.P., Ferraz, C.C., Vianna, M.E., Berber, V.B., Teixeira, F.B. ve Souza-Filho, F.J. (2001). In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *International Endodontic Journal*, 34(6), 424-8.

Gonzalez, C.D., Zakariasen, K.L., Dederich, D.N. ve Pruhs, R.J. (1996). Potential preventive and therapeutic hard-tissue applications of CO₂, Nd:YAG and argon lasers in dentistry: a review. *ASDC Journal of Dentistry for Children*, 63(3), 196-207.

Gordon, T.E. Jr. (1966). Laser interactions with extracted human teeth: a preliminary report. *Dental Digest*, 72(4), 154-8.

Gordon, W., Atabakhsh, V.A., Meza, F., Doms, A., Nissan, R., Rizoio, I. ve diğerleri. (2007). The antimicrobial efficacy of the erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial emitting tips on root canal dentin walls infected with *Enterococcus faecalis*. *The Journal of the American Dental Association*, 138(7), 992-1002.

Grigoratos, D., Knowles, J., Ng, Y.L. ve Gulabivala, K. (2001). Effect of exposing dentine to sodium hypochlorite and calcium hydroxide on its flexural strength and elastic modulus. *International Endodontic Journal*, 34(2), 113-9.

Gutknecht, N., Apel, C., Schäfer, C. ve Lampert, F. (2001). Microleakage of composite fillings in Er,Cr:YSGG laser-prepared class II cavities. *Lasers in Surgery and Medicine*, 28(4), 371-4.

Haapasalo, M. (1986). *Bacteroides buccae* and related taxa in necrotic root canal infections. *Journal of Clinical Microbiology*, 24(6), 940-4.

Haapasalo, M. ve Orstavik, D. (1987). In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *Journal of Dental Research*, 66(8), 1375-9.

Haapasalo, M., Endal, U., Zandi, H. ve Coil, J.M. (2005). Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic Topics*, 10(1), 77-102.

Haapasalo, M., Ranta, H., Ranta, K. ve Shah, H. (1986). Black-pigmented *Bacteroides* spp. in human apical periodontitis. *Infection and Immunity*, 53(1), 149-53.

Haapasalo, M., Shen, Y., Qian, W. ve Gao, Y. (2010). Irrigation in endodontics. *Dental Clinics of North America*, 54(2), 291-312.

Haapasalo, M. (1989). *Bacteroides* spp. in dental root canal infections. *Endodontics & Dental Traumatology*, 5(1), 1-10.

Hancock, H.H., Sigurdsson, A., Trope, M. ve Moiseiwitsch, J. (2001). Bacteria isolated after unsuccessful endodontic treatment in a North American population. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 91(5), 579-86.

Happonen, R.P. (1986). Periapical actinomycosis: a follow-up study of 16 surgically treated cases. *Endodontics and Dental Traumatology*, 2(5), 205-9.

Harrison, J.W. (1984). Irrigation of the root canal system. *Dental Clinics of North America*, 28(4), 797-808.

Haynes, K. (2001). Virulence in *Candida* species. *Trends in Microbiology*, 9(12), 591-6.

Hendler, B.H., Gateno, J., Mooar, P. ve Sherk, H.H. (1992). Holmium:YAG laser arthroscopy of the temporomandibular joint. *Journal of Oral Maxillofacial Surgery*, 50(9), 931-4.

Hibst, R. (2002). Lasers for caries removal and cavity preparation: state of the art and future directions. *Journal of Oral Laser Application*, 2(4), 203-212.

Hicks, M.J., Flaitz, C.M., Westerman, G.H., Berg, J.H., Blankenau, R.L. ve Powell, G.L. (1993). Caries-like lesion initiation and progression in sound enamel following argon laser irradiation: an in vitro study. *ASDC Journal of Dentistry for Children*, 60(3), 201-6.

Hossain, M., Nakamura, Y., Yamada, Y., Kimura, Y., Matsumoto, N. ve Matsumoto, K. (1999). Effects of Er,Cr:YSGG laser irradiation in human enamel and dentin: ablation and morphological studies. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery*, 17(4), 155-9.

Hossain, M., Nakamura, Y., Yamada, Y., Suzuki, N., Murakami, Y. ve Matsumoto, K. (2001). Analysis of surface roughness of enamel and dentin after Er,Cr:YSGG laser irradiation. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery*, 19(6), 297-303.

Hubble, T.S., Hatton, J.F., Nallapareddy, S.R., Murray, B.E. ve Gillespie, M.J. (2003). Influence of *Enterococcus faecalis* proteases and the collagen-binding protein, Ace, on adhesion to dentin. *Oral Microbiology and Immunology*, 18(2), 121-6.

Hülsmann, M ve Hahn, W. (2000). Complications during root canal irrigation--literature review and case reports. *International Endodontic Journal*, 33(3), 186-93.

Ishizaki, N.T., Matsumoto, K., Kimura, Y., Wang, X., Kinoshita, J. ve Okano, S.M. (2004). Thermographical and morphological studies of Er,Cr:YSGG laser irradiation on root canal walls. *Photomedicine and Laser Surgery*, 22(4), 291-7.

Israel, M. (1994). Use of the CO₂ laser in soft tissue and periodontal surgery. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry*, 6(6), 57-64.

Jobbins, J., Bagg, J., Parsons, K., Finlay, I., Addy, M., Newcombe, R.G. (1992). Oral carriage of yeasts, coliforms and staphylococci in patients with advanced malignant disease. *Journal of Oral Pathology and Medicine*, 21(7), 305-8.

Johnson, W.T. ve Noblett, W.C. (2009). *Cleaning and Shaping in Endodontics: Principles and Practice*. (4. basım) Saunders, Philadelphia, PA.
Aktaran: Root canal irrigants and disinfectants. (2011). *American Association of Endodontists*.

Kakehashi, S., Stanley H.R. ve Fitzgerald R.J. (1965). The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*, 20, 340-9.

Kanaparthi, A. ve Kanaparthi R. (2012). Lasers in endodontics: a panoramic view. *Online Journal of Medicine and Medical Science Research*, 1(6), 108-115.

Kantola, S. (1972). Laser-induced effects on tooth structure. V. Electron probe microanalysis and polarized light microscopy of dental enamel. *Acta Odontologica Scandinavica*, 30(4), 475-84.

Katebzadeh, N., Sigurdsson, A. ve Trope, M. (2000). Radiographic evaluation of periapical healing after obturation of infected root canals: an in vivo study. *International Endodontic Journal*, 33(1), 60-6.

Kautzky, M., Susani, M., Steurer, M. ve Schenk, P. (1997). Soft-tissue effects of the holmium:YAG laser: an ultrastructural study on oral mucosa. *Lasers in Surgery and Medicine*, 20(3), 265-71.

Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. (2000). Lasers in endodontics: a review. *International Endodontic Journal*, 33(3), 173-85.

Kishen, A., Sum, C.P., Mathew, S. ve Lim, C.T. (2008). Influence of irrigation regimens on the adherence of *Enterococcus faecalis* to root canal dentin. *Journal of Endodontics*, 34(7), 850-4.

Klinke, T., Klimm, W. ve Gutknecht N. (1997). Antibacterial effects of Nd:YAG laser irradiation within root canal dentin. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery*, 15(1), 29-31.

Klotz, S.A., Rutten, M.J., Smith, R.L., Babcock, S.R. ve Cunningham, M.D. (1993). Adherence of *Candida albicans* to immobilized extracellular matrix proteins is mediated by calcium-dependent surface glycoproteins. *Microbial Pathogenesis*. 14(2), 133-47.

Kovac, J. ve Kovac, D. (2011). Effect of irrigating solutions in endodontic therapy. *Bratislava Medical Journal*, 112(7), 410-5.

Lamey, P.J., Darwaza, A., Fisher, B.M., Samaranayake, L.P., Macfarlane, T.W. ve Frier, B.M. (1988). Secretor status, candidal carriage and candidal infection in patients with diabetes mellitus. *Journal of Oral Pathology*, 17(7), 354-7.

Larsen, T. (2002). Susceptibility of *Porphyromonas gingivalis* in biofilms to amoxicillin, doxycycline and metronidazole. *Oral Microbiology and Immunology*, 17(5), 267-71.

Le Goff, A., Bunetel, L., Mouton, C. ve Bonnaure-Mallet, M. (1997). Evaluation of root canal bacteria and their antimicrobial susceptibility in teeth with necrotic pulp. *Oral Microbiology and Immunology*, 12(5), 318-22.

Lee, S.J., Wu, M.K. ve Wesselink, P.R. (2004). The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *International Endodontic Journal*, 37(10), 672-8.

Lenz, P., Gilde, H. ve Walz, R. (1982). Enamel sealing studies with the CO₂ laser. Aktaran: Van As, G. (2004). Erbium lasers in dentistry. *Dental Clinics of North America*. 48(4), 1017-59.

Lewandrowski, K.U., Lorente, C., Schomacker, K.T., Flotte, T.J., Wilkes, J.W. ve Deutsch, T.F. (1996). Use of the Er:YAG laser for improved plating in maxillofacial surgery: comparison of bone healing in laser and drill osteotomies. *Lasers in Surgery and Medicine*, 19(1), 40-5.

Li, Z.Z., Code, J.E., Van De Merwe, W.P. (1992). Er:YAG laser ablation of enamel and dentin of human teeth: determination of ablation rates at various fluences and pulse repetition rates. *Lasers in Surgery and Medicine*, 12(6), 625-30.

Licata, M.E., Albanese, A., Campisi, G., Geraci, D.M., Russo, R. ve Gallina, G. (2013). Effectiveness of a new method of disinfecting the root canal, using Er, Cr:YSGG laser to kill *Enterococcus faecalis* in an infected tooth model. *Lasers in Medical Science*, [Epub ahead of print].

Lin, L.M., Pascon, E.A., Skribner, J., Gängler, P. ve Langeland K. (1991). Clinical, radiographic, and histologic study of endodontic treatment failures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 71(5), 603-11.

Liu, H., Wei, X., Ling, J., Wang, W. ve Huang, X. (2010). Biofilm formation capability of *Enterococcus faecalis* cells in starvation phase and its susceptibility to sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*, 36(4), 630-5.

Liu, J.F. (2006). Effects of Nd:YAG laser pulpotomy on human primary molars. *Journal of Endodontics*, 32(5), 404-7.

Love, R.M. (1996). Regional variation in root dentinal tubule infection by *Streptococcus gordonii*. *Journal of Endodontics*, 22(6), 290-3.

Love, R.M. (2001). *Enterococcus faecalis*--a mechanism for its role in endodontic failure. *International Endodontic Journal*, 34(5), 399-405.

Love, R.M. ve Jenkinson, H.F. (2002). Invasion of dentinal tubules by oral bacteria. *Critical Revision in Oral Biology and Medicine*, 13(2), 171-83.

Mader, C.L., Baumgartner, J.C. ve Peters, D.D. (1984). Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *Journal of Endodontics*, 10(10), 477-83.

Maiman, T. (1960). Stimulated optical radiation in ruby. *Nature*, 187, 493-494.

Malhotra, N. ve Mala, K. (2010). Light-curing considerations for resin-based composite materials: a review. Part I. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 31(7), 498-505.

Mareending, M., Luder, H.U., Brunner, T.J., Knecht, S., Stark, W.J. ve Zehnder, M. (2007). Effect of sodium hypochlorite on human root dentine-mechanical, chemical and structural evaluation. *International Endodontic Journal*, 40(10), 786-93.

Marsh, P.D. (2003). Are dental diseases examples of ecological catastrophes? *Microbiology*, 149(2), 279-94.

Martin, F.E., Nadkarni, M.A., Jacques, N.A. ve Hunter, N. (2002). Quantitative microbiological study of human carious dentine by culture and real-time PCR: association of anaerobes with histopathological changes in chronic pulpitis. *Journal of Clinical Microbiology*, 40(5), 1698-704.

Martínez-Insua, A., Da Silva Dominguez, L., Rivera, F.G. ve Santana-Penín, U.A. (2000). Differences in bonding to acid-etched or Er:YAG-laser-treated enamel and dentin surfaces. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 84(3), 280-8.

Martins, M.R., Carvalho, M.F., Pina-Vaz, I., Capelas, J.A., Martins, M.A. ve Gutknecht, N. (2014). Outcome of Er,Cr:YSGG laser-assisted treatment of teeth with apical periodontitis: a blind randomized clinical trial. *Photomedicine and Laser Surgery*, 32(1), 3-9.

Martins, M.R., Carvalho, M.F., Vaz, I.P., Capelas, J.A., Martins, M.A. ve Gutknecht, N. (2013). Efficacy of Er,Cr:YSGG laser with endodontical radial firing

tips on the outcome of endodontic treatment: blind randomized controlled clinical trial with six-month evaluation. *Lasers in Medical Science*, 28(4), 1049-55.

Matsuo, T., Shirakami, T., Ozaki, K., Nakanishi, T., Yumoto, H. ve Ebisu, S. (2003). An immunohistological study of the localization of bacteria invading root pulpal walls of teeth with periapical lesions. *Journal of Endodontics*, 29(3), 194-200.

Matusow, R.J.(1981). Acute pulpal-alveolar cellulitis syndrome. III. Endodontic therapeutic factors and the resolution of a *Candida albicans* infection. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, 52(6), 630-4.

McComb, D. ve Smith, D.C. (1975). A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *Journal of Endodontics*, 1(7), 238-42.

Mehl, A., Folwaczny, M., Haffner, C. ve Hickel, R. (1999). Bactericidal effects of 2.94 microns Er:YAG-laser radiation in dental root canals. *Journal of Endodontics*, 25(7), 490-3.

Mercer, C. (1996). Lasers in dentistry: a review. Part 1. *Dental Update*, 23(2), 74-80.

Meryon, S.D. ve Brook, A.M. (1990). Penetration of dentine by three oral bacteria in vitro and their associated cytotoxicity. *International Endodontic Journal*, 23(4), 196-202.

Michelich, V.J., Schuster, G.S. ve Pashley, D.H. (1980). Bacterial penetration of human dentin in vitro. *Journal of Dental Research*, 59(8), 1398-403.

Miserendino, L.J., Levy, G.C. ve Rizioiu, I.M. (1995). Effects of Nd:YAG laser on the permeability of root canal wall dentin. *Journal of Endodontics*, 21(2), 83-7.

Mohammadi, Z. ve Abbott, P.V. (2009). The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *International Endodontic Journal*, 42(4), 288-302.

Mohammadi, Z., Giardino, L. ve Palazzi, F. (2013). Evaluation of the antifungal activity of four solutions used as a final rinse in vitro. *Australian Endodontic Journal*, 39(1), 31-4.

Molander, A., Reit, C., Dahlen, G. ve Kvist T. (1998). Microbial status of root-filled teeth with apical periodontitis. *International Endodontic Journal*, 31(1), 1-7.

Moritz, A., Gutknecht, N., Doertbudak, O., Goharkhay, K., Schoop, U., Schauer, P. ve diğerleri. (1997). Bacterial reduction in periodontal pockets through irradiation with a diode laser: a pilot study. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery*, 15(1), 33-7.

Moshonov, J., Sion, A., Kasirer, J., Rotstein, I., Stabholz, A. (1995). Efficacy of argon laser irradiation in removing intracanal debris. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 79(2), 221-5.

Möller, A.J., Fabricius, L., Dahlén, G., Ohman, A.E. ve Heyden, G. (1981). Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissue in monkeys. *Scandinavian Journal of Dental Research*, 89(6), 475-84.

Myers, M.L. (1991). The effect of laser irradiation on oral tissues. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 66(3), 395-7.

Nair, P.N. (2004). Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*, 15(6), 348-81.

Nair, P.N., Sjögren, U., Krey, G., Kahnberg, K.E. ve Sundqvist, G. (1990). 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. *Journal of Endodontics*, 16(12), 580-8.

Nair, P.N.R. (1987). Light and electron microscopic studies of root canal flora and periapical lesions. *Journal of Endodontics*, 13(1), 29-39.

Nakamura, V.C., Cai, S., Candeiro, G.T., Ferrari, P.H., Caldeira, C.L. ve Gavini, G. (2013). Ex vivo evaluation of the effects of several root canal preparation techniques and irrigation regimens on a mixed microbial infection. *International Endodontic Journal*, 46(3), 217-24.

Neev, J., Liaw, L.H., Raney, D.V., Fujishige, J.T., Ho, P.D. ve Berns, M.W. (1991). Selectivity, efficiency, and surface characteristics of hard dental tissues ablated with ArF pulsed excimer lasers. *Lasers in Surgery and Medicine*, 11(6), 499-510.

Neill, M.E. ve Mellonig, J.T. (1997). Clinical efficacy of the Nd:YAG laser for combination periodontitis therapy. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry*, 9(6), 1-5.

Noiri, Y., Ehara, A., Kawahara, T., Takemura, N. ve Ebisu, S. (2002). Participation of bacterial biofilms in refractory and chronic periapical periodontitis. *Journal of Endodontics*, 28(10), 679-83.

Oguntebi, B., Slee, A.M., Tanzer, J.M. ve Langeland, K. (1982). Predominant microflora associated with human dental periapical abscesses. *Journal of Clinical Microbiology*, 15(5), 964-66.

Oguntebi, B.R. (1994). Dentine tubule infection and endodontic therapy implications. *International Endodontic Journal*, 27(4), 218-22.

Onal, B., Ertl, T., Siebert, G. ve Müller, G. (1993). Preliminary report on the application of pulsed CO₂ laser radiation on root canals with AgCl fibers: a scanning and transmission electron microscopic study. *Journal of Endodontics*, 19(6), 272-6.

Onay, E.O., Alikaya, C. ve Seker, E. (2010). Evaluation of antifungal efficacy of erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet laser against *Candida albicans*. *Photomedicine and Laser Surgery*, 28(1), 73-8.

Orstavik, D. ve Haapasalo, M. (1990). Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endodontics and Dental Traumatology*, 6(4), 142-9.

Paghdiwala, A. (1988). Application of the erbium:YAG laser on the hard tissues: measurement of the temperature changes and depths of cut. *Lasers in Medicine, Surgery and Dentistry*, 64, 192-201.

Parker, S. (2007). Laser regulation and safety in general dental practice. *British Dental Journal*, 202(9), 523-32.

Pashley, D.H., Michelich, V. ve Kehl, T. (1981). Dentin permeability: effects of smear layer removal. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 46(5), 531-7.

Pashley, E.L., Birdsong, N.L., Bowman, K. ve Pashley, D.H. (1985). Cytotoxic effects of NaOCl on vital tissue. *Journal of Endodontics*, 11(12), 525-8.

Pecaro, B.C. ve Garehime, W.J. (1983). The CO₂ laser in oral and maxillofacial surgery. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 41(11), 725-8.

Peciuliene, V., Balciuniene, I., Eriksen, H.M. ve Haapasalo, M. (2000). Isolation of *Enterococcus faecalis* in previously root-filled canals in a Lithuanian population. *Journal of Endodontics*, 26(10), 593-5.

Peciuliene, V., Maneliene, R., Balcikonyte, E., Drukteinis, S. ve Rutkunas, V. (2008). Microorganisms in root canal infections: a review. *Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial Journal*, 10(1), 4-9.

Peciuliene, V., Reynaud, A.H., Balciuniene, I. ve Haapasalo, M. (2001). Isolation of yeasts and enteric bacteria in root-filled teeth with chronic apical periodontitis. *International Endodontic Journal*, 34(6), 429-34.

Pedrazzi, V., de Oliveira-Neto, J.M., Sequeira, P., Fedorowicz, Z. ve Nasser, M. (2010). Hand and ultrasonic instrumentation for orthograde root canal treatment of permanent teeth. *Journal of Applied Oral Science*, 18(3), 268-72.

Pelka, M. ve Petschelt, A. (2008). Permanent mimic musculature and nerve damage caused by sodium hypochlorite: a case report. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 106(3), 80-3.

Perez, F., Calas, P., de Falguerolles, A. ve Maurette, A. (1993). Migration of a *Streptococcus sanguis* strain through the root dentinal tubules. *Journal of Endodontics*, 19(6), 297-301.

Peters, L.B., van Winkelhoff, A.J., Buijs, J.F. ve Wesselink, P.R. (2002). Effects of instrumentation, irrigation and dressing with calcium hydroxide on infection in pulpless teeth with periapical bone lesions. *International Endodontic Journal*, 35(1), 13-21.

Peters, L.B., Wesselink, P.R. ve Moorer, W.R. (2000). Penetration of bacteria in bovine root dentine in vitro. *International Endodontic Journal*, 33(1), 28-36.

Peters, L.B., Wesselink, P.R., Buijs, J.F. ve van Winkelhoff, A.J. (2001). Viable bacteria in root dentinal tubules of teeth with apical periodontitis. *Journal of Endodontics*, 27(2), 76-81.

Pick, R.M. ve Colvard, M.D. (1993). Current status of lasers in soft tissue dental surgery. *Journal of Periodontology*, 64(7), 589-602.

Pick, R.M., Pecaro, B.C. ve Silberman, C.J. (1985). The laser gingivectomy. The use of the CO₂ laser for the removal of phenytoin hyperplasia. *Journal of Periodontology*, 56(8), 492-6.

Pinheiro, E.T., Gomes, B.P., Ferraz, C.C., Teixeira, F.B., Zaia, A.A. ve Souza Filho, F.J. (2003a). Evaluation of root canal microorganisms isolated from teeth with endodontic failure and their antimicrobial susceptibility. *Oral Microbiology and Immunology*, 18(2), 100-3.

Pinheiro, E.T., Gomes, B.P., Ferraz, C.C., Sousa, E.L., Teixeira, F.B. ve Souza-Filho, F.J. (2003b). Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. *International Endodontic Journal*, 36(1), 1-11.

Piskin, B. ve Turkun, M. (1995). Stability of various sodium hypochlorite solutions. *Journal of Endodontics*, 21(5), 253-5.

Pogrel, M.A. (1989). The carbon dioxide laser in soft tissue preprosthetic surgery. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 61(2), 203-8.

Pogrel, M.A., Muff, D.F. ve Marshall, G.W. (1993). Structural changes in dental enamel induced by high energy continuous wave carbon dioxide laser. *Lasers in Surgery and Medicine*, 13(1), 89-96.

Portenier, I., Waltimo, T.M.T. ve Haapasalo, M. (2003). *Enterococcus faecalis*- the root canal survivor and 'star' in post-treatment disease. *Endodontic Topics*, 6(1), 135-159.

Powell, G.L., Ellis, R., Blankenau, R.J., Schouten, J.R. (1995). Evaluation of Argon Laser and Conventional Ligh-Cured Composites. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery*, 13(5), 315-7.

Radcliffe, C.E., Potouridou ,L., Qureshi, R., Habahbeh, N., Qualtrough, A., Worthington, H. ve diğerleri. (2004). Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. *International Endodontic Journal*, 37(7), 438-46.

Rams, T.E., Feik, D., Young, V., Hammond, B.F. ve Slots, J. (1992). Enterococci in human periodontitis. *Oral Microbiology and Immunology*, 7(4), 249-52.

Rechmann, P. Goldin, D. ve Henning, T. (1998). Er:YAG lasers in dentistry: an overview. Aktaran: Coluzzi D.J. (2004). Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dental Clinics of North America*, 48(4), 751-70.

Reeh, E.S. ve Messer, HH. (1989). Long-term paresthesia following inadvertent forcing of sodium hypochlorite through perforation in maxillary incisor. *Endodontics and Dental Traumatology*, 5(4), 200-3.

Retamozo, B., Shabahang, S., Johnson, N., Aprecio, R.M. ve Torabinejad, M. (2010). Minimum contact time and concentration of sodium hypochlorite required to eliminate *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics*, 36(3), 520-3.

Rizoiu, I., Kohanghadosh, F., Kimmel, A.I. ve Eversole, L.R. (1998). Pulpal thermal responses to an erbium,chromium: YSGG pulsed laser hydrokinetic system. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 86(2), 220-3.

Rôças, I.N. ve Siqueira, J.F. Jr. (2008). Root canal microbiota of teeth with chronic apical periodontitis. *Journal of Clinical Microbiology*, 46(11), 3599-606.

Roças, I.N., Siqueira, J.F. ve Santos, K.R.N. (2004). Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. *Journal of Endodontics*, 30(5), 315-20.

Sabala, C.L. ve Powell, S.E. (1989). Sodium hypochlorite injection into periapical tissues. *Journal of Endodontics*, 15(10), 490-2.

Sadık, M., Arıkan, S., Beldüz, N., Yasa, Y., Karasoy, D., ve Cehreli, M. (2013). Effects of Laser Treatment on Endodontic Pathogen *Enterococcus faecalis*: A Systematic Review. *Photomedicine and Laser Surgery*, 31(5), 192-200.

Safavi, K.E., Spangberg, L.S. ve Langeland, K. (1990). Root canal dentinal tubule disinfection. *Journal of Endodontics*, 16(5), 207-10.

Sassone, L.M., Fidel, R.A., Fidel, S.R., Dias, M. ve Hirata, R.J. (2003). Antimicrobial activity of different concentrations of NaOCl and chlorhexidine using a contact test. *Brazilian Dental Journal*, 14(2), 99-102.

Saunders, E.M. (1990). In vivo findings associated with heat generation during thermomechanical compaction of gutta-percha. 1. Temperature levels at the external surface of the root. *International Endodontic Journal*, 23(5), 263-7.

Scaini, F., Souza-Gabriel, A.E., Alfredo, E. ve Da Cruz Filho, A.M. (2008). Temperature variation on the external root surface during intracanal Er:YAG laser irradiation. *Photomedicine and Laser Surgery*, 26(5), 413-7.

Schafer, E. ve Lohmann, D. (2002). Efficiency of rotary nickel-titanium FlexMaster instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile--Part 2. Cleaning effectiveness and instrumentation results in severely curved root canals of extracted teeth. *International Endodontic Journal*, 35(6), 514-21.

Schafer, E. ve Vlassis, M. (2004). Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper versus RaCe. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *International Endodontic Journal*, 37(4), 239-48.

Schoop, U., Barylyak, A., Goharkhay, K., Beer, F., Wernisch, J., Georgopoulos, A. ve diğerleri (2009). The impact of an erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial-firing tips on endodontic treatment. *Lasers in Medical Science*, 24(1), 59-65.

Schoop, U., Goharkhay, K., Klimscha, J., Zagler, M., Wernisch, J., Georgopoulos, A. ve diğerleri (2007). The use of the erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser in endodontic treatment: the results of an in vitro study. *The Journal of the American Dental Association*, 138(7), 949-55.

Schoop, U., Kluger, W., Moritz, A., Nedjelic, N., Georgopoulos, A. ve Sperr, W. (2004). Bactericidal effect of different laser systems in the deep layers of dentin. *Lasers in Surgery and Medicine*, 35(2), 111-6.

Schwarz, F., Pütz, N., Georg, T. ve Reich, E. (2001a). Effect of an Er:YAG laser on periodontally involved root surfaces: an in vivo and in vitro SEM comparison. *Lasers in Surgery and Medicine*, 29(4), 328-35.

Schwarz, F., Sculean, A., Georg, T. ve Reich, E. (2001b). Periodontal treatment with an Er: YAG laser compared to scaling and root planing. A controlled clinical study. *Journal of Periodontology*, 72(3), 361-7.

Sedgley, C.M., Lennan, S.L. ve Clewell, D.B. (2004). Prevalence, phenotype and genotype of oral enterococci. *Oral Microbiology and Immunology*, 19(2), 95-101.

Sen, B.H., Chugal, N.M., Liu, H. ve Fleischmann, J. (2003). A new method for studying the adhesion of *Candida albicans* to dentin in the presence or absence of smear layer. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 96(2), 201-6.

Sen, B.H., Piskin, B. ve Demirci, T. (1995). Observation of bacteria and fungi in infected root canals and dentinal tubules by SEM. *Endodontics and Dental Traumatology*, 11(1), 6-9.

Sen, B.H., Safavi, K.E. ve Spångberg, L.S. (1997). Colonization of *Candida albicans* on cleaned human dental hard tissues. *Archives of Oral Biology*, 42(7), 513-20.

Sen, B.H., Safavi, K.E. ve Spångberg, L.S. (1997). Growth patterns of *Candida albicans* in relation to radicular dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 84(1), 68-73.

Sen, B.H., Safavi, K.E. ve Spångberg, L.S. (1999). Antifungal effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine in root canals. *Journal of Endodontics*, 25(4), 235-8.

Sena, N.T., Gomes, B.P., Vianna, M.E., Berber, V.B., Zaia, A.A. ve Ferraz, C.C. (2006). In vitro antimicrobial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine against selected single-species biofilms. *International Endodontic Journal*, 39(11), 878-85.

Senia, E.S., Marraro, R.V., Mitchell, J.L., Lewis, A.G. ve Thomas, L. (1975). Rapid sterilization of gutta-percha cones with 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*, 1(4), 136-40.

Serper, A., Ozbek, M. ve Calt, S. (2004). Accidental sodium hypochlorite-induced skin injury during endodontic treatment. *Journal of Endodontics*, 30(3), 180-1.

Sevilla, M.J. ve Odds, F.C. (1986). Development of *Candida albicans* hyphae in different growth media--variations in growth rates, cell dimensions and timing of morphogenetic events. *Journal of General Microbiology*, 132(11), 3083-8.

Shabahang, S. ve Torabinejad, M. (2003). Effect of MTAD on *Enterococcus faecalis*-contaminated root canals of extracted human teeth. *Journal of Endodontics*, 29(9), 576-9.

Shahravan, A., Haghdoost, A.A., Adl, A., Rahimi, H. ve Shadifar, F. (2007). Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 33(2), 96-105.

Sherwood, J., Gow, N.A., Gooday, G.W., Gregory, D.W. ve Marshall, D. (1992). Contact sensing in *Candida albicans*: a possible aid to epithelial penetration. *Journal of Medical and Veterinary Mycology*, 30(6), 461-9.

Shuping, G.B., Orstavik, D., Sigurdsson, A. ve Trope, M. (2000). Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. *Journal of Endodontics*, 26(12), 751-5.

Silva, A.C., Guglielmi, C., Meneguzzo, D.T., Aranha, A.C., Bombana, A.C., de Paula Eduardo, C. (2010). Analysis of permeability and morphology of root canal dentin after Er,Cr:YSGG laser irradiation. *Photomedicine and Laser Surgery*, 28(1), 103-8.

Sim, T.P., Knowles, J.C., Ng, Y.L., Shelton, J. ve Gulabivala, K. (2001). Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *International Endodontic Journal*, 34(2), 120-32.

Siqueira, J.F. Jr. ve Lopes, H.P. (2001). Bacteria on the apical root surfaces of untreated teeth with periradicular lesions: a scanning electron microscopy study. *International Endodontic Journal*, 34(3), 216-20.

Siqueira, J.F. Jr ve Rôças, I.N. (2002). *Dialister pneumosintes* can be a suspected endodontic pathogen. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 94(4), 494-8.

Siqueira, J.F. Jr ve Rôças, I.N. (2004). Polymerase chain reaction-based analysis of microorganisms associated with failed endodontic treatment. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*, 97(1), 85-94.

Siqueira, J.F. Jr, Araújo, M.C., Garcia, P.F., Fraga, R.C. ve Dantas, C.J. (1997). Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. *Journal of Endodontics*, 23(8), 499-502.

Siqueira, J.F. Jr, De Uzeda, M. ve Fonseca, M.E. (1996). A scanning electron microscopic evaluation of in vitro dentinal tubules penetration by selected anaerobic bacteria. *Journal of Endodontics*, 22(6), 308-10.

Siqueira, J.F. Jr, Rôças, I.N., Alves, F.R. ve Silva, M.G. (2009). Bacteria in the apical root canal of teeth with primary apical periodontitis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 107(5), 721-6.

Siqueira, J.F. Jr, Rôças, I.N., Souto, R., de Uzeda, M. ve Colombo, A.P. (2002). *Actinomyces* species, streptococci, and *Enterococcus faecalis* in primary root canal infections. *Journal of Endodontics*, 28(3), 168-72.

Siqueira, J.F. Jr, Rôças, I.N., Souto, R., Uzeda, M. ve Colombo, A.P. (2001). Microbiological evaluation of acute periradicular abscesses by DNA-DNA hybridization. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 92(4), 451-7.

Siqueira, J.F. Jr. (2001). Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *International Endodontic Journal*, 34(1), 1-10.

Siqueira, J.F. Jr. (2002). Endodontic infections: concepts, paradigms, and perspectives. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 94(3), 281-93.

Siqueira, J.F. Jr. ve Sen, B.H. (2004). Fungi in endodontic infections. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*, 97(5), 632-41.

Siqueira, J.F. Jr., Lima, K.C., Magalhaes, F.A, Lopes, H.P. ve De Uzeda, M. (1999). Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *Journal of Endodontics*, 25(5), 332-335.

Siqueira, J.F. Jr., Machado, A.G., Silveira, R.M., Lopes, H.P. ve de Uzeda, M. (1997). Evaluation of the effectiveness of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the elimination of *Enterococcus faecalis* from the root canal, in vitro. *International Endodontic Journal*, 30(4), 279-82.

Siqueira, J.F., Rôças, I.N., Favieri, A. ve Lima, K.C. (2000). Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*, 26(6), 331-4.

Siren, E.K., Haapasalo, M.P., Ranta, K., Salmi, P. ve Kerosuo, E.N. (1997). Microbiological findings and clinical treatment procedures in endodontic cases selected for microbiological investigation. *International Endodontic Journal*, 30(2), 91-5.

Sjögren, U., Hagglund, B., Sundqvist, G. ve Wing, K. (1990). Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of Endodontics*, 16(10), 498-504.

Sjögren, U., Figdor, D., Persson, S. ve Sundqvist, G. (1997). Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *International Endodontic Journal*, 30(5), 297-306.

Sjögren, U., Happonen, R.P., Kahnberg, K.E. ve Sundqvist, G. (1988). Survival of *Arachnia propionica* in periapical tissue. *International Endodontic Journal*, 21(4), 277-82.

Smith, J.J. ve Wayman, B.E. (1986). An evaluation of the antimicrobial effectiveness of citric acid as a root canal irrigant. *Journal of Endodontics*, 12(2), 54-8.

Spangberg, L., Engström, B. ve Langeland, K. (1973). Biologic effects of dental materials. 3. Toxicity and antimicrobial effect of endodontic antiseptics in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 36(6), 856-71.

Spaun, J. (1962). Problems in standardization of turbidity determinations on bacterial suspensions. *Bulletin of the World Health Organization*, 26(2), 219-25.

Spratt, D.A., Pratten, J., Wilson, M. ve Gulabivala, K. (2001). An in vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. *International Endodontic Journal*, 34(4), 300-7.

Stabholz, A., Sahar-Helft, S.ve Moshonov, J. (2004). Lasers in endodontics. *Dental Clinics of North America*, 48(4), 809-32.

Stabholz, A., Zeltser, R., Sela, M., Peretz, B., Moshonov, J., Ziskind, D. ve diğerleri. (2003). The use of lasers in dentistry: principles of operation and clinical applications. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 24(12), 935-48.

Stern, R.H. ve Sognnaes, R.F. (1964). Laser beam effect on dental hard tissues. Aktaran: Featherstone, J.D. ve Nelson, D.G. (1987). Laser effects on dental hard tissues. *Advances in Dental Research*, 1(1), 21-6.

Stuart, C.H., Schwartz, S.A., Beeson, T.J. ve Owatz, C.B. (2006). *Enterococcus faecalis*: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *Journal of Endodontics*, 32(2), 93-8.

Sulewski, J.G. (2000). Historical survey of laser dentistry. *Dental Clinics of North America*, 44(4), 717-52.

Sundqvist G. (1992). Ecology of the root canal flora. *Journal of Endodontics*, 18(9), 427-30.

Sundqvist, G. ve Reuterving, C.O. (1980). Isolation of *Actinomyces israelii* from periapical lesion. *Journal of Endodontics*, 6(6), 602-6.

Sundqvist, G., Figdor, D. (2003). Life as an endodontic pathogen. *Endodontic Topics*, 6(1), 3-8.

Sundqvist, G., Figdor, D., Persson, S. ve Sjögren, U. (1998). Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 85(1), 86-93.

Svensater, G. ve Bergenholtz, G. (2004). Biofilms in endodontic infections. *Endodontic Topics*, 9(1), 27-36.

Takeda, F.H., Harashima, T., Kimura, Y. ve Matsumoto, K. (1998a). Comparative study about the removal of smear layer by three types of laser devices. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery*, 16(2), 117-22.

Takeda, F.H., Harashima, T., Kimura, Y. ve Matsumoto, K. (1998b). Efficacy of Er:YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. *Journal of Endodontics*, 24(8), 548-51.

Takeda, F.H., Harashima, T., Kimura, Y. ve Matsumoto, K. (1999). A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *International Endodontic Journal*, 32(1), 32-9.

Taylor, M.J.ve Lynch, E. (1992). Microleakage. *Journal of Dentistry*, 20(1), 3-10.

Tewfik, H.M., Pashley, D.H., Horner, J.A. ve Sharawy, M.M. (1993). Structural and functional changes in root dentin following exposure to KTP/532 laser. *Journal of Endodontics*, 19(10), 492-7.

Torabinejad, M., Handysides, R., Khademi, A.A. ve Bakland, L.K. (2002). Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 94(6), 658-66.

Tronstad, L., Barnett, F. ve Cervone, F. (1990). Periapical bacterial plaque in teeth refractory to endodontic treatment. *Endodontics and Dental Traumatology*, 6(2), 73-7.

Tuner, J. ve Hode, L. (2002). *Laser therapy, clinical practice and scientific background*. Aktaran: Celikten, Z.K. (2011). *Er,Cr:YSGG lazerin süt ve sürekli dişlerde kullanılabilirliğinin in vitro koşullarda değerlendirilmesi*. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Uzer Çelik, E., Ergücü, Z., Türkün, L.S. ve Türkün, M. (2006). Er,Cr:YSGG lazer uygulamasının dentinin kompozisyonu ve mikrosertliği üzerine etkisi. *Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 9(1), 15-20.

Vaarkamp, J., ten Bosch, J.J. ve Verdonchot, E.H. (1995). Propagation of light through human dental enamel and dentine. *Caries Research*, 29(1), 8-13.

Vahl, J. (1971). Laser and its application in dentistry. Aktaran: Van As, G. (2004). Erbium lasers in dentistry. *Dental Clinics of North America*, 48(4), 1017-59.

Valderhaug, J. (1974). A histologic study of experimentally induced periapical inflammation in primary teeth in monkeys. *International Journal of Oral Surgery*, 3(3), 111-23.

Valera, M.C., Silva, K.C., Maekawa, L.E., Carvalho, C.A., Koga-Ito, C.Y., Camargo, C.H., ve diğerleri. (2009). Antimicrobial activity of sodium hypochlorite associated with intracanal medication for *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis* inoculated in root canals. *Journal of Applied Oral Sciences*, 17(6), 555-9.

Van As, G. (2004). Erbium lasers in dentistry. *Dental Clinics of North America*, 48(4), 1017-59.

van der Sluis, L.W., Versluis, M., Wu, M.K. ve Wesselink, P.R. (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International Endodontic Journal*, 40(6), 415-26.

Vertucci, F., Seelig, A. ve Gillis, R. (1974). Root canal morphology of the human maxillary second premolar. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 38(3), 456-64.

Vertucci, F.J. (1984). Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 58(5), 589-99.

Vertucci, F.J. (2005). Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics*, 10(1), 3-29.

Vianna, M.E., Gomes, B.P., Berber, V.B., Zaia, A.A., Ferraz, C.C. ve de Souza-Filho, F.J. (2004). In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 97(1), 79-84.

Violich, D.R. ve Chandler, N.P. (2010). The smear layer in endodontics - a review. *International Endodontic Journal*, 43(1), 2-15.

Visuri SR, Walsh JT Jr, Wigdor HA. (1996). Erbium laser ablation of dental hard tissue: effect of water cooling. *Lasers in Surgery and Medicine*, 18(3), 294-300.

Vivacqua-Gomes, N., Gurgel-Filho, E.D., Gomes, B.P., Ferraz, C.C., Zaia, A.A. ve Souza-Filho, F.J. (2005). Recovery of *Enterococcus faecalis* after single- or multiple-visit root canal treatments carried out in infected teeth ex vivo. *International Endodontic Journal*, 38(10), 697-704.

Vogel, A. ve Venugopalan, V. (2003). Mechanisms of pulsed laser ablation of biological tissues. *Chemical Reviews*, 103(2), 577-644.

von Wintzingerode, F., Göbel, U.B. ve Stackebrandt, E. (1997). Determination of microbial diversity in environmental samples: pitfalls of PCR-based rRNA analysis. *FEMS Microbiology Reviews*, 21(3), 213-29.

Wahlin, Y.B. ve Holm, A.K. (1988). Changes in the oral microflora in patients with acute leukemia and related disorders during the period of induction therapy. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology*, 65(4), 411-7.

Wallace, R.J. Whitters, C.J., Mc Geough, J.A. ve Muir, A. (2004). Experimental evaluation of laser cutting of bone. *Journal of materials processing technology*, 149, 557-560.

Waltimo, T., Trope, M., Haapasalo, M. ve Orstavik, D. (2005). Clinical efficacy of treatment procedures in endodontic infection control and one year follow-up of periapical healing. *Journal of Endodontics*, 31(12), 863-6.

Waltimo, T.M., Orstavik, D., Sirén, E.K. ve Haapasalo, M.P. (1999). In vitro susceptibility of *Candida albicans* to four disinfectants and their combinations. *International Endodontic Journal*, 32(6), 421-9.

Waltimo, T.M., Orstavik, D., Sirén, E.K. ve Haapasalo, M.P. (2000). In vitro yeast infection of human dentin. *Journal of Endodontics*, 26(4), 207-9.

Waltimo, T.M., Sirén, E.K., Orstavik, D. ve Haapasalo, M.P. (1999). Susceptibility of oral *Candida* species to calcium hydroxide in vitro. *International Endodontic Journal*, 32(2), 94-8.

Waltimo, T.M., Sirén, E.K., Torkko, H.L., Olsen, I. ve Haapasalo, M.P. (1997). Fungi in therapy-resistant apical periodontitis. *International Endodontic Journal*, 30(2), 96-101.

Walton, R.E. (1982). Current concepts of canal preparation. *Dental Clinics of North America*, 36(2), 309-326.

Wang, Q.Q., Zhang, C.F. ve Yin, X.Z. (2007). Evaluation of the bactericidal effect of Er,Cr:YSGG, and Nd:YAG lasers in experimentally infected root canals. *Journal of Endodontics*, 33(7), 830-2.

Wang, Q.Q., Zhang, C.F., Chu, C.H. ve Zhu, X.F. (2012). Prevalence of *Enterococcus faecalis* in saliva and filled root canals of teeth associated with apical periodontitis. *International Journal of Oral Science*, 4(1), 19-23.

Weichman, J.A. ve Johnson, F.M. (1971). Laser use in endodontics. A preliminary investigation. Aktaran: Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. (2000). Lasers in endodontics: a review. *International Endodontic Journal*, 33(3), 173-85.

Weichman, J.A., Johnson, F.M. ve Nitta, L.K. (1972). Laser use in endodontics. II. Aktaran: Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. (2000). Lasers in endodontics: a review. *International Endodontic Journal*, 33(3), 173-85.

White, J.M., Goodis, H.E. ve Rose, C.L. (1991). Use of the pulsed Nd:YAG laser for intraoral soft tissue surgery. *Lasers in Surgery and Medicine*, 11(5), 455-61.

White, J.M., Goodis, H.E., Setcos, J.C., Eakle, S., Hulscher, B.E. ve Rose, C.L. (1993). Effects of pulsed Nd:YAG laser energy on human teeth: a three-year follow-up study. *The Journal of American Dental Association*, 124(7), 45-51.

Williams, S. ve Goldman, M. (1985). Penetrability of the smeared layer by a strain of *Proteus vulgaris*. *Journal of Endodontics*, 11(9), 385-8.

Wintner, E. ve Strassl, M. (2006). Basic Information on Lasers. A. Moritz (Ed). *Oral Laser Application*. Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin. Aktaran: Celikten, Z.K. (2011). *Er,Cr:YSGG lazerin st ve sürekli dişlerde kullanılabilirliğinin in vitro koşullarda değerlendirilmesi*. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Wu, M.K., de Schwartz, F.B., van der Sluis, L.W. ve Wesselink, P.R. (2001). The quality of root fillings remaining in mandibular incisors after root-end cavity preparation. *International Endodontic Journal*, 34(8), 613-9.

Wu, M.K., van der Sluis, L.W. ve Wesselink, P.R. (2003). The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals. *International Endodontic Journal*, 36(3), 218-24.

Yamada, R.S., Armas, A., Goldman, M. ve Lin, P.S. (1983). A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *Journal of Endodontics*, 9(4), 137-42.

Yamazaki, R., Goya, C., Yu, D.G., Kimura, Y. ve Matsumoto, K. (2001). Effects of erbium,chromium:YSGG laser irradiation on root canal walls: a scanning electron microscopic and thermographic study. *Journal of Endodontics*, 27(1), 9-12.

Yanez, M.J. ve Barbosa, S.E. (2003). Changes in particle area measurements due to SEM accelerating voltage and magnification. *Microscopy Research and Technique*, 61(5), 463-8.

Yang, G., Wu, H., Zheng, Y., Zhang, H., Li, H. ve Zhou, X. (2008). Scanning electron microscopic evaluation of debris and smear layer remaining following use of

ProTaper and Hero Shaper instruments in combination with NaOCl and EDTA irrigation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 106(4), 63-71.

Yang, S.E. ve Bae, K.S. (2002). Scanning electron microscopy study of the adhesion of *Prevotella nigrescens* to the dentin of prepared root canals. *Journal of Endodontics*, 28(6), 433-7.

Yavari, H.R., Rahimi, S., Shahi, S., Lotfi, M., Barhaghi, M.H., Fatemi, A. ve diğerleri. (2010). Effect of Er, Cr: YSGG laser irradiation on *Enterococcus faecalis* in infected root canals. *Photomedicine and Laser Surgery*, 28(1), 91-6.

Young, G.R, Parashos, P. ve Messer, H.H. (2007). The principles of techniques for cleaning root canals. *Australian Dental Journal*, 52(1), 52-63.

Zakariasen, K.L., Boran, T. ve MacDonald, R. (1990). The emerging role for lasers in endodontics and other areas of dentistry. *Alpha Omegan*, 83(4), 65-7.

Zehnder, M. (2006). Root canal irrigants. *Journal of Endodontics*, 32(5), 389-98.

YAYINLAR

1. Uluslararası hakemli dergilerdeki (SCI ve SCI-expanded) yayınlar

Ozkan, L., Aksoy, S., Orhan, K., Cetiner, S., Uyanık, L.O., Buhara, O. ve Oz, U. (2014). Case Report: Multiple Keratocystic Odontogenic Tumor in a Non-Syndromal Pediatric Patient. *European Journal of Pediatric Dentistry*, (Article in press).

Ozkan, L., Cetiner, S. ve Sanlidag, T. (2014). Effect of Er,Cr:YSGG Laser Irradiation with Radial Firing Tips on *Candida albicans* in Experimentally Infected Root Canals. *Biomed Research International*, (Article in press).

2. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler

Ozkan, L., Aksoy, S., Orhan, K. ve Cetiner, S. (2009). Bir Çocuk Hastada Görülen Multipl Odontojenik Keratokistler: Klinik ve Rasyografik İnceleme. [Poster]. 16th Congress of Turkish Paediatric Dentistry Association, Çeşme, Turkey.

Dalcı, K., Kalender, A.A., Ozkan, L., Vahdettin, L. ve Cetiner, S. (2009). Prevalence of Dental Developmental Anomalies: A Radiographic Study. [Poster]. 22nd Meeting of the International Association of Paediatric Dentistry, Munich, Germany.

Ozkan, L. ve Cetiner, S. (2010). CBCT Evaluation of Gorlin-Goltz Syndrome in a Child Patient. [Poster]. 10th EAPD Congress, Harrogate, UK.

Ozkan, L., Kose, N.Y., Cetiner, S., Güvenir, M., Suer, H.K. (2012). Radial-Firing Uçlar Kullanılarak Erbium, Chromium: Yttrium-Scandium-Gallium-Garnet Lazerin *Candida albicans* Üzerindeki Antifungal Etkinliği.

[Poster]. *19th Congress of Turkish Peadiatric Dentistry Association*, Antalya, Turkey.

Kose, N.Y., Ozkan, L., Korun, S. ve Cetiner, S. (2012). Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde Yaşayan 5 Yaş Grubu Çocukların Ağız Diş Sağlığı Profili. [Poster]. *19th Congress of Turkish Peadiatric Dentistry Association*, Antalya, Turkey.

Kose, N.Y., Ozkan, L., Korun, S., Cetiner, S. ve Orhan, K. (2013). Root Canal Configuration Of Maxillary Molars In A Turkish Population. [Poster]. *101st World Dental Federation*, İstanbul, Turkey.

Cetiner, S., Korun, S., Ozkan, L., Islam, A., Oge, O.A. ve Sakar, T. (2014). Oral Health Survey of 5 and 12 Years Old School Children in Turkish Republic of Northern Cyprus. [Poster]. *12th Congress of European Academy of Paediatric Dentistry*, Sopot Poland.

Ozkan, L., Kurkcu, B. ve Cetiner, S. (2014). Role of occlusal trauma in periapical pathoses: two case reports. [Poster]. *18th World Congress on Dental Traumatology*, İstanbul, Turkey.