



T.C.
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KÖK KANAL TEDAVİSİNDE Nd:YAG ve DİYOT LAZERİN
POSTOPERATİF AĞRI ÜZERİNE ETKİSİ**

Fatma TUNÇ
DOKTORA TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANLAR

Doç. Dr. Cihan YILDIRIM

Prof. Dr. Tayfun ALAÇAM

GAZİANTEP

2015

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

KÖK KANAL TEDAVİSİNDE Nd:YAG ve DİYOT LAZERİN POSTOPERATİF
AĞRI ÜZERİNE ETKİSİ

Fatma TUNÇ

Tez Savunma Tarihi: 25.12.2015

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. Mehmet TARAKÇIOĞLU

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

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

Doç. Dr. Cihan YILDIRIM

Endodonti Anabilim Dalı Başkanı

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

Doç. Dr. Cihan YILDIRIM

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Tayfun ALAÇAM

Tez Danışmanı

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

Tez Jürisi

İmzası

Doç. Dr. Güven KAYAOĞLU

Doç. Dr. Cihan YILDIRIM

Doç. Dr. İsmail Davut ÇAPAR

Yrd. Doç. Dr. A. Semih ÖZSEVİK

Yrd. Doç. Dr. Emre ÇULHA

BEYAN

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

25.12.2015

Fatma TUNÇ

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim boyunca yardım, destek ve deneyimlerini esirgemeyen değerli fikir ve yorumları ile tezimin her aşamasında beni aydınlatan tez danışmanım, Endodonti Anabilim Dalı Başkanı Sayın Doç. Dr. Cihan Yıldırım'a,

Tezimin hazırlanması süresince deneyimlerinden istifade ettiğim tez izleme komitesi üyesi Doç. Dr. Güven Kayaoğlu'na,

Doktora süresince kendilerinden çok şey öğrendiğim, Endodonti Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Yrd. Doç. Dr. Uğur Aydın'a,

Asistanlığım boyunca yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen, sevgili asistan arkadaşlarıma ve tüm Endodonti Anabilim Dalı çalışanlarına,

Bize her konuda yardımcı olan Biyoistatistik ve Tıp Bilişim Anabilim Dalı Başkanı Doç. Dr. Seval Kul'a,

Doktora çalışmam boyunca manevi desteklerinden dolayı değerli anne ve babama,

Sevgili eşim Hasan Tunç'a hayatımın her anında bana destek olduğu için teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
SİMGE VE KISALTMALAR	iv
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
RESİM LİSTESİ	viii
ÖZET.....	1
ABSTRACT	2
1. GİRİŞ VE AMAÇ	3
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Lazer.....	5
2.1.1. Lazer ışığının doku üzerindeki etkileri	6
2.1.2. Lazer kullanım parametreleri	7
2.1.3. Lazer sistemlerinin sınıflandırılması.....	8
2.1.4. Nd:YAG lazer	10
2.1.5. Diyet lazer.....	12
2.1.6. Argon lazer.....	13
2.1.7. Karbondioksit (CO ₂) lazer	13
2.1.8. Er:YAG lazer	14
2.1.9. Er,Cr:YSGG lazer	15
2.1.10. Endodontide lazer kullanım alanları	15
2.2. Endodontide İrrigasyon Yöntemleri.....	21
2.2.1. Sodyum hipoklorit (NaOCI)	22
2.2.2. Klorheksidin glukonat (CHX).....	22
2.2.3. EDTA.....	23
2.2.4. MTAD.....	23
2.2.5. Ultrasonik irrigasyon.....	24
2.2.6. Fotodinamik Terapi.....	24

2.3. Postoperatif Ağrı ve Sebepleri	25
2.3.1. Kök kanal sistemi ve periapikal dokunun durumu.....	25
2.3.2. Tedavi işlemleri.....	27
2.3.3. Hastaya bağlı durumlar	28
2.4. Postoperatif Ağrının Önlenmesi ve Çözüm Yöntemleri	29
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	32
3.1. Çalışma Prosedürü.....	32
3.1.1. Çalışmaya katılan olguların seçim kriterleri	32
3.1.2. Dahil etme kriterleri	33
3.1.3. Dahil etmeme kriterleri	33
3.1.4. Hastaların tedavi öncesi kayıtları	33
3.1.5. Klinik tedavi protokolü	33
3.2. İstatiksel Değerlendirme.....	39
4. BULGULAR	41
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	47
6. KAYNAKLAR	61

SİMGE ve KISALTMALAR

ark	Arkadaşları
CO ₂	Karbondioksit
dk	Dakika
CW	Continuous Wave
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
<i>E. faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
EDTA	Etilendiamintetraasetik Asit
Er,Cr:YSGG	Erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet
Er:YAG	Erbium: yttrium- aluminum –garnet
FDA	Food and Drug Administration
He-Ne	Helyum-Neon
Hz	Hertz
J	Joule
LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
LDF	Laser doppler flowmetry
mj	Milijoule
ml	Mililitre
mm	Milimetre
MTA	Mineral trioksit agregat

NaOCl	Sodyum Hipoklorit
Nd:YAG	Neodymium:yttrium-aluminum-garnet
nm	Nanometre
#	Numara
SEM	Elektron tarama mikroskobu
sn	Saniye
⁰ C	Santigrat Derece
W	Watt
%	Yüzde

TABLO LİSTESİ

Tablo.1. Gruplar arası cinsiyet dağılımı	41
Tablo.2. Gruplar arası pulpa vitalitesi dağılımı	42
Tablo.3. Gruplar arası yaş dağılımı	42
Tablo.4. Diş lokalizasyon frekansları	43
Tablo.5. Üst ve alt çeneye göre tekrarlanan ölçümlerin karşılaştırılması medyan[25-75]	43
Tablo 6. Tekrarlanan ölçümlerin gruplar içinde karşılaştırılması medyan[25-75].....	44
Tablo.7. Postoperatif ağrının ortalama ve standart sapma değerleri.....	44
Tablo.8. Grup içi farklı zaman karşılaştırmaları ortalama ağrı değerleri arasındaki farklar	45

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil.1. Lazer cihazının bileşenleri.....	5
Şekil.2. Diş hekimliğinde kullanılan lazerlerin elektromanyetik spektrumdaki yeri	6
Şekil.3. Lazerlerin doku ile etkileşimi	7
Şekil.4.CONSORT akış diyagramı	40
Şekil.5.Gruplar ve zamana bağlı ağrı ölçümlerinin karşılaştırma grafiği medyan[25-75]	46

RESİM LİSTESİ

Resim 3.1. Revo-S eğe seti	35
Resim 3.2. Dentsply X smart endodontik motor	36
Resim 3.3. Nd.YAG lazer cihazı	37
Resim 3.4. Nd:YAG lazer için kullanılan 200 µm çapındaki fiber optik uç	37
Resim 3.5. 940 nm Diyot lazer cihazı.....	38
Resim 3.6. 940 nm Diyot lazer için kullanılan 200 µm çapındaki fiber optik uç.....	38

ÖZET

KÖK KANAL TEDAVİSİNDE Nd:YAG VE DİYOT LAZERİN POSTOPERATİF AĞRI ÜZERİNE ETKİSİ

Fatma TUNÇ

Doktora Tezi, Endodonti Anabilim Dalı

Tez Danışmanları : Doç. Dr. Cihan YILDIRIM,

Prof. Dr. Tayfun ALAÇAM

Aralık 2015, 82 sayfa

Bu çalışmada kök kanal tedavisinde Nd:YAG ve 940 nm diyot lazerin postoperatif ağrı üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. İn vivo şartlarda yürütülen bu çalışma önceden belirlenen kriterlere uygun kök kanal tedavisi gereksinimi olan 102 hasta üzerinde gerçekleştirilmiştir. Hastalar rastgele üç gruba ayrılmıştır. Kontrol grubundaki hastaların kök kanalları rotary enstrümanlar ve pasif step-back tekniğinin kombinasyonu kullanılarak genişletilmiş ve % 2.5'lük NaOCI ile irrigé edilmiştir. Kontrol grubundaki protokole ek olarak ikinci grupta kök kanallarına Nd:YAG lazer, üçüncü grupta ise diyot lazer uygulanmıştır. Kanalların tamamı gutta perka ve kanal dolgu patı ile lateral kondensasyon tekniğine göre doldurulmuştur. Hastalardan Görsel Analog Skalası ile endodontik tedavinin ardından 12., 24., 48. ve 72. saatlerde hissettikleri postoperatif ağrı seviyelerini belirlemeleri istenmiştir. Sonuçta üç grup arasında ağrı insidansı yönünden anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$).

Anahtar Kelimeler: lazer, kök kanal tedavisi, postoperatif ağrı

ABSTRACT

EFFECT OF Nd:YAG AND DIODE LASER ON POSTOPERATIVE PAIN IN ROOT CANAL TREATMENT

Fatma TUNÇ

Ph. D Thesis, Department of Endodontics

Supervisors : Assoc. Prof. Dr. Cihan YILDIRIM,

Prof. Dr. Tayfun ALAÇAM

December 2015,82 pages

The aim of this study to evaluate the effect of the usage of Nd:YAG and 940 nm diode lasers during root canal treatment on postoperative pain. This clinical study was conducted on 102 subjects requiring root canal treatment and matching the pre-determined inclusion criteria. All subjects were divided into three groups randomly. Root canals in the control group were irrigated with 2,5% NaOCl following preparation with the combination of step-back technique and rotary systems. In addition to what has been done in the control group, Nd:YAG laser was applied in the second group and diode laser was applied in the third group. All canals were filled with the lateral condensation technique using gutta-percha points and sealer. All patients were requested to record their level of postoperative pain on a Visual Analogue Scale at 12th, 24th, 48th and 72nd hours following the treatment. As a result, no statistically significant differences were determined among the groups regarding pain incidence ($p>0,05$).

Key Words: laser, root canal treatment, postoperative pain

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Kök kanal tedavisinde temel amaç, kron ve kök pulpasının çıkarılmasının ardından, kök kanal sisteminin mikroorganizmalardan, organik ve inorganik artıklardan mekanik ve kimyasal olarak temizlenmesi ve apikalden koronale kadar üç boyutlu olarak sızdırmaz bir şekilde doldurulmasıdır.

Kök kanallarının mekanik preparasyonu sırasında çok küçük kesilmiş, mineralize dokuların oluşturduğu belirgin miktarda debris meydana gelmektedir. Smear tabakası adı verilen bu yapı organik ve inorganik elemanlardan oluşmaktadır. Smear tabakası bakteri ve bakteri ürünlerini de içerebilir (1).

Bakteri ve bakteri ürünleri apikal periodontitisin patogenezinde önemli bir role sahiptir (2). Dolayısıyla kök kanal tedavisinin ana hedefi kök kanal sisteminin dezenfeksiyonu olarak tanımlanmıştır. Bu amaçla geleneksel olarak kök kanallarında kemomekanik temizlik uygulanmaktadır. Kemomekanik temizlik, mekanik enstrümantasyonla birlikte kök kanal boşluğunun dezenfektan solüsyonlarla irrigasyonu ve seanslar arası kanal içi dezenfektan kullanımının kombinasyonudur. Kök kanal sisteminden mikroorganizmaların tamamının elimine edilmesi çok zordur (3). Kök kanal sisteminin karışık anatomik konfigürasyonu içerisinde devamlı olarak kalan, inatçı ve tedavinin başarısızlığına yol açan mikroorganizmalar varlığından söz edilmiştir (2).

Smear tabakası ve patojenleri uzaklaştırmak için birtakım irrigasyon solüsyonlarından yararlanılmaktadır. İrrigasyon solüsyonlarının konsantrasyonlarına bağlı antimikrobiyal etkinlikleri birçok kez incelenmiştir. Dentin tübüllerinin çaplarının dar olması, likit solüsyonlarının ise yüzey gerilimlerinin yüksek olması nedeniyle irrigasyon solüsyonları kök kanalında sınırlı etkiye sahiptirler. Kimyasal irrigasyon penetrasyon derinliği dentin tübülleri içerisinde en fazla 100 µm'ye ulaşabilirken, bakteriler kanal lümeninden 1000 µm'yi bulan derinliğe kadar invaze olabilirler (4). Bu nedenle lazer sistemleri geleneksel dezenfeksiyon yöntemlerine ek olarak uzun zamandır araştırma konusu olmuştur.

Diş hekimliğinde oldukça popüler hale gelen lazerler endodontide de kendine geniş yer bulmuştur (5). Endodonti alanında lazerler pulpa vitalite testi, vital pulpa tedavileri, kök kanallarının şekillendirilmesi ve dezenfeksiyonu, gutta perkanın kök kanallarından uzaklaştırılması gibi birçok amaçla kullanılmaktadır (6).

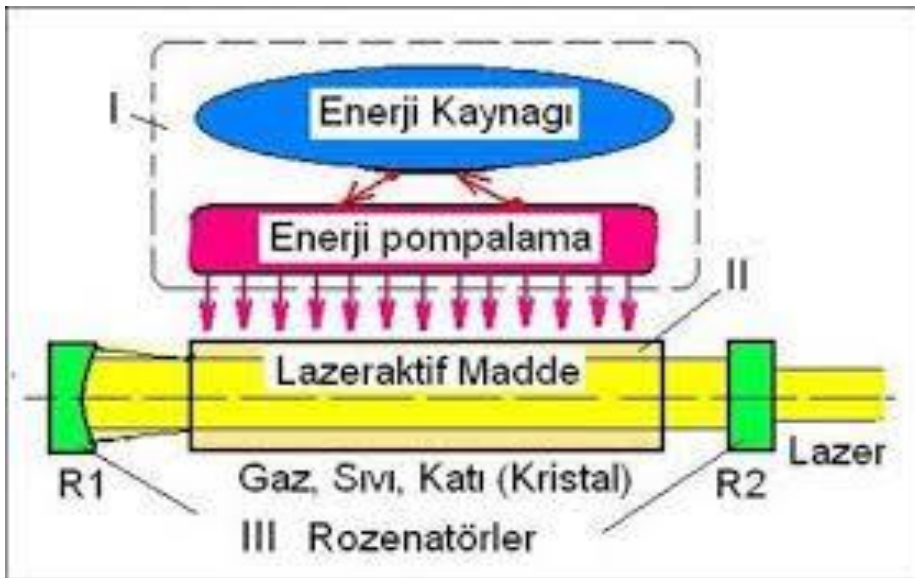
Endodontik tedavinin ardından sıklıkla karşılaşılan problemlerden bir tanesi postoperatif ağrıdır. Kök kanal tedavisi sonrası hissedilen bu ağrılar hem hasta hem de hekim tarafından istenmeyen bir durumdur. Araştırmacılar kanal tedavisinde işlem sonrası ağrıya neden olabilecek her bir aşama ve kullanılan her bir farklı materyal üzerinde çalışmaktadırlar. Lazerlerin endodontide postoperatif ağrı üzerine etkisini gösteren az sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu nedenle çalışmamızda kök kanal tedavisinde Nd:YAG ve 940 nm diyot lazerin postoperatif ağrı üzerine etkisini değerlendirmeyi amaçladık.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Lazer

Lazer (laser) 'Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation' sözcüklerinin baş harflerinin birleştirilmesiyle oluşmuş bir kelimedir ve 'radyasyonun uyarılmış emisyonu ile ışığın güçlendirilmesi' anlamına gelmektedir. Einstein'ın 1916'da yayımladığı İzafiyet teorisine dayanarak, Schalow ve Townes 1918 yılında tüm lazerlerin ana prensibi olan MASER'i (microwave amplification by stimulated emission radiation) rapor etmişlerdir. 1960'ta, alüminyum oksit ve kromiyum oksitten yapılmış sentetik yakut çubuğunu kullanarak ilk lazer cihazını Theodore Harold Maiman yapmıştır (7).

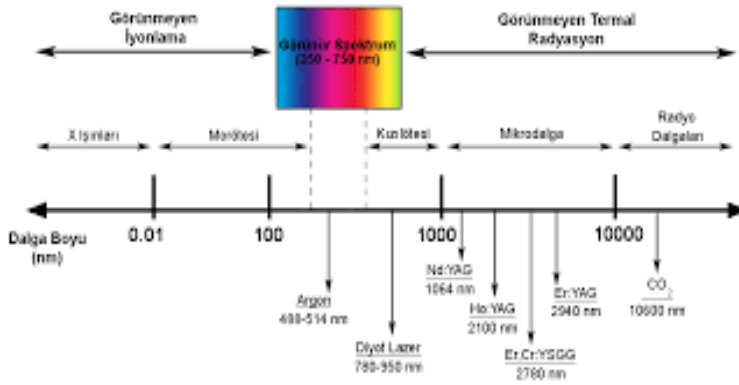
Lazer esas olarak ışık enerjisini ısı enerjisine dönüştüren bir cihazdır. Lazer sistemi; uyarılma sonucu fotonları üreten lazer ortamı (katı, sıvı, gaz), uyarma için enerji üreten eksitasyon kaynağı ve bir tarafında %100 (tam geçirgen), diğer tarafında %90 yansıtıcı ayna (yarı geçirgen) bulunan ve de ışığın paralellliğini sağlayan rezonatör sistemi olmak üzere üç kısımdan oluşur (8). Lazer cihazının bileşenleri Şekil 1'de gösterildiği gibidir.



Şekil.1. Lazer cihazının bileşenleri

Lazerler, adlarını ışığı oluşturan kaynak atomun adından alırlar. Kullanılan özgün materyal, açığa çıkan enerjinin dalga boyunu ve lazerin klinik endikasyonunu belirlemektedir.

Dental amaçlarla kullanılan lazerlerin sadece bir kısmı görünür spektrumda yer alır. Diğer lazerler gözle görünmez ve kızılötesi aralıkta ışık saçarlar. Diş hekimliğinde kullanılan lazerlerin elektromanyetik spektrumdaki yeri Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil.2. Diş hekimliğinde kullanılan lazerlerin elektromanyetik spektrumdaki yeri

2.1.1. Lazer ışığının doku üzerindeki etkileri

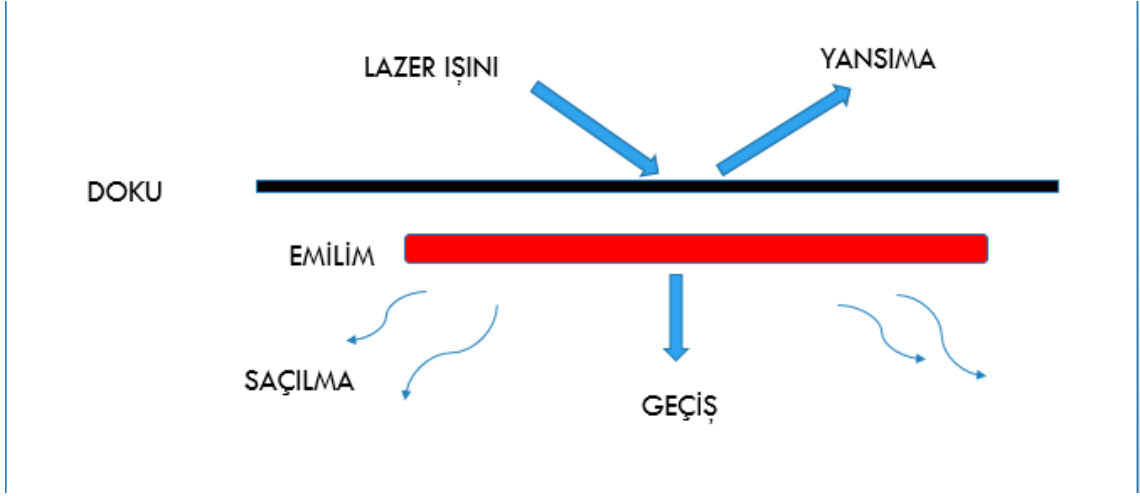
Emilim; enerjinin hedeflenen doku tarafından absorpsiyonu demektir. Emilim miktarı dokunun yapısı ve lazerin dalga boyu ile bağlantılıdır (9).

Geçiş; lazer ışığının dokuya ulaştığında etki göstermeyerek daha derin kısımlara doğru ilerlemesi demektir (10).

Saçılma; lazer ışığının dokuda farklı yönlerde yayılmasıdır (9).

Yansıma; uygulanan lazer ışığı doku tarafından yansıtılabilir (9).

Lazerlerin doku ile etkileşimi Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil.3. Lazerlerin doku ile etkileşimi

2.1.2. Lazer kullanım parametreleri

- *Watt (W)* : Üretilen enerjinin gücünü belirtir.
- *Joule (j)* : Enerji birimidir. Güç × zaman olarak açıklanır ($W \times t$).
- *Enerji Yoğunluğu (Energy Density)*: Santimetrekareye düşen enerji miktarıdır (j/cm^2).
- *Güç Yoğunluğu (Power Density)*: Birim alanda bulunan güç miktarı veya foton konsantrasyonudur (W/cm^2).
- *Frekans*: Bir saniyede tekrarlanan atım sayısı olarak tanımlanır. Hertz (Hz) ile gösterilir. Saniyedeki atım sayısı (pulse per second) da aynı anlamda kullanılmaktadır.
- *Dalga boyu*: Ardışık dalgalarda eş noktalar arasındaki mesafeye denir. Bir dalga örüntüsünün tekrarlanan birimleri arasındaki mesafedir.
- *Atım süresi (Pulse Duration)*: Tek bir lazer atımının oluşturulduğu süredir (sn).
- *Atım aralığı (Pulse Pause)*: İki lazer atımı arasında geçen süreyi ifade eder (sn).
- *Atım enerjisi (Pulse Energy)*: Tek bir lazer atımının sahip olduğu enerjidir (j/pulse).
- *Ortalama çıkış gücü (Average output power)*: Atımlı lazerlerde atım gücü atım esnasında maksimum düzeye çıkar ve atım aralıklarındaki bekleme sürelerinde sıfıra düşmesi sonucunda cihazdan dışarı verilen ortalama güçtür (W) (7).

2.1.3. Lazer sistemlerinin sınıflandırılması

Lazerler, lazer aktif maddesine, dalga boyuna, lazer ışınlarının hareketine, lazer ışınlarının enerjisine ve de klinik uygulamalara göre sınıflandırılır (7).

1. Lazer aktif maddesine göre
 - Katı maddeler (Ruby, Nd:YAG, Er:YAG, Alexandrite)
 - Gazlar (Argon, CO₂, He-Ne lazer)
 - Yarı iletken lazerler (Gallium arsenide)
 - Kimyasallar
2. Lazerin dalga boyuna göre
 - Ultraviyole ışınlar
 - Kızılötesi (infrared) ışınlar
 - Görünür ışık spektrumundaki ışınlar
3. Lazer ışınlarının hareketine
 - Devamlı (continuous) ışın verenler
 - Atımlı (pulse) ışın verenler
 - Dalgalı akım olarak ışın verenler
4. Lazer ışınlarının enerjisine göre
 - Soft lazer (He-Ne lazer, Ga-As lazer)
 - Mid lazer (Diode lazer)
 - Hard lazer (Argon, CO₂, Nd:YAG, Er:YAG)
5. Klinik uygulamalara göre
 - Yumuşak doku lazerleri
 - Sert doku lazerleri

Lazerler diş hekimliğinin birçok alanında farklı amaçlarla kullanılmaktadır

1. Periodontoloji

- Başlangıç periodontal tedavi
- Frenektomi, gingivektomi, greft gibi yumuşak doku cerrahisi
- Periodontal rejeneratif cerrahi

2. Oral Cerrahi

- Biyopsi
- Operkulektomi
- Apikal rezeksiyon
- Oral yumuşak doku patolojileri

3. İmplantoloji

- İmplant üstünün açılması
- Peri-implantitis

4. Sabit Protez

- Yumuşak doku müdahalesi ile kuron boyu uzatma
- Kemik müdahalesi ile kuron boyu uzatma
- Yüzey pürüzlendirme
- Beyazlatma

5. Hareketli Protez

- Epulis fissuratumun uzaklaştırılması
- Protez stomatiti tedavisi
- Rezidüel kret düzeltmesi
- Tüber çıkıntılarının düzeltilmesi
- Torus şekillendirmesi
- Yumuşak doku düzeltmesi

6. Pedodonti/ Ortodonti

- Dişin açığa çıkarılması

- Ortodonti hastalarında yumuşak doku uygulamaları

- Oral yumuşak doku patolojileri

7. Operatif Diş Hekimliği ve Endodonti

- Çürük tespiti

- Pulpa canlılığının saptanması

- Dentin hipersensitivite tedavisi

- Vital pulpa tedavileri

- Kök kanal şekillendirmesi

- Kök kanal dezenfeksiyonu

- Kök kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılması

- Endodontik cerrahi (6,11)

2.1.4. Nd:YAG lazer

İlk defa 1961 yılında Snitzer tarafından kullanıma sunulan Nd:YAG (Neodymium-Yttrium-Aluminium-Garnet) lazerler, 1964 yılında Geusic tarafından geliştirilmiştir (8). Kıızılötesi spektrumda yer alan ve 1064 nm dalga boyuna sahip bir kristal lazerdir. Nd:YAG lazerler, fiber optik kablo vasıtasıyla ışın hüzmesini iletmektedirler. Temaslı ya da temassız olarak kullanılabilirler (7). Nd:YAG lazerin endodontide ilk kullanımı 1971 yılında Weichman ve Johnson tarafından bildirilmiştir. Su ve hidroksiapatit absorpsiyonu çok iyi değildir. Melanin ve hemoglobin tarafından yüksek derecede absorbe edilir (12,13). Temassız kullanıldığında sadece birkaç milimetre penetre olabildiği için aft tedavisi, hemostaz sağlama veya pulpa hassasiyetini gidermek amacıyla kullanılabilir (7). Nd:YAG lazer dentin hassasiyetinin azaltılması, çürük dokunun buharlaştırılması, kök kanal dezenfeksiyonu, dentinin kesilmesi amaçları ile kullanılmıştır (8,14). Nd:YAG lazerler diş sert dokularında çok kısa atım süreleri ile ideal uygulamalar yapılacak şekilde dizayn edilmişlerdir (13).

Nd:YAG lazer, endodontik açıdan en çok araştırılan lazerdir. 1990 yılında Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), yumuşak doku cerrahisi için ilk atımlı ve serbest çalışan lazerin satışına izin vermiştir.

Nd:YAG lazerlerin kök kanallarında, lokalize ısınma ile mikroorganizmaları doğrudan buharlaştırarak sterilizasyon sağladıkları savunulmaktadır. Pigmente bakterilerin DNA yapılarını bozarak bakterisit etki gösterirler. Uygulama esnasında meydana getirdiği ısı yayılabilme özelliğine sahip olduğundan, mikroorganizmalarla fiber optik ucun direk temasına gerek duyulmamaktadır. Nd:YAG lazerlerin, derin dentin tabakaları ve dentin kanalcıklarında dahi bakterisidal etki gösterdikleri belirtilmiştir (8,15).

Neill ve ark, yaptıkları klinik deneyler sonucunda kök yüzeyi düzleştirmesi ve küretajla birlikte uygulanan düşük güçteki atımlı Nd:YAG lazerin periodontitisli hastalarda bakterilerin eliminasyonunda başarılı olduğunu bildirmişlerdir (16). White ve ark ise, atımlı Nd:YAG lazer uygulanarak yapılan restorasyonların üç yıllık takibi sonucunda tüm dişlerin canlılığını koruduğunu ve semptomsuz olduğunu tespit etmişlerdir (17).

Nd:YAG lazerin antibakteriyel etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada, *E. faecalis* ile enfekte edilen dişlere 1,5 W, 100 mj, 15 Hz'lik değerlerde 4 kez 5'er saniyelik uygulamalarla toplam 20 sn Nd:YAG lazer uygulanmış ve neticede Nd:YAG lazerin *E. faecalis*'i kök kanalından %99,7 oranında azalttığı ifade edilmiştir (18).

Samei ve ark, Nikel Titanyum (NiTi) rotary eğeler ile Nd:YAG lazer kullanımının kök kanal sistemindeki temizleme etkinliğini karşılaştırmışlardır. Bu amaçla dört farklı grup oluşturulmuştur. Birinci grupta konvensiyonel el aleti ile step-back tekniği, ikinci grupta lazer, üçüncü grupta rotary eğe, dördüncü grupta ise lazer ve rotary eğe kombinasyonundan yararlanılarak, kök kanal duvarlarının koronal, orta ve apikal kısımlarındaki smear tabakası scanning elektron mikroskobunda incelenmiştir. Tüm bulgular neticesinde rotary, lazer ve rotary ile lazer kombinasyon tekniklerinin, step-back tekniğinden çok daha etkili temizleme kabiliyetine sahip olduğu, en etkin yöntemin ise rotary ile lazer kombinasyonunun olduğu saptanmıştır (19).

Nd:YAG lazerin antibakteriyel etkisinin tamamen biyofilm ve mikroorganizmalarla olan termal etkileşimine bağlı olduğu ancak siyah pigmente mikroorganizmalar üzerinde ve eğri kanallara etkisinin zayıf olduğu bildirilmiştir (20).

2.1.5. Diyot lazer

Işık yayan diyotlarda bulunanlara benzer bir yarı iletken diyot tarafından oluşturulan aktif lazer ortamında, elektriksel olarak pompalanan yarı iletken bir lazerdir.

Diyot lazerlerin aktif ortamında alüminyum, galyum ve arsenid karışımları kullanılır. Diş hekimliğinde 810, 940 ve 980 nm dalga boylarında kullanılmaktadırlar. Küçük boyutludurlar ve güç tüketimleri düşüktür. Bu lazerler, genellikle kırmızı renkte ışık yayarlar.

Diyot lazer dişeti şekillendirmesi, küretaj veya sulkular birikintilerin yok edilmesinde oldukça başarılı bir yumuşak doku lazeridir (10).

Kullanıldığı dokular üzerinde ısı artışına neden olduğu için devamlı dalga modunda uzun süre kullanılmamalıdır (10). Diyot lazer kullanılarak gerçekleştirilen periodontal tedaviler anestezi gerektirmektedir. Abse insizyonu, frenektomi, implant üstünün açılması ve periimplantitis işlemleri için kullanılabilirler (14).

Ayrıca diyot lazerler diş sert dokularındaki çürük olan bölgelerde floresan özellik göstererek turuncu veya kırmızı bir renk alırlar ve klinikte çürük tespitini kolaylaştırırlar (21).

Diyot lazer gibi yakın kızılötesi (NIR) lazerlerin bakteri eliminasyonu ile ilgili olarak iki farklı mekanizmadan bahsedilmektedir. Birinci mekanizmada bakterinin bağlandığı substrat tarafından lazer ışını absorbe olur ve substratta meydana gelen ısı da mikroorganizmanın ölümüne yol açacak şekilde lokal bir ısı artışına sebep olmaktadır. Diğer mekanizmada ise lazer ışını bakteri tarafından emilerek direk hasar meydana gelmektedir (22).

İn vitro olarak yapılan bir çalışmada, 980 nm dalga boyundaki diyot lazerin kök kanal yüzeyinde meydana getirdiği değişiklikler sonucu, AH-Plus patının dentine adezyonunu arttırdığı belirtilmiştir (23). Maenosono ve ark, diyot lazer uygulamasının iki farklı adeziv sistemde de (Single Bond ve Easy One) bağlanma dayanım değerlerini arttırdığını bildirmişlerdir (24). İdeal bir kök kanal dolumu için, dolum materyali ile kök kanal duvarı arasında sıkı bir ilişki sağlanmalıdır. Kök kanal duvarlarındaki buharlaşma ve kömürleşme bu ilişkiyi zayıflatmaktadır. Debrisin buharlaşmasını sağlarken, dentinde

kömürleşmeye sebep olmamak için, daha az termal yan etkiye sahip olan lazerin kullanılması ve güç ile atım sıklığının düşürülmesi tavsiye edilmektedir (25).

Arslan ve ark, NaOCI, EDTA ve EDTA ile diyot lazer kombinasyonlarını kullanarak yaptıkları bir çalışmada; %15 EDTA ve 808 nm diyot lazerin 20 sn uygulanma prosedürünün, kök kanalının apikal üçlüsündeki smear tabakasını uzaklaştırmada en etkili yöntem olduğunu tespit etmişlerdir (26).

Lazerlerin meydana getirdiği ısısız değişimlerle ilgili yapılan bir çalışmada, diyot (940 nm) ve Er,Cr:YSGG (2780 nm) lazer kullanılmış ve her iki lazer grubunda da eksternal kök yüzeyinde ciddi hasara yol açabilecek termal değişimlerin meydana gelmediği görülmüştür (27).

İn vitro şartlarda gerçekleştirilen bir çalışmada, MTAD ile 810 nm diyot lazerin (2 W, 5X5 sn) kombine kullanımının bakterilerin tamamını yok ettiği ifade edilmiştir (28).

Diyot lazer cihazlarının ince ve esnek fiber uçlara sahip olması, kök kanallarında kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Son yıllarda antimikrobiyal özellikleri nedeniyle endodontide kullanımı oldukça yaygınlaşan diyot lazerler, ucuz, taşınabilir ve kompakt yapıda olmaları sebebiyle diş hekimleri tarafından sıklıkla tercih edilmektedirler.

2.1.6. Argon lazer

Aktif maddesi argon gazıdır. Gözle görülebilir renklerde; mavi renkli 488 ve yeşil renkli 514 nm olmak üzere iki farklı daga boyuna sahiptir. 488 nm dalga boyundaki argon lazerden kompozit rezin polimerizasyonu ve diş beyazlatmasında kullanılan jellerin polimerizasyonunda yararlanılmaktadır (29).

Argon lazerler 514 nm dalga boyunda periodontal hastalıkların tedavisinde kullanılabilirler. Sert dokular tarafından absorbe edilmediklerinden dolayı yumuşak doku tedavilerinde sert dokulara zarar vermezler (30).

2.1.7. Karbondioksit (CO₂) lazer

Kızılötesi spektrumda yer alan karbondioksit lazerler 10600 nm dalga boyuna sahiptirler (31). Yumuşak dokular tarafından kolayca emilebildikleri için frenektomi, gingivektomi, gingivoplasti gibi müdahalelerde kullanılabilirler. Cerrahi işlemlerde hemostaz özelliği

olan bu lazerlerin, sert dokuya komşu bölgelerde mine çatlağı ya da dentinde karbonizasyon oluşturma riskinden dolayı dikkatli olunması gerektiği bildirilmiştir (32).

Karbondioksit lazerlerin kök kanal dezenfeksiyonunda yeterli etkiye sahip olmadıkları belirtilmiştir (33).

2.1.8. Er:YAG lazer

Aktif ortamı yttriyum-aluminyum-garnet katı kristali olan, 2940 nm dalga boyuna sahip katı kristal lazerdir (34). Er:YAG lazer enerjisinin su ve su içeren organik yapılar tarafından emilmesi sonucu moleküllerde meydana gelen mikropatlamalar, ardından dokular arasındaki bağların çözünmesi ve neticede dokuların buharlaşarak ortamdaki uzaklaşması esasına dayanarak etki gösterdiği savunulmaktadır (35).

Er:YAG lazerler periodontolojide sıklıkla tercih edilmektedirler. Enfekte yumuşak dokuları etkili bir biçimde uzaklaştırırken, kök ve kemik dokularında yeniden ataçman oluşması için uygun bir yüzey sağlarlar. Periimplantitis ve frenektomi gibi yumuşak doku operasyonlarında kullanılmaktadırlar. Parametrelerin doğru ayarlanması durumunda, yara iyileşmesi çok hızlı bir biçimde gerçekleşmekte ve ağrı, şişlik, enfeksiyon bulguları karbondioksit ve diyet lazere oranla daha az görülmektedir (36).

Hidroksiapatit ve su tarafından çok fazla emilmesinden dolayı endodontide kullanımı sınırlıdır. Er:YAG lazerler, kök kanalları hipoklorit ile dolu iken uygulandığında, kanal içerisinde akustik şok dalgaları oluşturarak dezenfeksiyon sağlamaktadırlar. Endodontide kök kanal preparasyonu ve smear tabakasının uzaklaştırılması gibi amaçlarla da kullanılmaktadırlar (36).

Cheng ve ark tarafından, Er:YAG lazerin %5,25 NaOCI, %0,9 salin ve distile suyla birlikte uygulandığında, kök yüzeyi ve dentin tübüllerinin 100/200 µm derinliklerinde *E. faecalis*'i % 100 elimine edebildiği, bu tedavi uygulamasının, endodontik tedavi için ideal bir protokol olabileceği bildirilmiştir (37).

Ayrancı ve ark, farklı irrigasyon solüsyonları ve lazer sistemlerinin kök kanal dolgu patlarının dentin duvarına adezyonu üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, Er:YAG lazer grubunda AH Plus adezyonunun anlamlı derecede fazla olduğu, Er:YAG lazer ile kıyaslandığında Nd:YAG lazer ışınlamasının Endo REZ adezyonunu anlamlı derecede

arttırdığı tespit edilmiştir. Araştırma bulgularına göre, EDTA ve farklı lazer sistemlerinin, kök kanal dolgu patlarının bağlanma dayanımını etkilediği ifade edilmiştir (38).

2.1.9. Er,Cr:YSGG lazer

2780 nm dalga boyuna sahip olan bu lazer, erbiyum ve kromiyum ile kaplanmış yttriyum-skondiyum-galyum-garnet katı kristalidir (39). Er,Cr:YSGG lazerler hidroksiapatit ve suda absorbe olabilme özelliğine sahiptirler (40).

Kavite preparasyonu ve çürüğün uzaklaştırılmasında etkili olarak kullanılacakları belirtilmiştir (41). Ayrıca kompozit restorasyonlarda mine ve dentinin pürüzlendirilmesi, kök ucu preparasyonu, kök kanal dezenfeksiyonu ve smear tabakasının uzaklaştırılması gibi işlemlerde de kullanılabilirler (42–45).

2.1.10. Endodontide lazer kullanım alanları

2.1.10.1. Pulpa vitalite tespiti

Lazer Doppler Flowmetry (LDF) adı verilen sistem, pulpal kan damarlarındaki hareketli kırmızı kan hücrelerinin belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Diğer vitalite test yöntemleriyle kıyaslandığında çok daha güvenilirdir çünkü vasküler yanıt alınmaktadır (46).

Lazer ışığı pulpaya, diş yüzeyine yerleştirilen fiber optik probe ile gönderilir, yansıyan değerlerin monitörize edilmesiyle pulpanın canlılığı teşhis edilir (47).

Bu yöntemde 632,8 nm dalga boyuna sahip He-Ne lazer ve 780 ve 780-820 nm dalga boylarındaki diyot lazerler kullanılmıştır. Mine ve dentin kalınlığının az olduğu ön dişlerde çok daha güvenilir sonuçlar elde edilirken, molar dişlerde mine ve dentin kalınlığı fazla olduğundan her zaman doğru sonuçlar alınamamaktadır (33,48).

LDF tekniği reimplantasyon ve travma sonrası takip amacıyla, ortodontik ve cerrahi işlemler sonrası meydana gelen pulpal cevabın saptanması gibi birtakım amaçlarla kullanılmıştır (49–51).

2.1.10.2. Vital pulpa tedavileri

Kök gelişimi tamamlanmamış daimi dişlerde kök ucu formasyonu tamamlanana kadar devitalizasyon ve kök kanal tedavisi önerilmemektedir. Bu sebeple pulpotomi endodontik tedavi seçenekleri arasında yer almaktadır. Lazerlerin dokuyu buharlaştırma, küçük kan damarlarını koagüle etme özelliklerinden dolayı pulpotomi tedavisinde kansız ve steril bir çalışma sahası elde edilebilmektedir (48).

Pulpa kuafajında düşük toksisitesi, antibakteriyel oluşu ve mineralizasyonu uyarmasından dolayı kalsiyum hidroksit çoğunlukla kullanılan bir materyaldir (52). Bununla birlikte mineral trioxide aggregate (MTA) direkt pulpa kuafajı için kullanıldığında, daha az pulpal enflamasyonla ve daha öngörülebilir sert doku formasyonu ile sonuçlanan iyi bir ajandır (53). Son zamanlarda da düşük yoğunluklu lazer terapisi antiinflamatuvar etkisi ile ödemin çözülmesi ve iyileşmeyi uyarmak amacıyla kullanılmaktadır (54). Fekrazad ve ark, köpek dişlerinde pulpotomi amacıyla 810 nm dalga boyundaki diyot lazer ve MTA'dan yararlanarak yaptıkları çalışmada, MTA ve diyot lazer kombinasyonunun dentinogenezis miktarını artırarak, kök ucu gelişimini hızlandırdığını tespit etmişlerdir (55).

Yüksek enerjili lazer kullanımı dokuda hasara sebep olabileceğinden pulpa kuafajı ve pulpotomide doğru parametrelerin seçilmesi çok önemlidir (48). CO₂ lazerler vital pulpa tedavilerinde, 1 W'da ve 1 saniyenin altında kullanıldığında pulpa hasarı ve postoperatif ağrıya neden olmamaktadırlar (10).

Lazer kullanılarak gerçekleştirilen ilk kuafaj sonuçları Melcer ve ark tarafından yayınlanmıştır. Araştırmacılar köpek ve maymun dişlerinin pulpaya yakın dentin yüzeylerine 3 W'lık CO₂ lazer uygulamışlar ve pulpaya komşu alanlarda patolojik bir olgu görülmezsizin yeni mineralize dentinin meydana geldiğini göstermişlerdir (56).

Odabaş ve ark, formokrezol pulpotomisi ile Nd:YAG lazer kullanılarak yapılan pulpotomi grubunu kıyaslamışlar ve bulgular neticesinde iki grup arasında klinik ve radyografik başarı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını belirtmişlerdir (57). Yapılan başka bir çalışmada sığır dişlerine açılan kaviteler, dentin yüzeylerinin dezenfeksiyonu amacıyla Nd:YAG lazer, diyot lazer ve fotodinamik terapi uygulanarak ışınlanmış ve kompozitle restore edilmiştir. Çalışma sonucunda her üç yöntemin de kavite

dezenfeksiyonunda kullanılabileceği, okluzal ve gingival marjinde meydana gelen sızıntı bakımından fark görülmeyen tek grubun Nd:YAG lazer grubu olduğu ifade edilmiştir (58).

Yazdanfar ve ark, çürük sebebiyle açığa çıkan pulpa yüzeyinde, konvensiyonel teknik ile diyot lazer uygulamasıyla destekledikleri kuafajların etkinliklerini karşılaştırmışlardır. Araştırmada lazer, kanama kontrolü ve kavitenin dekontaminasyonunun sağlanması amacıyla kullanılmış ve 1 yıllık takip neticesinde konvensiyonel olarak kuafaj yapılan grupta %60, diyot lazerle desteklenen grupta ise %100 oranlarında başarının elde edildiği belirtilmiştir (59).

Jayawardena ve ark, direk pulpa kuafajında, daha çok sert dokuda kullanılan Er:YAG lazer ile kalsiyum hidroksiti karşılaştırmışlar ve pulpada patolojik bir cevap oluşmaksızın dentin köprüsünün meydana geldiğini bildirmişlerdir (35). Huth ve ark, yaptıkları klinik araştırmada, çocuk hastaların süt azı dişlerinde pulpotomi işlemi için Er:YAG lazer, kalsiyum hidroksit, dilüe edilmiş formokrezol ve ferrik sülfatı kullanmışlardır. 3 yıllık takip sonucunda, çürük sebebiyle açığa çıkan pulpalarda uygulanan pulpotomi tedavilerinde başarı açısından Er:YAG lazer ve formokrezol ile elde edilen sonuçların benzerlik gösterdiği, en başarılı grubun ferrik sülfat, en başarısız grubun ise kalsiyum hidroksit grubu olduğu kaydedilmiştir (60).

Toomarian ve ark köpek dişlerinde yaptıkları bir çalışmada, formokrezol pulpotomisi ile Er,Cr:YSGG lazeri karşılaştırmışlar, 7. günün sonunda lazer grubunda histolojik olarak oldukça olumlu sonuçlar elde etmişlerdir (61).

2.1.10.3. Kök kanallarının modifikasyonu

Kök kanallarının mekanik olarak genişletilmesi sonucu kök kanal duvarlarında organik ve mineral artıklar birikir. Lazer kullanılarak, smear adı verilen bu tabakanın kaldırılması veya dentin yüzeyinin eritilerek tıkanmanın sağlanması hedeflenmektedir.

Smear tabaka üzerinde oluşturulan etkiler lazerin enerji düzeyi ve gönderilme şekline bağlı olarak farklılıklar göstermektedir (62)

İlk defa Weichman ve Johnson 1971 yılında, apikal forameni tıkamak amacıyla CO₂ lazeri kök kanalına uygulamış ancak bunu sağlayamamışlardır (63). Weichman ve ark

1972 yılında ise ince fiberlerin geliştirilmesi ile Nd:YAG lazerin kullanımını yaygınlaştırmışlardır (64). Nd:YAG lazerin debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasını sağlayarak, apikal sızıntıyı önemli ölçüde azalttığı belirtilmiştir (65).

Er:YAG lazerin smear tabakasını kök kanalından uzaklaştırmada oldukça etkili bir lazer olduğu savunulmaktadır (66). Er:YAG lazer organik matriksi kaldırarak ve dentin kanalcıklarını eriterek örtmekte, kök apeksinde sterilizasyon sağlarken, kök rezorbsiyonuna karşı direncin artmasına neden olmaktadır (67). Takeda ve ark, Er:YAG, Nd:YAG ve argon lazerlerin smear tabakasının kaldırılması üzerine yaptıkları çalışmada, Er:YAG lazerin daha etkili olduğunu rapor etmişlerdir (68).

De Moor ve ark yaptıkları bir çalışmada, Er,Cr:YSGG lazer kullanılarak aktive edilmiş irrigasyonun smear tabakasını uzaklaştırmada, pasif ultrasonik irrigasyon ve geleneksel irrigasyondan daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır (69). Konik uç kullanılarak uygulanan Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerlerin yapay olarak oluşturulan smear üzerine EDTAC'ın etkinliğini arttırdığı bildirilmiştir (70).

2.1.10.4. Kök kanal preparasyonu

Geçmişten günümüze kök kanal preparasyonu amacıyla el eğeleri, ultrasonik sistemler ve NiTi döner ege sistemleri kullanılmıştır. Ancak ister el aleti ister mekanik sistemler olsun tüm kanal yüzeyinde etkili bir preparasyon yapıp yapılamadığı hala tartışmalı bir konudur. Şekillendirme sırasında meydana gelen perforasyon, çatlak ya da basamak oluşumu gibi problemler, birtakım alternatif yöntem arayışlarına sebep olmuştur. Bu anlamda endodontide Nd:YAG, CO₂, Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerler kök kanal preparasyonu amacıyla kullanılmıştır.

Nd:YAG ve CO₂ lazerler kök kanal duvarlarındaki smear tabakasının ve debrisin uzaklaştırılmasında kullanılabilirlerde, termal etkileri sonucu dentin dokusunda erime, karbonizasyon ve çatlakların meydana gelmesi sebebiyle kök kanal preparasyonunda kullanımları çok fazla tercih edilmemektedir. Ancak Erbiyum lazerlerin hidroksiapatit ve su tarafından yoğun bir biçimde absorbe olmalarından dolayı, kök kanal şekillendirmesinde etkili olarak kullanılacakları belirtilmiştir (25).

Lazer uygulamaları sonucunda oluşan yüzey değişikliklerinin dentini zayıflatarak kök kırıklarına yol açabileceği belirtilirken, Er:YAG lazerle su soğutması ile çalışıldığı zaman bu olumsuz durumun giderilebileceği ifade edilmiştir (71).

Mazeki ve ark tarafından Er:YAG lazerle yapılan bir çalışmada, geleneksel yöntemlere göre kök kanal girişlerinde çok daha düzgün bir yüzey elde edildiği ifade edilmiştir (72). Inamoto ve ark lazer uygulamasının kök dentinini kesme etkinliği ve morfolojik değişimleri inceledikleri in vitro çalışmada, Er:YAG lazerin kök kanal şekillendirmesinde etkili olduğunu belirtmişlerdir (73).

Matsuoka ve ark 10⁰'ye kadar eğimli kök kanallarında, başarılı bir kök kanal preparasyonu için Er,Cr:YSGG lazerin kullanılabileceğini rapor etmişlerdir (74). Lazerle yapılan şekillendirme işlemi ile K tipi ve döner NiTi eğelerle yapılan kanal şekillendirme işlemlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, Er,Cr:YSGG lazer kullanılarak yapılan kök kanal preparasyonunun, el eğeleri ve döner NiTi eğelerle yapılan şekillendirme işleminden çok daha hızlı bir şekilde bitirildiği saptanmıştır (75).

2.1.10.5. Kök kanal dezenfeksiyonu

Kök kanal tedavisinde irrigasyon solüsyonlarının dentin tübüllerindeki mikroorganizmalara etkileri sınırlıdır (76). Bakteriler dentin tübüllerinde 1 mm'ye (1000 µm) kadar penetre olabilirken kullanılan irrigasyon solüsyonları sadece 100 µm'ye kadar etki edebilmektedirler (4,77). Bu sebeple geleneksel dezenfeksiyon yöntemlerine ek olarak farklı lazer sistemleri geliştirilmiş ve lazerlerin bakterisidal özelliklerinden yararlanabileceği belirtilmiştir (78). Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG ve diyet lazerlerin kök kanal dezenfeksiyonu amacıyla kullanılabilecekleri bildirilmiştir (79).

Zakariasen ve ark tarafından CO₂ lazerin kök kanal dezenfeksiyonunda etkili olduğu belirtilmiştir (80).

İn vitro olarak yapılan bir çalışmada Er:YAG lazerlerin bakteri eliminasyonunda etkili bir yöntem olduğu rapor edilmiştir (81). Vezzani ve ark. NaOCI ve Er:YAG lazer kullanarak yaptıkları bir çalışmada her iki yöntemin de benzer oranlarda bakteri eliminasyonu sağladığını ifade etmişlerdir (82).

Farklı güçlerde dört farklı (Nd:YAG, Er:YAG, Diyet ve Er,Cr:YSGG) lazerin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada, bütün lazer sistemlerinin 1,5 W'da derin dentin tabakalarında dahi *E. coli* üzerinde etkili olduğu sonucuna varılırken, Er:YAG ve diyet lazerin *E. faecalis*'e karşı çok daha etkili olduğu gösterilmiştir (83).

Nd:YAG lazerde lazer ışığı kök kanalı içerisine fiber optik uçlar yardımıyla iletilirken, sterilizasyon etkisi lokalize ısınma veya buharlaşma şeklinde gerçekleşmektedir. Nd:YAG lazerle (1,5 W, 2,4 W) % 99'a yaklaşan oranlarda bakteri eliminasyonunun sağlandığı belirtilmiştir (84). Maden ve ark, farklı güçlerde Nd:YAG lazeri (1,5 W, 1,8 W, 2 W) *Candida glabrata*, *Candida tropicalis*, *Candida krusei*, *Candida sake*, *Candida lusitaniae*, *Candida kefir*, *Rhodotorula mucilaginosa* ile enfekte edilen dentin bloklarında sterilizasyon amacıyla kullanmışlardır. 2 W 15 Hz parametresinde hiçbir mantarın yaşamadığı saptanmış, 1,5 W ve 1,8 W güç seviyelerinde önemli miktarda inhibisyonun sağlandığı, ancak tam bir sterilizasyonun gerçekleşmediği ifade edilmiştir (85).

Yapılan başka bir çalışma sonucunda ise Nd:YAG lazerin bakteri eliminasyonunda NaOCI'den daha etkisiz olduğu ifade edilmiştir (86).

Gutknecht ve ark 810 nm dalga boyundaki diyet lazerle (3 W) 500 µm derinlikte % 74 oranında *E. faecalis* eliminasyonunun meydana geldiğini bildirmişlerdir (87). 980 nm dalga boyunda diyet lazer (2,8 W) kullanılarak yapılan bir diğer çalışma sonucunda ise 500 µm derinliğinde *E. faecalis* üzerinde % 86 oranında başarı sağlanmıştır (88). Smear tabakasının uzaklaştırılmasının ardından 830 nm dalga boyundaki diyet lazerle (3 W), derin kök dentini tabakalarında *E. faecalis*'e karşı %100 başarı elde edilmiştir (89).

Yapılan bazı çalışmalarda Er,Cr:YSGG lazerin kök kanal dezenfeksiyonundaki etkinliği araştırılmıştır (90,91). 2 W gücünde 60 sn kök kanalında dezenfeksiyon amaçlı kullanılan Er,Cr:YSGG lazerin, *E. faecalis* üzerinde %5'lik NaOCI kadar etkili olduğu, oluşan 3 °C'lik ısı artışının çevre dokularda hasara yol açmayacağı savunulmuştur (90). Eldeniz ve ark ise çekilmiş dişler üzerinde yaptıkları çalışmada, Er,Cr:YSGG lazerin *E. faecalis* inhibisyonunda %3'lük NaOCI kadar etkili olmadığını belirtmişlerdir (91).

Yüksek güçte lazer kullanımı periodontal dokularda termal hasara yol açabileceğinden uygun parametrelerin seçilmesi çok önemlidir (48).

2.1.10.6. Apikal cerrahi

Endodontik cerrahide lazerler, kök ucunun kesilmesi, rezeke edilen alveol boşluğunun temizlenmesi, retrokavitenin oluşturulması, küçük kan damarlarının tıkanması ve kesi yüzeylerinin sterilize edilmesi amaçlarıyla kullanılmaktadır (48). Apisektomi işleminde kullanılan Nd:YAG (92) ve Er:YAG (93,94) lazerlerle başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Er:YAG lazerlerle önemli ısısal ve yapısal hasarlara sebep olmadan, kök yüzeyi ve dişin sert dokularının kesilebileceği vurgulanmıştır (48). İn vitro olarak yapılan bir çalışmada, Er:YAG lazerle açılıp MTA ile doldurulan kök ucu preparasyonunda, ultrasonik uçlarla açılan kavitelere oranla daha az mikrosızıntının meydana geldiği rapor edilmiştir (95). Çalışkan ve ark geleneksel yöntemle Er,Cr:YSGG lazeri karşılaştırdıkları bir araştırmada, kök ucu kavitesi sonrası kompozit dolgu uygulayarak mikrosızıntı ölçümleri yapmışlar ve lazer grubunun daha fazla mikrosızıntı değeri gösterdiğini belirtmişlerdir (96).

2.2. Endodontide İrrigasyon Yöntemleri

Endodontik enfeksiyonların önlenmesi, etken mikroorganizmaların tamamen elimine edilmesine bağlıdır (3). Mekanik preparasyon ile dentin kanalları, aksesuar kanallar ve apikal delta gibi kompleks bölgelere yerleşen bakterilere ulaşmak mümkün olmadığından, kök kanal sisteminde tam bir dezenfeksiyon sağlamak amacıyla irrigasyon solüsyonlarından yararlanılmaktadır (97).

İdeal bir irrigasyon solüsyonunda bulunması gereken özellikler:

1-Antimikrobik olmalı

2-Doku ve debrisi eritebilmeli

3-Kayganlaştırıcı özellik göstermeli

4-Smear tabakasını kaldırabilmeli

5-Toksik olmamalı

6- Restoratif maddelerin pulpa odası ve dentin duvarlarına bağlanmalarını olumsuz etkilememeli.

Günümüze kadar kullanılan irrigasyon solüsyonları arasında alkalin solüsyonlar, şelasyon ajanları, asitler, proteolitik enzimler gibi birtakım kimyasal ajanlar yer almaktadır.

2.2.1. Sodyum hipoklorit (NaOCI)

Günümüzde tercih edilen en popüler irrigasyon solüsyonu olan NaOCI'in pH'ı 11-12 dir. Suda sodyum (Na⁺) ve hipoklorit (OCI) iyonlarına ayrışarak, hipoklorit asit (HOCl) oluşturur. Antibakteriyel etkiden sorumlu olan bu asit, mikroorganizmaların hücresel fonksiyonlarını bozarak hücre ölümüne sebep olur (98).

NaOCI %0,5 ile %5,25 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılmaktadır (99). Nekrotik ve organik doku çözücü özelliğe sahip olan solüsyon, çok geniş spektrumlu antimikrobiyal bir ajandır. Bakterilere, sporlara, mantarlara ve virüslere karşı etkili olduğu belirtilmektedir (98).

NaOCI dilüe edilmemiş yüksek konsantrasyonlarda, canlı dokularda toksik etki yapabilmektedir (100). Yapılan bir çalışmada, %1, %2,5 ve %5'lik NaOCI uygulamaları arasında antibakteriyel etki bakımından anlamlı bir fark olmadığı ifade edilmiştir. NaOCI'in proteolitik etkisi inorganik kalıntıların uzaklaştırılması esnasında harcanan serbest klor miktarına bağlıdır. Bu sebeple düşük konsantrasyonun bol ve sık uygulanması ile yüksek konsantrasyondaki etkiyi elde etmenin mümkün olduğu vurgulanmaktadır (101).

2.2.2. Klorheksidin glukonat (CHX)

Klorheksidin, antimikrobiyal etkinliğini en çok pH 5,5-7,0 değerlerinde gösteren sentetik katyonik bisguaniddir. Katyonik yapıda olan solüsyon, bakterilerin anyonik bileşiklerine bağlanarak hücre bütünlüğünü bozar. Hücrenin stoplazmik membran yapısının bozulması ile ozmotik denge değişir (102).

Sert dokulara bağlanarak antimikrobiyal etkisini uzun süre devam ettirebilir (103). Klorheksidin geniş spektrumlu antimikrobiyal etkiye sahip bir ajandır. Düşük konsantrasyonlarda bakteriyostatik, yüksek konsantrasyonlarda bakterisidal etki göstermektedir. %0,12 ile %2'lik konsantrasyonlarda endodontik irrigan olarak kullanılır (102).

Klorheksidin ve NaOCI kombine kullanıldığında, dişlerde renk değişimi ile kahverengi bir çökelti meydana geldiği bildirilmiştir (104). Klorheksidin en büyük dezavantajı organik doku çözücü özelliğine sahip olmayışıdır (105).

2.2.3. EDTA

EDTA (etilen diamin tetraasetik asit) uzun süredir en çok tercih edilen şelasyon ajanıdır. İçeriğinde disodyum tuzu (17 g), distile su (100 ml) ve 5 mol sodyum hidroksit (9,25 ml) bulunmaktadır. Endodontide %15-17'lik konsantrasyonlardaki kullanımı önerilmektedir. Sıvı ve visköz formları bulunmaktadır. İnorganik doku çözücü özelliğe sahip olan EDTA, kök kanal dentin geçirgenliğini artırarak, smear tabakasını uzaklaştırmaktadır (106).

EDTA'nın smear tabakasının inorganik içeriğini, NaOCI'in ise organik bileşenleri çözebilme özelliğinden ötürü, her iki solüsyonun birlikte kullanılması tavsiye edilmiştir (107).

Seelan ve ark'nın farklı irrigasyon solüsyonlarının *E. faecalis*'e karşı etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmada, NaOCI (%5,25), EDTA (%17) ve CHX(%2) kombinasyonları kullanılarak örnekler oluşturulmuştur. Elde edilen bulgular neticesinde, NaOCI, EDTA ve CHX'in birlikte kullanımının maximum antimikrobiyal etkinliğe sahip olduğu tespit edilmiştir (108).

Farklı irrigasyon solüsyonlarının dentin yüzeyindeki kimyasal etkileri incelenmiş ve NaOCI'in dentin matriksinden protein bileşenlerini, EDTA'nın ise dentinden kalsiyum ve magnezyum moleküllerini uzaklaştırdığı görülmüştür (109).

2.2.4. MTAD

İçeriği tetrasiklin izomeri, asit ve deterjan karışımı olan Bio Pure MTAD, ilk defa Torabinejad ve ark tarafından kullanılmıştır. Solüsyon %3'lük doksisisiklin, %4,25'lik sitrik asit ve %0,5'lik polisorbata 80 deterjandan oluşmaktadır. Smear tabakasını uzaklaştırabilmenin yanında, dirençli bir mikroorganizma olan *E. faecalis*'e karşı oldukça etkili bir materyal olduğu ifade edilmiştir (110).

Biyouyumlu özelliğe sahip olan bu ajanın, NaOCI, klorheksidin ve EDTA'dan daha az sitotoksik olduğu ve osteoblast hücrelerinde farklılaşmaya yol açtığı tespit edilmiştir (111).

2.2.5. Ultrasonik irrigasyon

İrrigasyon solüsyonunun etkinliğinin artırılması için, ultrasonik sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemlerde, 25-30 kHz lik frekans ile standart K tipi eğelerde salınım dalgaları meydana getirerek temizleme işlemi gerçekleştirilmektedir (112).

Ultrasonik aletlerin geniş kök kanallarında özellikle de kanal preparasyonu tamamlandıktan sonra kullanılmaları tavsiye edilmektedir (113). Klasik enjektör yöntemi ve ultrasonik yöntemle yapılan irrigasyonun karşılaştırıldığı bir çalışmada, ultrasoniklerle yapılan irrigasyon grubunda önemli ölçüde dentin debrisinin uzaklaştırıldığı rapor edilmiştir (114).

2.2.6. Fotodinamik Terapi

Fotodinamik terapi, fotosensitör (FS) bir ajan varlığında, uygun dalga boyu ve dozunda ışık kullanılarak reaktif oksijen türlerinin oluşturulması, hedef hücre DNA'sı ve membranında hasar meydana getirilmesi sonucu hücre ölümünün gerçekleştirildiği bir yöntemdir (115). Fotosensitör olarak çeşitli kimyasal ve doğal maddelerden yararlanılmaktadır. Tıbbi amaçla kullanılan sensitörlerden bazıları şunlardır;

1-Boyalar: Riboflavin, proflavin, metilen mavisi 'toluidin blue O' (TBO), eozin.

2-Makrosiklik tetrapiroller: Porfirin ve türevleri, klorofil

3-Doğal ajanlar: Ksantoin, bergapten (116).

Bu yöntemle kök kanal enfeksiyonlarında sıkça rastlanan *F. nucleatum*, *P. intermedia*, *S. intermedius* ve *P. micros* gibi mikroorganizmaların yanısıra inatçı enfeksiyonlarda rol oynayan *E. faecalis*'in eliminasyonunun gerçekleştirilebildiği bildirilmiştir (117).

Yapılan bir çalışmada, bakteri ile enfekte edilen dişlere fotodinamik terapi, lazer ve tek başına fotosensitör uygulanmıştır. Tedaviden önceki ve sonraki ESEM incelemelerinde, fotodinamik terapi uygulanan örneklerde mikroorganizma sayısında anlamlı derecede azalma olduğu, fakat sterilizasyonun sağlanamadığı ifade edilmiştir (118).

İn vitro olarak gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise, fotodinamik terapi iki farklı şekilde uygulanmıştır. Birincisinde kanalda 1 dk toludin mavisi, ikincisinde de fotosensitör olarak fenotiazin klorit 2 dk kanalda bekletilmiş ve ardından 660 nm diyot

lazer ile 60 sn ışınlama yapılmıştır. Her iki şekilde de, fotodinamik terapi tek başına diyet lazer uygulamasından ve de konvensiyonel ve sonik aktivasyonlu %2,5 NaOCI irrigasyonundan daha fazla antibakteriyel etkinlik göstermiştir (119).

Ayrıca ilk kez 2009 Dünya Minimal İnvaziv Diş Hekimliği Kongresi'nde 'ışıkla başlatılan fotoakustik akım' (photon-initiated photoacoustic streaming-PIPS) isimli yeni bir teknikten bahsedilmiştir. Bu mekanizmada düşük enerjili lazer ışınının akustik dalgalar yaratarak kanaldaki irrigasyon solüsyonlarının aktive edilmesi söz konusudur. Optik uç sadece pulpa odasına yerleştirilmektedir (120).

Yapılan birçok çalışmada PIPS tekniğinin bakteri eliminasyonu ve biofilm tabakasını kaldırmada oldukça etkili bir yöntem olduğu tespit edilmiştir (121–123).

2.3. Postoperatif Ağrı ve Sebepleri

Postoperatif ağrı, kök kanal tedavisi sonrası hastada ilk birkaç saat ile birkaç gün içerisinde ve değişen şiddetlerle görülen ağrı olarak tanımlanmıştır (124). Bu durumu etkileyen etyolojik faktörler üç ana grupta toplanabilir (125).

1. Kök kanal sistemi ve periapikal dokunun durumu
2. Tedavi işlemleri
3. Hastaya bağlı durumlar

2.3.1. Kök kanal sistemi ve periapikal dokunun durumu

2.3.1.1. Anatomik varyasyonlar

Kök kanalları tamamen düzgün şekilli ya da tek bir kanal şeklinde değildir. Dallanmalar, anastomozlar, yan kanallar ve apikal deltalar pulpa boşluğunun ideal bir biçimde şekillendirilmesini ve hermetik olarak doldurulmasını engellemektedir. Kök kanal tedavisinde ulaşılamayan alanlar kısa ya da uzun zamanda problemler meydana getirebilir (126). Kök kanal sistemindeki mikroorganizmalar tam olarak elimine edilmediğinde, çevresel değişimler virulans genlerini harekete geçirir veya durdurur. Bu durum yetersiz kök kanal preparasyonu ve ulaşılamayan alanlar olduğunda daha belirgindir. Patojenler uygun olmayan koşullarda canlılıklarını sürdürebilecek mekanizmalar geliştirirler. Bu şekilde savunma hücrelerinden kaçarak immünoşüpresyona neden olurlar. Bazı

mikroorganizmalar bu mekanizma ile konakçı savunmasını aşarak, kök dışı enfeksiyonları başlatabilirler (126).

2.3.1.2. Mikrobiyal faktörler

Ağrı semptomu olan dişlerde *Bacteroides melaninogenicus*'un (aerobik, gram(-), çubuk) diğer mikroorganizmalarla kombinasyon halinde olduğu görülmüştür. *B. melaninogenicus* kollajenolitik ve fibrinolitik enzimlerin yanısıra Hageman faktörünü aktive eden endotoksin üretir. Bu faktör ağrı medyatörü olan bradikinin üretimine aracılık eder (127). Bradikinin kuvvetli bir vazodilatördür ve her tip reseptörleri uyararak ağrı yapıcı madde olarak etki eder (128).

Kök kanalından periapekse sızan endotoksinler, bakterilerin proteolitik enzimleri veya aktinomiçeslerin ekzotoksinleri çıplak sinir uçlarını irrite ederek CGRP (calcitonin-gene related peptide), Neurokinin A, Substance P gibi nöropeptidlerin salınmasına neden olurlar. Bu nöropeptidler tek başına ağrı sebebidir (126).

İrrite olan çıplak sinir uçlarından salgılanan nöropeptidlerden biri olan Substans P, mast hücrelerinden histamin salgılanmasına neden olur. Histamin vasküler permeabilityyi artırır. Histamin kısa sürede inaktive edildiği için etkisi geçicidir (125).

2.3.1.3. Lokal adaptasyon sendromu

Bağ dokusunun herhangi bir irratana maruz kalması sonucu enflamasyon meydana gelir. İritasyonun devam etmesi ile kronik enflamasyon oluşur ve lokal adaptasyon durumu ortaya çıkar. Bu iltihaplı dokuya başka yeni bir irritan temas ederse akut bir reaksiyon oluşabilmektedir. Bu fenomen lokal adaptasyon sendromu olarak tanımlanmıştır (127).

Kronik pulpitisli veya periradiküler lezyonlu bir dişte irratana karşı adaptasyondan dolayı, ağrı olmadan kronik iltihap devam edebilir. Ancak kök kanal tedavisi esnasında irrigasyon solüsyonları, pansuman ilaçları gibi birtakım kimyasalların kullanılması yeni bir irritasyona sebep olarak, akut bir reaksiyonun gelişmesine neden olabilir (127).

2.3.1.4. Atmosfer ve doku basıncı arasındaki farklılık

Mohorn ve ark, köpek dişlerinde yaptıkları bir deneyde, endodontik tedavinin periapikal doku basıncında değişikliğe sebep olabileceğini belirtmişlerdir (129). Periapikal bölgedeki basıncın atmosferik basınçtan fazla olması sonucu, lenf yoluyla tahliye

edilemeyen fazla eksuda sinir uçlarında baskı yaparak ağrıya sebep olur. Azalmış periapikal basınçta ise mikroorganizma ve değişime uğramış doku proteinleri periapikal alana doğru çekilerek iltihabi cevaba ve şiddetli ağrıya yol açabilir (127).

2.3.1.5. İmmünolojik fenomen

Pulpa, dental çürüğün antijenik bileşenlerine karşı antikorlar üretir. Bu immünglobulinler dentine doğru hareket etme yeteneğine sahiptirler. Dentinde, odontoblast stoplazmasında ve komşu pulpa hücrelerinde IgG, IgM ve IgA'nın varlığı elektron mikroskopuyla tespit edilmiştir. Çürük oluşumundaki bu bakteriyel antijenler ve immünglobulinler immünolojik sistemi aktive ederler (127).

Çeşitli antijen ve kök kanal dolgu maddeleri immün reaksiyonu tetiklemektedir. Antijen antikor kompleksi hücre membran hasarına yol açar ve ardından prostoglandinler meydana gelir. Prostoglandin osteoklastları aktive ederek periapikal bölgede kemik hasarına yol açar. Aktive olan kinin ise ağrıya neden olur. Koruyucu etkilerine rağmen, immünolojik mekanizmalar iltihabın yıkıcı fazında da rol oynamaktadır. Konağa zarar vermesine rağmen immünolojik reaksiyonlar mikroorganizma eliminasyonunda önemlidir (126).

2.3.1.6. Kimyasal medyatörler

Pulpal ve periradiküler dokuların irritasyona maruz kalması iltihaba sebep olur ve iltihabı başlatacak bir grup kimyasal maddenin açığa çıkmasına yol açar. İltihaptaki bu medyatörler plazma veya hücreden kaynaklanabilirler. Açığa çıkan medyatörler arasında vazoaktif aminler, araşidonik asit metabolitleri, platelet aktivasyon faktörü, lizozomal enzimler, sitokinler, nöropeptitler, fibrinolitik peptitler, anafлотоксинler ve kininler yer almaktadır. Bu maddelerin açığa çıkışı ya doğrudan duyu sinirlerinin tepkime eşiklerini düşürerek ya da dolaylı olarak vasküler permeabilityyi arttırıp ödem oluşturarak ağrıya sebep olmaktadır. Ödem sıvı basıncını arttırarak ağrı reseptörlerini uyarır (126).

2.3.2. Tedavi işlemleri

Kök kanal tedavisi sırasında oluşturulan etyolojik faktörler iatrojenik olanlardır. Giriş kavitesinin hazırlanmasından kök kanallarının doldurulmasına kadar her aşamada hastada ağrıya neden olabilecek hatalar yapılabilir.

Farklı çalışmalar sonucu bildirilen bu hataları sıralayacak olursak;

- Yanlış teşhis ya da yanlış diş seçimi
- Giriş kavitesinin prensiplerine uygun bir biçimde açılmaması
- Giriş kavitesinin uzun süre ağız ortamına açık bırakılması
- Pulpanın tamamen uzaklaştırılmaması
- Gözden kaçan bir ya da daha fazla kanal bulunması
- Yetersiz genişletme yapılması
- Taşkın eğeleme ile apikal konstrüksiyonun zarar görmesi
- Enfekte materyalin apekten taşırılması
- İrrigasyon solüsyonunun apikalden taşırılması
- Kanal içinde enfekte kırık alet bırakılması
- Kanal içi dezenfeksiyonda uygun olmayan materyal seçimi
- Kağıt kon ve pamuk lifi gibi yabancı maddelerin irritasyonu
- Mekanik irritasyonun neden olduğu kanamalar
- Yetersiz geçici dolgu uygulaması
- Semptomların devam etmesine rağmen kanalların doldurulması
- Gereksiz seanslar ile kanalın enfekte olma riskinin artırılması
- Travmatik okluzyon
- Taşkın kök kanal dolgusu
- Tam ya da tam olmayan kök kırıklarının gözden kaçırılması
- Çok kısa yapılmış kök kanal dolgusu (127,130).

2.3.3. Hastaya bağlı durumlar

2.3.3.1. Yaş

Bazı araştırmalar sonucunda hastanın yaşı ile flare-up ya da postoperatif ağrı arasında bir ilişki olmadığı belirtilmiştir (131,132). Ancak Torabinejad ve ark tarafından, 20 yaş altındaki ve 80 yaş üstündeki hastalarda flare up görülme oranı azalırken, 20 ve 49 yaş arasındaki hastalarda bu oranın arttığı bildirilmiştir. Bu durumun gençlerin geçmişte dental tecrübelerinin az olması ve fizyolojik olarak ağrıya daha fazla tolere edebilmeleri ile açıklanabileceği belirtilmiştir. 80 yaş üstündeki hastalarda bu oranın düşük olmasını, ciddi iltihabi reaksiyonların oluşmamasına bağlamışlardır (133).

2.3.3.2. Cinsiyet

Bazı araştırmalar kadınlarda flare-up oranının yüksek olduğunu gsterse de (134), birçok çalışma sonucunda cinsiyet ile flare-up arasında istatiksels olarak anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir (131,132).

2.3.3.3. Anksiyete

Anksiyete sonucunda dolaşımdaki kortikosteroid miktarının artması, mikrobiyal yayılmada olumsuz bir durumdur. Kortikosteroidlerin iltihabi yanıtı baskılaması ya da nöroimmünomodülasyon sisteminde aksamalara neden olması reaksiyon sebebi olabilir. Hastalarda tedavi sırasında strese sebep olabilecek konuşma ya da hareketlerden kaçınılması ve ağrı duymalarının engellenmesi önem arz etmektedir (126).

2.4. Postoperatif Ağrının Önlenmesi ve Çözüm Yöntemleri

1) Tedavinin tek seansta tamamlanması: Semptomsuz dişlerin kök kanal tedavilerinin tek ya da birden fazla seanta tamamlanması arasında, postoperatif ağrı açısından fark bulunmamaktadır. Ancak akut apikal apsels dişlerin tedavilerinin birden çok seansta yapılmasının yararlı olabileceği belirtilmiştir (135).

2) Kanal içi medikament kullanımı: Bazı klinik çalışmalarda formokrezol, öjenol, Ledermix ya da kalsiyum hidroksit gibi bir takım medikamentlerin, tedavi sonrası ağrıyı önleme ya da azaltmada etkili olmadığı gösterilmiştir (136,137). Ancak kanal içinde kullanılan steroidler postoperatif ağrıyı azaltabilirler.

3) Diřin okluzyondan dūřürölmesi: Literatürde diřin okluzyondan dūřürölmesinin postoperatif ađrı ile iliřkisi üzerine tam bir fikir birliđi bulunmamaktadır. Fakat ısırma ya da çiđneme esnasında oluřan mekanik hassasiyet, periradiküler bölgede yer alan nöroreseptörlere baskı sonrası meydana geldiđi için, bu tip durumlarda okluzyondan dūřürme postoperatif ađrıyı engellemede etkili olabilir (138).

4) Analjezik Kullanımı: Non-narkotik analjezikler, NSAİ'lar ve asetominofen gibi ilaçlar endodontide tedavi sonrası ağrının azaltılmasında kullanılabilirler (139). NSAİ'ların iltihabi baskılaması ve bu şekilde ağrıyı hafifletmesi beklenir. Bu ilaçların pulpa ve periradiküler ağrı kontrolünde oldukça etkili oldukları bildirilmiştir (140). Mide ülseri ya da hipertansiyon rahatsızlığı bulunan ve NSAİ ile aspirine karşı hassas olan hastalar için asetominofen tercih edilebilir (141).

NSAI ve asetominofen ile ağrı kontrolünün sağlanamadığı durumlarda, narkotik analjezikler ve kombinasyonlarından yararlanılabilir (142).

5) Antibiyotik kullanımı: Apikal periodontitis ve flare-up'tan bakteriler ve bunlara karşı gelişen iltihap sorumlu tutulmaktadır. Bu sebeple postoperatif ağrının önlenmesinde antibiyotiklerin kullanımı düşünülmüştür. Ancak sistemik antibiyotik kullanımının sağladığı yarar hala tartışma konusudur. İmmün rahatsızlığa sahip hastalarda, sistemik belirti ve fasiyal yayılım gösteren enfeksiyon durumlarında antibiyotik tedavisi tercih edilmelidir (126).

6) Drenaj için dişin açık bırakılmaması: Dişin drenaj için açık bırakılması kök kanal sisteminin yeniden enfekte olmasına yol açmaktadır (143). Eski ekole göre pulpa odasının ağız ortamına açık bırakılması savunulurken, günümüzde bu yöntem re-enfeksiyon riski sebebiyle geçerliliğini yitirmiştir.

7) Asepsi koşullarına uyulması: Asepsi, endodontide dikkat edilmesi gereken kuralların başında yer almaktadır. Tedavi boyunca vital dişlerde kök kanallarının enfekte edilmemesi, devital dişlerde ise inatçı enfeksiyonlara yol açılmaması için tam bir asepsi sağlanmalıdır (143). Bu sebeple tükrük izolasyonu için tedavi boyunca rulo pamuk ve tükrük emici kullanmanın dışında, ilgili bölgeye lastik örtü uygulanmalıdır.

8) Lokal anestezi kullanımı: Uzun etkili lokal anestezi kullanımının, uzun süreli anestezi avantajının yanında uzun süreli analjezik etki sağlama gibi bir katkısı da bulunmaktadır (135). Ağrı zincirinin kırılması için duyu sinirlerinin blokajı sağlanmalıdır. Bu şekilde periferik nosiseptif iletim bloke edilerek santral duyarlılaşma ve dolayısıyla postoperatif ağrı azaltılabilmektedir (144). Masoud ve ark, irreversible pulpitisli mandibular molar dişlerde bupivacaine kullanımının, tek seansta kök kanal tedavisi sonrası ağrıyı azaltmada lidocainden çok daha etkili olduğunu bildirmişlerdir (145).

Literatürde Nd:YAG lazerin; dentinin hipersensitivite tedavisi, akupunktur noktalarının hedef alınmasıyla sinirsel iletimin iyileştirilmesi, kaslar üzerinde miyorelaksan etki ve enflamasyonun baskılanması amacıyla kullanılabileceği rapor edilmiştir (146).

Temel mekanizması tam olarak netleşmemiş olsa da; düşük seviyeli (düşük enerji çıkışlı) lazer uygulamasının ağrıyı azaltma, yara iyileşmesini hızlandırma ve enflamasyon sürecinde pozitif etkide bulunma gibi faydaları üzerinde durulmuştur (147). Düşük seviyeli lazerlerin prostoglandin sentezi, fagositoz, nörotransmitterlerin açığa çıkışı, hücre büyüme ve farklılaşması gibi değişimlerden sorumlu olabileceği belirtilmiştir (148).

Kreisler ve ark, yaptıkları randomize klinik çalışmada, düşük seviyeli lazer işleminin endodontik cerrahi sonrasında ağrı üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmaya endodontik cerrahi işlem gerektiren 52 erişkin hasta dahil edilmiştir. Dikiş uygulandıktan sonra, hastaların yarısında operasyon bölgesine 50 mW gücünde 809 nm diyot lazer (GaAlAs) uygulanmış, diğer yarısına ise lazer uygulanmadan simülasyonu yapılmıştır. Hastalardan müdahalenin ardından ilk 7 gün postoperatif ağrı seviyelerini kaydetmeleri istenmiştir. İşlem sonrasında düşük seviyeli lazer uygulamasının, tedavi sonrası ağrıyı azaltmada faydalı olabileceği saptanmıştır (149).

Çalışmalar dikkate alındığında kanaatimiz kök kanallarında lazer uygulamasının postoperatif ağrıyı etkileyebileceği yönündedir. Bunlar düşünülerek bir araştırma planlanmıştır. Çalışmadaki amacımız kök kanal tedavisinde Nd:YAG ve 940 nm diyot lazerin postoperatif ağrı üzerine etkisinin incelenmesidir.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Çalışma Prosedürü

Çalışma öncesi çalışmadan elde edilecek verilerin kullanılabilir ve değerlendirilebilir olması için ‘Power Analizi’ yapıldı.

Güç analizi: İki yöntem arasında DeltaE değerleri bakımından $2\pm 2,9$ birimlik farkın istatistiksel olarak anlamlı çıkması beklentisi için gerekli minimum örnek genişliği $\alpha=0,05$, testin gücü $(1-\beta)$ 0,80 iken her grupta 34 olarak hesaplandı.

Çalışmamız Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı kliniğine başvuran bireyler üzerinde gerçekleştirildi.

Gaziantep Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu’nun 03.12.2013 tarihli toplantısında, 423 protokol numarası ile ‘Kök Kanal Tedavisinde Nd:YAG ve Diyet Lazerin Post Operatif Ağrı Üzerine Etkisi’ başlıklı tez çalışmamız, etik kurul onayı almıştır.

Çalışmamızda kriterlere uygun bulunan ve dahil edilmesine karar verilen olguların gruplara dengeli olarak dağıtılabilmesi ve yanlılığın önlenmesi amacıyla olguların randomizasyonu MedCalc Version 14.10.2 paket programı yardımıyla bilgisayar temelli atama listesi oluşturularak yapıldı (MedCalc Software bvba, Ostend, Belçika). Consort 2010 Kılavuzuna uygun bir biçimde de akış diyagramı hazırlanmıştır.

Çalışmamızda kontrol grubu ile iki farklı dalga boyunda lazer tekniği uygulanan gruplardaki hastaların, kök kanal tedavilerinin tamamlanmasının ardından postoperatif ağrı düzeyleri ‘Görsel Analog Skala’ ile 3 gün boyunca takip edildi.

3.1.1. Çalışmaya katılan olguların seçim kriterleri

Çalışmamız kök kanal tedavisi endikasyonu olan, vital veya devital, periapikal lezyonlu veya lezyonsuz tek köklü dişlere sahip 102 hasta üzerinde yapıldı. Olgular Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi ilk muayene kliniğine gelen hastalar arasından tek bir araştırmacı tarafından seçildi. Olguların seçimi aşağıda verilen kriterlere göre yapıldı.

3.1.2. Dahil etme kriterleri

Sistemik kriterler

- 1.Çalışmaya katılan bireylerin herhangi bir sistemik hastalığının olmaması
- 2.Bütün ırk ve cinsiyetler
- 3.18-50 yaş arası

Diş ve çevre dokulara ait kriterler

- 1.Alt ve üst çenede tek kök ve tek kanallı canlı ve cansız dişler
- 2.Akut dentoalveolar apse ya da periodontal problemin olmaması

3.1.3. Dahil etmeme kriterleri

Sistemik kriterler

- 1.Hamilelik
- 2.Son 10 gün içerisinde antibiyotik kullanımı
- 3.İmmünespresif tedavi

Diş ve çevre dokulara ait kriterler

- 1.Daha önceden kök kanal tedavisi görmüş dişler
- 2.10 mm den büyük periapikal lezyona sahip dişler
- 3.Travmaya uğramış dişler
- 4.İleri derecede periodontal probleme sahip dişler
- 5.İleri derecede kanal içi kalsifikasyona sahip dişler
- 6.İnternal ya da eksternal kök rezorbsiyonuna sahip dişler

3.1.4. Hastaların tedavi öncesi kayıtları

Kök kanal tedavisine karar verilen hastaların radyografik ve klinik değerlendirmeleri yapılarak, bulgular hazırlanan formlar üzerinde kaydedildi.

3.1.5. Klinik tedavi protokolü

Çalışmamıza dahil edilen tüm hastalara uygulama öncesinde, tedavi protokolü ve sonuçları açıkça anlatılarak onam formları üçüncü bir kişinin gözetimi altında imzalatıldı.

3.1.5.1. Grup 1:Kontrol grubu klinik uygulama

Hastalara % 4'lük 1/100.000 mg/ml epinefrin hidroklorid içeren (Ultracain DS; Aventis Pharma, İstanbul, Türkiye) artikain anestezik solüsyon ile infiltratif anestezi yapıldı. Dişler rubber-dam ile izole edildikten sonra %30'luk hidrojen peroksit ile silinerek dezenfekte edildi. Mevcut kuronal restorasyonlar, aeratör üzerine takılan steril 014 no'lu

rond ve 012 no'lu fissür frezler (Hahnenkratt GmbH, Königsbach-Stein, Almanya) ile su soğutması altında uzaklaştırıldı. Kavitedeki çürükler 014 no'lu çelik rond frezler (Maillefer, SA CH-1338, Ballaigues, İsviçre) ile tamamen temizlendi. Kuronal bütünlüğü bozulmuş dişlerde, pulpa odasına küçük bir nemli pamuk parçası yerleştirilerek ve matris uygulanarak kompozit rezin dolgu maddesi ile restore edildi. Bu şekilde rubber dam kolaylıkla uygulanarak izolasyon sağlanmış oldu. Daha sonra dişlere endodontik giriş kavitesi açıldı.

Giriş kavitesinin tamamlanmasının ardından, foramen apikaleye K tipi uygun bir kanal eğesi (Diadent, Burnaby, Kanada) yerleştirilerek, elektronik apeks bulucu (Root ZX; J.Morita, Tokyo, Japonya) yardımıyla çalışma uzunluğu belirlendi. Eğenin pozisyonu değiştirilmeden 2 farklı açıdan paralel teknikle alınan radyografi ile doğrulandı.

Revo-S™ döner alet sisteminin sırasıyla SC1, SC2 ve SU eğeleriyle (Micro-Mega, Besancon, Fransa) kök kanal preparasyonu gerçekleştirildi (Resim 3.1.). Eğeler, Dentsply X-Smart endodontik motora (Dentsply, Maillefer, İsviçre) (Resim 3.2.) bağlı angldrüva ile 0,8 N.cm tork değerinde, dakikada 250-400 arası tur yapacak biçimde kullanıldı. Şekillendirme sırasında, üretici firmanın tavsiyelerine uyuldu.

#25 ve 0,06 açılı SC1 eğesi, serbestçe ilerleyecek biçimde, baskı oluşturmadan, yavaş ve tek bir hareketle apikal yönde çalışma boyunun üçte ikilik kısmına kadar kullanıldı. #25 ve 0,04 açılı SC2 eğesi kullanılarak, ilerleyici 3 dalga hareketiyle (yukarı aşağı) çalışma boyuna kadar eğeleme yapıldı. #25 ve 0,06 açılı SU eğesi ise serbestçe ilerleyecek biçimde, baskı oluşturmadan, yavaş ve tek bir hareketle ve apikal yönde çalışma boyuna kadar kullanıldı.

Geniş kanallarda paslanmaz K ve H tipi çelik eğeler (Diadent, Burnaby, Kanada) kullanılarak step-back tekniği uygulandı. Çalışmamızda tedavinin her aşaması aynı hekim tarafından yapıldı ve her üç grupta da kanal eğeleri yalnızca bir kez kullanıldı.

Her bir ege değişiminde kök kanalları 0,4 mm çapında 27 gauge dental şırınga (Ayset Medikal, Adana, Türkiye) kullanılarak %2,5'lük toplam 2 ml NaOCl solüsyonu (Werax, Spodental, İzmir, Türkiye) ile yıkandı. Final irrigasyonu için 1 dakika boyunca 2 ml %2,5'lük sodyum hipoklorit, 1 dakika boyunca 2 ml % 17'lik EDTA (EdiTac, Kemiger Dental, Ankara, Türkiye) ve takiben 2 ml distile su kullanıldı.

Şekillendirmenin tamamlanmasının ardından kök kanalları paper point (Diadent, Grup International Inc, Kore) kullanılarak kurulandı.

Kök kanalları gutta perka (Diadent, Grup International Inc, Kore) ve kanal dolgu patı (Endoplus, President Dental, Duisburg, Almanya) yardımı ile lateral kondensasyon tekniğine uygun olarak dolduruldu.

Kompozit rezin dolgu maddesi (Filtek z250, 3M ESPE, St Paul, MN, ABD) ile kural restorasyon tamamlandı.



Resim 3.1. Revo-S eğe seti



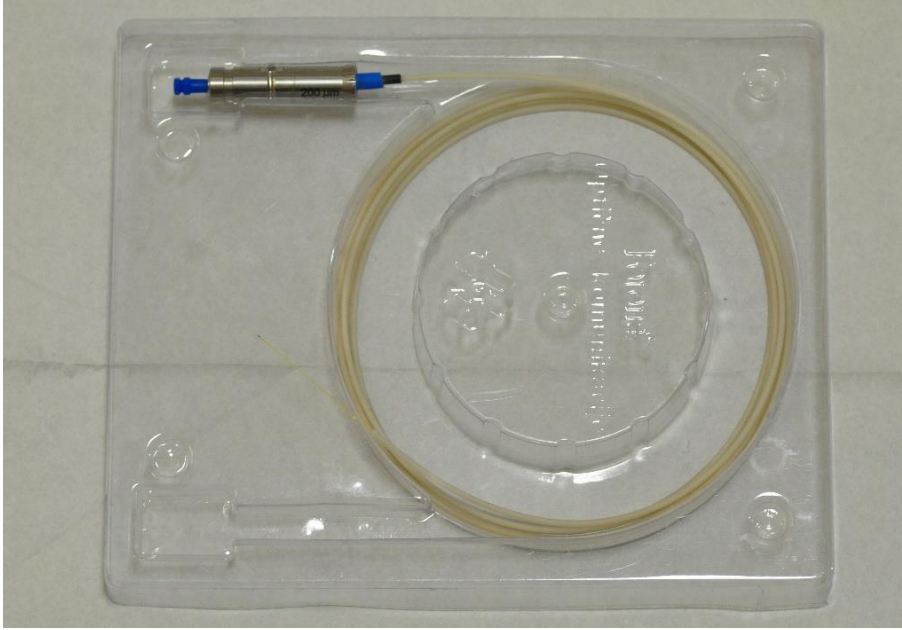
Resim 3.2. Dentsply X smart endodontik motor

3.1.5.2. Grup 2:Nd:YAG lazer grubu klinik uygulama

Kök kanal tedavisi kontrol grubunda olduğu gibi uygulandı. Kök kanal dolumu öncesi, 1064 nm dalga boyuna sahip Nd:YAG lazer (Fotona, Ljubljana, Slovenya) 200 µm fiber optik uç (Resim 3.4.) ile uygulandı. Parametreler 1,5 W enerji çıkışı, 100 mj/pulse, frekansı 15 Hz değerlerinde ayarlanarak, saniyede 2 mm geri çekecek şekilde duvarlara temas ederek ve spiral hareketlerle kanal boyunca uygulandı (Resim 3.3.). İşlem 5 sn ara verilerek 4 kez tekrarlandı.



Resim 3.3. Nd.YAG lazer cihazı



Resim 3.4. Nd:YAG lazer için kullanılan 200 µm çapındaki fiber optik uç

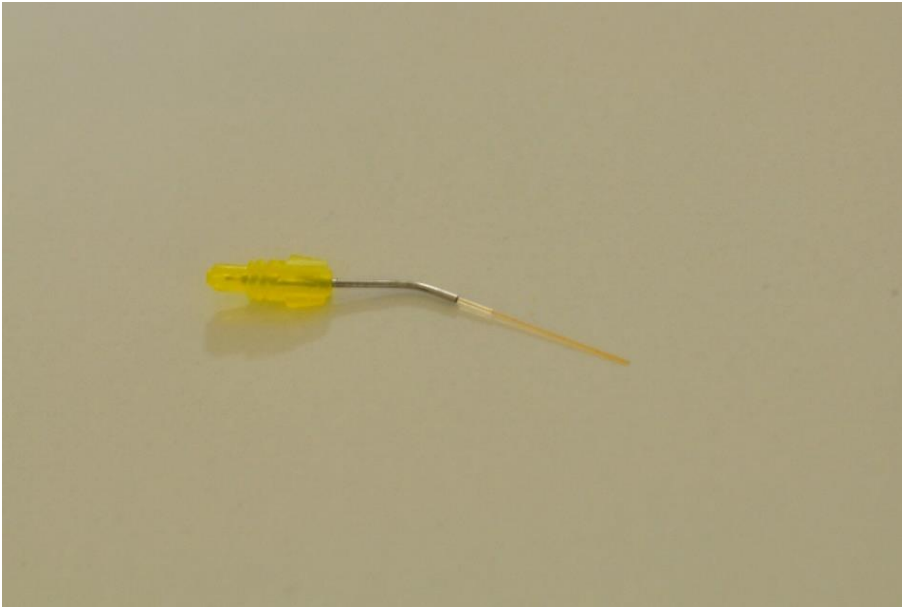
3.1.5.3. Grup 3: Diyet lazer grubu klinik uygulama

Kök kanal tedavisi kontrol grubunda olduğu gibi uygulandı. Kök kanal dolumu öncesi, 940 nm dalga boyuna sahip diyet lazer (iLase, Biolase, Irvine, CA, ABD) 200 µm çapındaki tek kullanımlık fiber optik uç (Resim 3.6.) ile uygulandı. Parametreler 1 W, CW modunda (Resim 3.5.) saniyede 2 mm geri çekecek şekilde ve kanal duvarlarına

temas ederek spiral hareketlerle kanal boyunca uygulandı. İşlem 5 sn ara verilerek 4 kez tekrarlandı.



Resim 3.5. 940 nm Diyot lazer cihazı

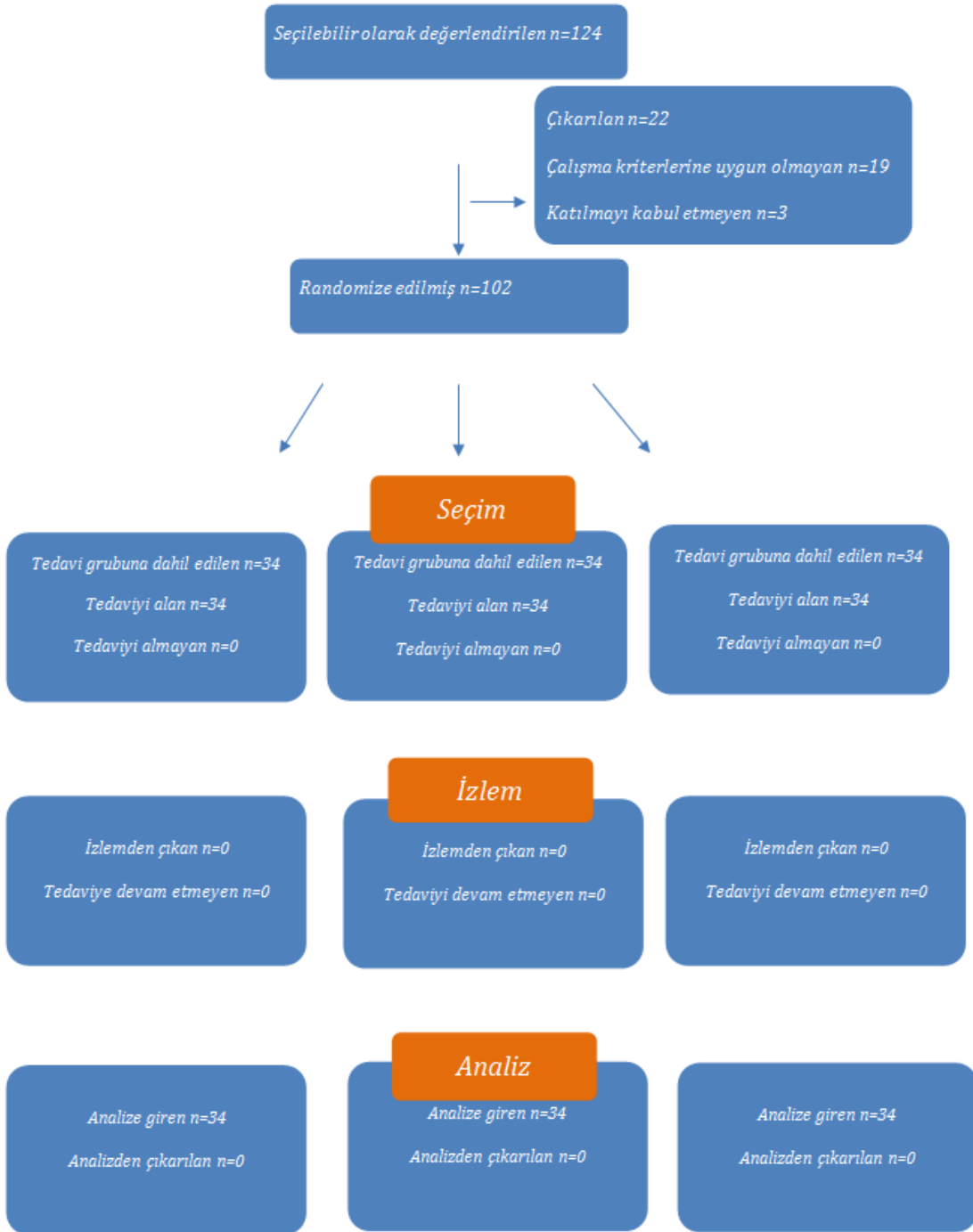


Resim 3.6. 940 nm Diyot lazer için kullanılan 200 µm çapındaki fiber optik uç

Preoperatif ve postoperatif ağrı değerlendirmesi; horizontal Görsel Analog Skala kullanılarak yapıldı. Bu skalada en alt değer olan (0) ağrının olmadığını, en yüksek değer olan (10) çok şiddetli ağrı olduğunu, 1 ve 3 arası değişen değerler hafif, 4 ve 6 arası değişen değerler orta, 7 ve 9 arası değişen değerler ise şiddetli derecede ağrıyı tanımlamaktadır (139). Çalışmamıza dahil olan hastalara VAS skalasının ne olduğu, nasıl ve hangi zaman dilimlerinde kullanmaları gerektiği açıkça anlatıldıktan sonra kendilerinden uygun olan işaretlemeleri yapmaları istendi. Hastalardan VAS üzerinde, tedaviye başlamadan önce hissettikleri ağrı değerini hekimin gözetimi altında kaydetmeleri istendi. Hastaların 3 günlük periyot içerisinde saptanan gün ve saatlerde, postoperatif ağrı seviyelerini kaydedecekleri ayrıntılı bir form hazırlanarak, işaretlenmek üzere hastalara teslim edildi.

3.2. İstatiksel Değerlendirme

Sürekli değişkenlerin normal dağılıma uygunluk kontrolünde Kolmogorov Smirnov testi kullanıldı. Normal dağılıma sahip olmayan ölçümlerin 2 bağımsız grubun karşılaştırmasında Mann Whitney U testi kullanıldı. Normal dağılıma sahip değişkenlerin 2'den fazla bağımsız grup karşılaştırmasında ANOVA testi, normal dağılıma sahip olmayan değişkenler için Kruskal Wallis testi kullanıldı. Oranların bağımlı gruplarda karşılaştırılmasında McNemar testi kullanıldı. Tekrarlanan ölçümler arasındaki karşılaştırmalarda Friedman testi kullanıldı. Kategorik değişkenler arasındaki ilişkilerin test edilmesinde Ki-kare testi kullanıldı. Tanımlayıcı istatistik olarak ortalama±std.sapma/medyan[25-75] değerleri verildi. İstatistiksel analizler için SPSS for Windows version 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) paket programı kullanıldı ve $p<0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.



Şekil.4.CONSORT akış diyagramı

4. BULGULAR

Çalışmamızda 54'ü kadın 48'i erkek toplam 102 hasta yer aldı. Gruplar arasında cinsiyet dağılımı Ki-kare testi ile istatistiksel açıdan değerlendirildi ve anlamlı bir fark bulunmadı. ($p>0,05$). Gruplar arası cinsiyet dağılımı Tablo 1'de gösterildiği gibidir.

Tablo.1. Gruplar arası cinsiyet dağılımı

		Grup				
		Kontrol	Nd:YAG	Diyot	Toplam	
Cinsiyet	Kadın	Sayı	19	15	20	54
		Yüzde	55,9%	44,1%	58,8%	52,9%
	Erkek	Sayı	15	19	14	48
		Yüzde	44,1%	55,9%	41,2%	47,1%
Toplam	Sayı	34	34	34	102	
	Yüzde	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Çalışmamızda 55'i vital 47'si non-vital olmak üzere toplam 102 dişe kök kanal tedavisi yapıldı. Gruplar arasında pulpa vitalitesi Ki-kare testi ile istatistiksel açıdan değerlendirildi ve anlamlı bir fark saptanmadı ($p>0,05$). Gruplar arası vitalite dağılımı Tablo 2'de gösterildiği gibidir.

Tablo.2. Gruplar arası pulpa vitalitesi dağılımı

			Grup			
P=0.758			Kontrol	Nd:YAG	Diyot	Toplam
Vitalite	Non-vital	Sayı	16	17	14	47
		Yüzde	47,1%	50,0%	41,2%	46,1%
	Vital	Sayı	18	17	20	55
		Yüzde	52,9%	50,0%	58,8%	53,9%
Toplam	Sayı	34	34	34	102	
	Yüzde	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Çalışmamıza 18-50 yaş grubundaki hastalar dahil edildi. Gruplardaki yaş dağılımı Tablo 3'te gösterildiği gibidir. Gruplar arasında yaş dağılımı istatistiksel olarak ANOVA testi ile değerlendirildi ve anlamlı bir fark bulunmadı ($p=0,613$).

Tablo.3. Gruplar arası yaş dağılımı

Yaş	N	Ortalama	Std. Sapma
Kontrol	34	33,853	9,7674
Nd:YAG	34	32,941	9,3321
Diyot	34	35,206	9,2990
Toplam	102	34,000	9,4209

Alt ve üst çene arasında ağrı insidansı Mann Whitney U testi ile istatistiksel olarak değerlendirildi. Diş lokalizasyon frekansları Tablo 4'te gösterildiği gibidir. Çeneler arasında tedavi öncesi ağrı değerleri karşılaştırıldığında aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu. Alt çenede üst çeneye oranla daha fazla ağrı olduğu görüldü ($p<0,05$). Çeneler arasında 12, 24, 48 ve 72. saatlerdeki postoperatif ağrı karşılaştırıldığında ise aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p>0,05$). Çenelere göre tekrarlanan

ağrı ölçümlerinin karşılaştırılması Tablo 5'te gösterildiği gibidir (Ağrı 0: Başlangıç ağrısı).

Tablo.4. Diş lokalizasyon frekansları

		Sayı	Yüzde
Valid	Üst çene	53	52,0
	Alt çene	49	48,0
	Total	102	100,0

Tablo.5. Üst ve alt çeneye göre tekrarlanan ölçümlerin karşılaştırılması medyan[25-75]

	Üst çene(n=53)	Alt çene(n=49)	P
Ağrı 0	0[0-1,5]	1[0-6]	0,006*
Ağrı 12	0[0-2,5]	0[0-2]	0,965
Ağrı 24	0[0-1]	0[0-0,5]	0,290
Ağrı 48	0[0-0]	0[0-0]	0,484
Ağrı 72	0[0-0]	0[0-0]	0,324

Üç grupta ağrı ölçümleri Kruskal Wallis testi ile istatistiksel olarak değerlendirildi ve gruplar arasında anlamlı bir farklılık saptanmadı. Tekrarlanan ölçümlerin gruplar içindeki karşılaştırılması Tablo 6'da gösterildiği gibidir.

Tablo 6. Tekrarlanan ölçümlerin gruplar içinde karşılaştırılması medyan[25-75]

	Kontrol grubu	Nd:YAG grubu	Diyot grubu	P
	<i>Kontrol (n=34)</i>	<i>Nd:YAG (n=34)</i>	<i>Diyot (n=34)</i>	
Ağrı 0	1[0-3]	0[0-1,25]	0[0-4,5]	0,296
Ağrı 12	0,5[0-3]	0[0-2]	0[0-3,25]	0,549
Ağrı 24	0[0-1]	0[0-0]	0[0-1,25]	0,115
Ağrı 48	0[0-0,25]	0[0-0]	0[0-1,25]	0,062
Ağrı 72	0[0-0]	0[0-0]	0[0-0]	0,230

Üç gruba ait postoperatif ağrının ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 7’de gösterildiği gibidir. Her üç grupta da, kök kanal tedavisi sonrası en fazla hissedilen ağrı değerleri tedaviden 12 saat sonra meydana gelmiştir. İlerleyen zaman dilimlerinde ise ağrı değerleri azalma eğilimindedir.

Tablo.7. Postoperatif ağrının ortalama ve standart sapma değerleri

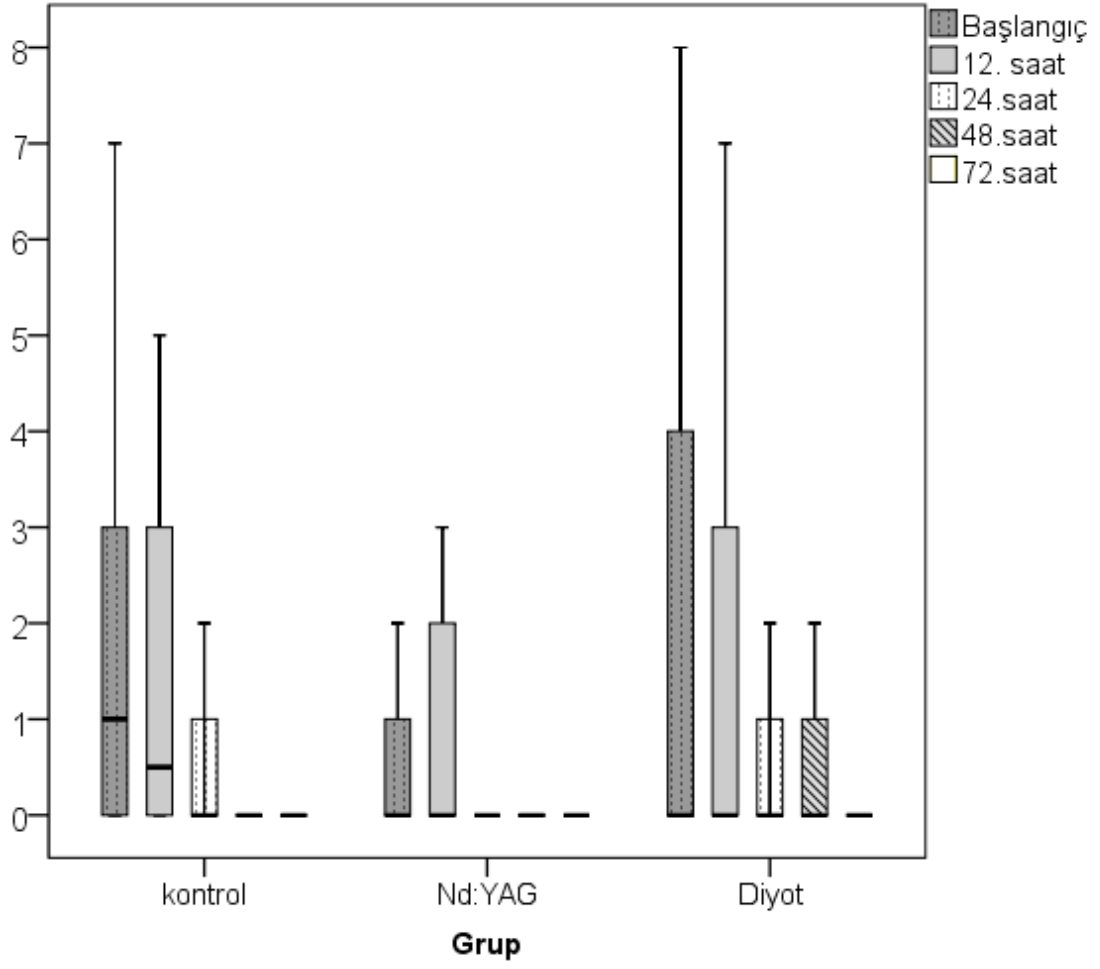
	Kontrol grubu		Nd:YAG grubu		Diyot grubu	
	<i>Kontrol (n=34)</i>		<i>Nd:YAG (n=34)</i>		<i>Diyot (n=34)</i>	
Süre	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS
0 s	2,147	2,9862	1,324	2,5551	1,971	3,0200
12 s	1,647	2,3340	0,941	1,3913	1,706	2,5528
24 s	0,853	1,7431	0,294	0,7190	1,206	2,1146
48 s	0,618	1,3487	0,176	0,8694	0,971	1,8665
72 s	0,471	1,2848	0,147	0,6096	0,529	1,3537

Grup içi farklı zaman karşılaştırmaları Freidman testi ile istatistiksel olarak değerlendirildi ve her üç grupta da ortalama ağrı değerleri arasındaki farkın en fazla 0 ile 72. saatler arasında meydana geldiği görüldü. Kontrol grubunda 0-24, 0-48, 0-72, 12-24, 12-48, 12-72, Nd:YAG grubunda 0-48, 0-72, 12-48, 12-72, diyet grubunda ise 0-72, 12-48, 12-72. saatler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu.

Tablo.8. Grup içi farklı zaman karşılaştırmaları ortalama ağrı değerleri arasındaki farklar

	Kontrol grubu		Nd:YAG grubu		Diyot grubu	
	<i>Kontrol (n=34)</i>		<i>Nd:YAG (n=34)</i>		<i>Diyot (n=34)</i>	
	Ort. fark	P	Ort. fark	P	Ort. Fark	P
0-12s	0,500	0,939	0,383	0,939	0,265	0,421
0-24s	1,294	0,032*	1,030	0,092	0,765	0,591
0-48s	1,529	0,005*	1,148	0,029*	1,000	0,145
0-72s	1,676	0,003*	1,177	0,032*	1,442	0,038*
12-24s	0,794	0,038*	0,647	0,078	0,500	0,180
12-48s	1,029	0,006*	0,765	0,024*	0,735	0,024*
12-72	1,176	0,004*	0,794	0,026*	1,177	0,004*
24-48s	0,235	0,490	0,118	0,618	0,235	0,357
24-72s	0,382	0,399	0,147	0,645	0,677	0,125
48-72s	0,147	0,878	0,029	0,969	0,442	0,539

Şekil 5’deki box grafiğinde, gruptaki minimum ve maximum ağrı değerleri ile medyan[25-75] değerleri açıkça gösterilmiştir.



Şekil.5.Gruplar ve zamana bağlı ağrı ölçümlerinin karşılaştırma grafiği medyan[25-75]

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Kök kanal tedavisinde temel amaç, kron ve kök pulpasının çıkarılmasının ardından, kök kanal sisteminin mikroorganizmalardan, organik ve inorganik artıklardan mekanik ve kimyasal olarak temizlenmesi ve apikalden koronale kadar üç boyutlu olarak sızdırmaz bir şekilde doldurulmasıdır.

Kök kanal sistemini etkili bir biçimde tedavi etmek amacıyla endodonti alanında çeşitli materyaller kullanılmaktadır. Araştırmacılar tedavi kalitesini arttırmak ve klinik çalışmaya olanak sağlamak amacıyla yıllardır yeni teknikler bulmaya çalışmaktadırlar.

Teknolojik gelişmeleri takiben lazer uygulamaları, diş hekimliğinde oldukça popüler hale gelmiş, endodontide de kendine geniş yer bulmuştur (5). Endodonti alanında lazerler pulpa vitalite testi, vital pulpa tedavileri, kök kanallarının şekillendirilmesi ve dezenfeksiyonu, gutta perkanın kök kanallarından uzaklaştırılması gibi birçok amaçla kullanılmaktadır (6).

Son zamanlarda endodontik tedavilerde Nd:YAG lazere olan ilgi artmış ve kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Diğer lazer tiplerine göre daha kısa dalga boyuna sahip olmasından dolayı sert dokular tarafından absorpsiyonu daha azdır ve bu sebeple daha az ısı oluşturmaktadır (150). Aynı zamanda ince fiber optik ucu sayesinde kök kanalı içerisindeki hareketi rahatlıkla kontrol edilebilmektedir. Bu özelliklerinin dışında Nd:YAG lazer, antibakteriyel etkinliği sebebiyle de üzerinde en çok durulan lazer tiplerinden biri olmuştur (151).

Kompakt yapıya sahip olan diyet lazerler ise ucuz ve taşınabilir olmaları sebebiyle diş hekimleri tarafından sıklıkla tercih edilmektedirler.

Başlangıçta kullanımı yumuşak doku ile sınırlı olan diyet lazerlerin, sonraki zamanlarda endodonti alanında da etkinliğini gösteren çalışmalar literatürde yerini almıştır (87,152,153). Birçok çalışma Nd:YAG ve diyet lazerin dezenfeksiyon amacıyla kullanıldığında, derin dental dokulara penetrasyonlarının irrigasyon solüsyonlarından çok daha iyi olduğunu göstermiştir (83,89).

Bu bilgiler ışığında çalışmamızda dezenfeksiyon amacıyla, geleneksel kök kanal irrigasyonuna ilaveten kök kanallarına Nd:YAG ve diyet lazer uygulaması yapıldı.

Endodontik tedavinin ardından sıklıkla karşılaşılan problemlerden bir tanesi postoperatif ağrıdır. Kök kanal tedavisi sonrası bu ağrıların hissedilmesi, hem hasta hem de hekim tarafından istenmeyen bir durumdur. Rapor edilen postoperatif ağrı insidansı %3 ile %58 arasında değişmektedir (124). Modern endodontide, en iyi biyolojik tedavinin uygulanmasıyla birlikte, hastanın tedavi sırasında ve sonrasında ağrı duymamasını sağlamak çok önemlidir (138). Bu sebeple son yıllarda postoperatif ağrının meydana gelme sebepleri ve kontrol altına alınma konusu çok sayıda endodontistin ilgisini çekmektedir. Postoperatif ağrının derecesi, randevu sayısı, dişin lokalizasyonu, tedavi prosedürleri, preoperatif ağrı varlığı, pulpa vitalitesi, kullanılan medikament tipine, bağlı olarak değişebilir (154).

Araştırmacılar kanal tedavisinde işlem sonrası ağrıya neden olabilecek her bir aşama ve kullanılan her bir farklı materyal üzerinde çalışmaktadırlar. Lazerlerin etkili bakteri eliminasyonu ve çok daha hızlı bir biçimde doku iyileşmesine olanak sağlamalarından ötürü, araştırmalara dahil edilmeleri önem arz etmektedir. Literatürde lazerlerin endodontide postoperatif ağrı üzerine etkisini gösteren az sayıda araştırma bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmamızda kök kanal tedavisinde Nd:YAG ve diyet lazerin postoperatif ağrı üzerine etkisini değerlendirmeyi amaçladık.

Postoperatif ağrıya sebep olabilecek birçok faktör bulunmaktadır (125). Bunlar içerisinde en önemlisi kök kanal tedavisi sırasında yapılan işlemlere bağlı olarak ortaya çıkan operatif hatalardır (127,131).

Kök kanal şekillendirmesi sırasında kök ucundan dışarı taşan artık maddeler, özellikle nekrotik artık ve mikroorganizma içeriyorsa periapikal enflamasyonun başlamasına sebep olurlar. Bunun neticesinde de postoperatif ağrıdan, flare-up oluşumuna kadar devam edebilen bir periapikal reaksiyon oluştururlar (127,133). Redy ve ark yaptıkları bir çalışmada step-back tekniği ile apikalden taşan debris miktarının, NiTi rotary enstrümanlardan önemli derecede fazla olduğunu bildirmişlerdir (155). Al Omari ve arkadaşları da aynı şekilde crown-down tekniğinde apikalden çıkan madde miktarının, step-back tekniğinden çok daha az olduğunu belirtmişlerdir (156). Bu tez çalışmasında santral ya da kanin gibi dişlerin kanalları geniş olduğundan ve rotary sistemlerle geniş

kanallarda tüm yüzeylere yeterli temas sağlanamamasından dolayı Torabinejad ve ark nın çalışmasına benzer bir biçimde rotary enstrümanlarla birlikte, klasik preparasyon tekniğinin kombine kullanımından faydalanıldı (157).

Endodonti uzmanları kök kanal tedavilerinin tek seansta mı veya çok seansta mı yapılmasının komplikasyon riskini azaltması yönünde daha iyi olduğu konusunda görüş birliğine varamamışlardır (158). Yapılan bir araştırmaya göre; çok seansta bitirilen tedavilerde, tek seansa oranla daha fazla postoperatif ağrı görülmektedir (159). Birçok çalışma sonucunda ise, çok seansta yapılan kanal tedavilerinin sonunda da tek seanslı tedavilere benzer sıklıkta ve yoğunlukta postoperatif ağrı olduğu bildirilmiştir (131,160–162). Bizim çalışmamızda kök kanal tedavilerinin tamamı tek seansta tamamlandı.

Kök kanal tedavilerinde kısa ve uzun dönem sonuçlarının değerlendirileceği araştırmalarda, olguların çalışmaya dahil edilme kriterleri ve yöntem, sonuçları etkileme özelliğine sahiptir (154). Bu çalışmaya dahil edilecek bireylerin seçimi tek bir hekim tarafından önceden saptanan klinik ve radyolojik kriterlere göre gerçekleştirilmiştir. Randomize kontrollü çalışmalar, kanıt değeri yüksek olan, klinik kararları doğrudan etkileyen farklı tedavi yöntemlerinin etkinliklerini araştıran çalışmalardır. Bu çalışmalar kanıta dayalı tıp kapsamında oldukça önemli bir yer teşkil etmektedir. Randomize kontrollü çalışmalar çalışma metodunun ileriye yönelik olması, farklılığa neden olabilecek diğer etkenlerin ve yanlılığın kontrol altına alınarak en aza indirgenebilmesi açısından değerlidir. Bu sebeple güvenilir ve geçerli karşılaştırmalar yapabilmek için en uygun yöntemlerdir (163).

Torabinejad ve ark kök kanal tedavisinde MTAD kullanımının postoperatif ağrıya olan etkisini inceledikleri çalışmada, 18 yaş altında olan, sistemik rahatsızlık sebebiyle düzenli ilaç kullanan, allerji hikayesi olan hastaları, hamile bayanları ve retreatment endikasyonu olan hastaları araştırmaya dahil etmemişlerdir. Bizim araştırmamızda bu kriterlere ilave olarak 50 yaş üstü, tedavi sonuçlarını etkileme olasılığı olan sistemik olarak immüsupresif tedavi gören hastalar, derin cep ve furkasyon lezyonu olan, kök rezorbsiyonu mevcut olan, travmaya uğramış dişler de çalışmaya dahil edilmedi (157).

Tedavi öncesi ağrı semptomu olan hastalarda, postoperatif ağrı oluşma riskinin yüksek olduğunu gösteren birçok çalışma bulunmaktadır (131,161,164–166). Segura ve ark irreversible pulpitis ve akut apikal periodontitisli hastalarda, nekrotik pulpalı ve kronik apikal periodontitisli hastalara göre postoperatif ağrı seviyelerinin önemli derecede fazla olduğunu ifade etmişlerdir (167). Bazı araştırmacılar ise preoperatif ağrı ile postoperatif ağrı arasında bir bağlantı bulamamışlardır (168,169). Pascualini ve ark Glide Path uygulamasında mekaniksel (NiTi Rotary PF) ile manuel (paslanmaz çelik K file) eğe tekniğinin kullanımının ardından oluşan postoperatif ağrıyı inceledikleri çalışmada semptomatik veya asemptomatik irreversible pulpitisli, nekrotik pulpalı (periapikal lezyonlu ya da lezyonsuz) dişleri çalışmalarına dahil etmişlerdir (170). Biz de aynı şekilde semptomlu veya semptomsuz, vital veya devital dişleri çalışmamıza dahil ettik.

Film tutucu ve apareyler yardımı ile uygulanan paralel tekniğin, klinisyenler için dişin gerçek boyutuna en yakın görüntülerin elde edildiği periapikal radyografi tekniği olduğu belirtilmiştir (171). Bizim çalışmamızda da işlemler sırasında alınan tüm radyografiler paralel teknik kullanılarak elde edildi.

Endodontik tedavinin başarısı, bakteriyel biyofilm artıklarının yaşamasına veya ürünlerini periyodonsiyuma göndermesine olanak tanımayan tedavilere, başarılı bir kök kanal dolgusuna bağlı olduğu gibi, kurulan bu sistemin devamlılığını sağlayan kuronal restorasyonun kalitesine de bağlıdır. Dolgu maddesinin ağız ortamına açılması, tıkanmanın bozularak boşluklar meydana getirmektedir. Ağız boşluğundan gelen sıvılarla kök kanalının kontaminasyonu sonrası periapikal bölgede enfeksiyonun başlamasına sebep olmaktadır (172). Ray ve Trope apikal periodontal sağlıkta kuronal onarımın teknik niteliğinin, endodontik tedavinin kusursuzluğundan daha önemli olduğunu ileri sürmüşlerdir (173). Benzer bir şekilde birçok araştırmacı, kuronal restorasyonun önemine vurgu yapmıştır (174,175). Kök kanalına difüze olan bakteri ve bakteri ürünleri enflamasyona neden olurken, kök kanalında tükrüğün varolması, buradaki mevcut inatçı mikroorganizmaların beslenmesi için uygun bir ortam oluşturmaktadır (176). Biz de çalışmamızda tedavi esnasında ve sonrasında kuronal mikrosızıntıyı engellemek amacıyla, kuronal harabiyeti çok fazla olan dişlerde, çürüğü tamamen temizleyerek, kompozit rezin dolgu maddesi ile üst restorasyonu şekillendirdik.

%1 ile %5,25 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılan NaOCl antimikrobiyal özelliğe sahip bir irrigasyon solüsyonudur (99). Ancak yüksek konsantrasyonlarda kullanıldığı zaman periapikal dokularda toksik etki gösterdiği bildirilmiştir (100). Bu çalışmada NaOCl'in yeterli antimikrobiyal etki yaratırken sitotoksisite açısından daha güvenli bir konsantrasyonu olan %2,5 tercih edildi.

Fiziksel ve psikolojik birçok faktörden etkilenebilen ağrı, subjektif bir algı olduğundan dolayı ağrı ölçümü yapılırken hatalı değerler elde etme ihtimali yüksektir. Endodontik tedavi sonrası postoperatif ağrıyı değerlendirmek için birçok farklı skala ve metotdan yararlanılmaktadır (164,177). Yapılan birçok çalışmada gösterilmiştir ki Görsel Analog Skala (VAS), ağrıyı ölçmede güvenilir ve geçerliliği olan bir skaladır (178).

Yoldaş ve ark (2008), Almeida ve ark (2012) postoperatif ağrıyı inceledikleri in vivo çalışmalarında ağrıyı ölçerken 4 sınıflandırma (1:ağrı yok 2:hafif ağrı 3:orta şiddette ağrı 4:çok şiddetli ağrı) yapmışlardır (154,179). Bazı araştırmacılar ise VAS'ı 0'dan 10'a kadar olan bir cetvel şeklinde kullanarak ağrı skorlamasını yapmışlardır (139,180). Bizde çalışmamızda VAS'ı 0'dan 10'a kadar olan bir cetvel şeklinde kullanarak ağrı skorlamasını yaptık.

Endodontik tedavi sonrası ağrının incelendiği çalışmalarda 6, 12, 24, 48, 72 saat ve 7 gün gibi zaman dilimleri ile çeşitli deney periyotları oluşturulmuştur (145,179). Bizim çalışmamızda benzer bir şekilde zamana bağlı değerlendirme yapabilmek amacı ile tedavinin ardından ilk 12, 24, 48, 72 saat içinde ağrı ölçümleri yapıldı. Tedaviler tek seansta bitirildiği için ölçümlere Ca(OH)₂'in optimum bekleme süresi olan 7.gün dahil edilmedi.

EDTA, endodontide esas olarak smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla kullanılan bir şelasyon ajanıdır. Günümüzde geleneksel yıkama protokolünde organik çözücü olan NaOCI, inorganik çözücü özelliği olan EDTA gibi bir ajanla birlikte kullanılmaktadır (181). Çalışmamızda her iki ajandan da faydalanıldı.

Endodontide Nd:YAG lazerler dezenfeksiyon, kök kanalının şekillendirilmesi, sert doku yüzeylerinin eritilmesi, dentin geçirgenliğinin azaltılması ve smear tabakası ile debrisin uzaklaştırılması gibi amaçlarla kullanılmıştır (151,182–184).

Kök kanallarının karmaşık anatomik yapısı göz önüne alındığında, Nd:YAG lazerlerin esnek ve çok ince olan fiber optik ucunun apikal bölgeye kolaylıkla ilerleyebilmesi bir avantaj olarak düşünülebilir. Bu nedenle çalışmamızda lazer iletimi için 200 µm çapındaki fiber optik uçdan yararlanıldı.

Yapılan bir çalışmada Nd:YAG lazer uygulamasının ardından fiber optik ucun kanal duvarı ile temas ettiği yerlerde dentin yüzeyinde erime alanlarının görülebildiği bildirilmiştir. Lazer ışını paralel ve dik olarak uygulandığında dentin yüzeyindeki etkileri incelenmiştir. Paralel uygulama sonrasında erozyondan erimeye kadar çeşitli etkiler meydana gelirken, dikey uygulandığı zaman, daha düzgün şekilli kraterler oluştuğu gösterilmiştir (185,186). Benzer bir çalışmada Santos ve ark Nd:YAG lazeri farklı parametreler ve açılarda uygulayarak kök kanal dentini üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlardır. Dört farklı gruptan oluşan çalışmada her gruptan önceden enine kesit alınan 2 dişe dikey olarak lazer uygulaması yapılmış ve bu dişlerden bir tanesi uygulama öncesinde %17'lik EDTAC ile 5 dakika yıkanmış ve smear tabakası uzaklaştırılmıştır. Geriye kalan dişlerde ise paralel olarak dairesel hareketlerle lazer uygulaması yapılmıştır. Elde edilen SEM bulgularında lazer ışınının paralel uygulandığı numunelerde smear tabakası ve debrisin uzaklaştırılmadığı görülmüştür. Dikey uygulanan örnekler de ise önceden EDTAC uygulanan numunelerde smear tabakası ve debrisin uzaklaştırıldığı, diğer dikey örneklerde ise sadece dentinde meydana gelen morfolojik değişikliklerin izlendiği bildirilmiştir (184).

Camargo ve ark, kök kanal duvarlarına iki farklı parametre (100 mj, 15 Hz, 1,5 W ve 160 mj, 15 Hz, 2,4 W) ve iki farklı yönde (dik ve paralel) uygulanan Nd:YAG lazerin etkinliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda yüzeye dik ve paralel uygulama arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu, 160 mj, 15 Hz, 2,4 W uygulanan gruplarda yüzeye paralel yapılan uygulamada birkaç yerde, dik uygulandığında ise tüm yüzeyde erime sahalarının gözlendiğini ifade etmişlerdir (183).

Yaptığımız tez çalışmasında Nd:YAG lazer uygulaması paralel ve dairesel hareketlerle yapıldı.

Mevcut lazer fiber optik uçlarının kök kanallarına uygulanmasında lateral kanallara yeterince ulaşamaması ve kanal yüzeyine lazer ışığının dik olarak gönderilememesi

nedeniyle günümüzde kullanılabilir yeni lazer uçlarının geliştirilmesi üzerine çalışmaların yoğunlaştığı bildirilmiştir (79).

Pulpa hastalıkları ve başarısız endodontik tedavilerde, bakteriyel kolonizasyonun etkili olduğu endodonti alanında kabul edilen bir gerçektir. Kök kanal sisteminin enfeksiyonları tipik olarak gram pozitif ve gram negatif bakterilerin her ikisini de içeren polimikrobiyal enfeksiyonlardır (187,188). Bu bakterilerin büyük bir kısmı dentin tübüllerine yerleşirler ve kök kanal tedavisi yapılan dişlerin re-enfeksiyonunda potansiyel kaynak olarak aktif rol alırlar (189). Bu sebeple endodontik tedavinin başarılı olabilmesi için patojenik bakterilerin ve onların toksik ürünlerinin kök kanal sisteminden tamamen uzaklaştırılması oldukça önemlidir.

Moritz ve ark in vivo olarak yaptıkları çalışmalarında radyografik olarak apikal lezyona sahip dişlerin kanallarına Nd:YAG lazer uygulaması yapmışlardır. Klasik kök kanal preparasyonundan hemen sonra kanaldan mikrobiyolojik örnekler almışlar ve hemen lazer ışınlamasını gerçekleştirmişlerdir. Herhangi bir dezenfektan solüsyon kullanmaksızın 4. günün sonunda ikinci seri mikrobiyolojik örnekleri almışlardır. 4'er gün arayla üçüncü ve dördüncü seri örnekleri almışlardır. Tüm örneklerde dikkate değer azalma görüldüğünü belirtmişlerdir. Ancak yine de minimal bakteri üremesi görüldüğünü bildirmişlerdir (190).

Moritz ve ark kanal içerisinden değil de kesilmiş dentin parçacıklarını *E. coli* ve *E. faecalis* ile kontamine ederek Nd:YAG lazerin etkinliğini incelemişlerdir. Bu şekilde lazer ışınını direk olarak bakteri üzerine vermişlerdir. 1 W, 15 Hz güç ayarlarında Nd:YAG lazer kullanılarak bakteri üzerine 1 defa uygulanan direk ışınlamada *E. coli* sayısı %97,5 azaltılırken, *E. faecalis* sayısı azaltılamamıştır. Güç 1,5 W'a çıkarıldığında 1 defa uygulanan direk ışınlamada *E. coli* sayısı %99,2 azaltılırken, *E. faecalis* sayısı %21,5 azaltılabilmektedir. 1,5 W ayarında 2 defa uygulandığında *E. coli* sayısı %99,5, *E. faecalis* sayısı %98,4 azaltılabilmektedir. Güç ayarı artırıldığında Nd:YAG lazerin etkinliğinin arttığı görülmüştür (191). Bizim çalışmamızda da Nd:YAG lazer 1,5 W güç ayarında 4 defa uygulandı.

Piccolomini ve ark Nd:YAG lazerin antibakteriyel etkinliğini NaOCl ile karşılaştırmışlardır. Nd:YAG lazeri 5 Hz ve 10 Hz frekans ayarlarında kullanmışlardır.

Test bakterilerinden *A. naeslundii* Nd:YAG lazer ile 5 Hz ayarında %34, 10 Hz ayarında %77,4 azaltılmış, *P. aeruginosa* Nd:YAG lazer ile 5 Hz ayarında %15,7, 10 Hz ayarında %85,8 azaltılmıştır. %5,25'lik NaOCI'in her iki bakterinin de tamamını yok ettiğini göstermişlerdir (86). Çalışmamızda Nd:YAG lazer 15 Hz frekans ayarında kullanıldı.

Yapılan bir çalışmada, *E. faecalis* ve *E. coli* üzerinde kök kanalına uygulanan iki farklı dalga boyunda diyet lazerin bakterisidal etkinliği araştırılmıştır. Araştırmacılar dişlerin konvansiyonel preparasyonundan sonra, dişlere *E. faecalis* ve *E. coli* inoküle etmişlerdir. 2 saatlik bir beklemenin ardından lazer uygulamışlardır. *E. faecalis* için 810 nm dalga boylu diyet lazer ile %98,8, 940 nm dalga boylu diyet lazer ile %98,66 bakteriyal azalma bulduklarını belirtmişlerdir. *E. coli* için 810 nm dalga boylu diyet lazer ile %97,84, 940 nm dalga boylu diyet lazer ile %98,83 bakteriyal azalma bulduklarını ifade etmişlerdir (192).

Kanumuru ve ark in vitro olarak yapmış oldukları araştırmada, dişleri *E. faecalis* ile kontamine ettikten sonra, 1064 nm dalga boyuna sahip Nd:YAG lazer, 810 nm ve 980 nm dalga boylarındaki diyet lazer ve Ca(OH)₂'in antibakteriyel etkinliklerini kıyaslamışlardır. Çalışma sonucunda her iki lazer türünün enfekte edilen dişlerde Ca(OH)₂ grubundan daha etkili olduğu, ayrıca Nd:YAG lazerin diğer test grupları içerisinde en iyi antimikrobiyal etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir (193). Thomas ve ark ise 908 nm dalga boyundaki diyet lazerin *E. faecalis*'e karşı bakterisidal etkinliğini incelemişlerdir. Bu amaçla 6 grup oluşturmuşlardır (G1:Lazer+NaOCI+EDTA, G2:NaOCI+EDTA, G3:Lazer+NaOCI+MTAD, G4:NaOCI+MTAD, G5:Lazer+Salin, G6:Kontrol+Salin). Diyet lazerin konvansiyonel kimyomekanik tekniklerle kombine (G1, G3, G5) kullanımının kök kanalının apikal uçlüsünde, dirençli bir bakteri türü olan *E. faecalis*'e karşı eliminasyonda çok daha etkili olduğunu göstermişlerdir (194).

Neelakantan ve ark üç farklı irrigasyon tekniğinin *E. faecalis*'e karşı etkinliğini araştırdıkları çalışmada; konvansiyonel teknik, ultrasonik yöntem, diyet ve Er:YAG lazer uygulamalarını karşılaştırmışlardır. Elde edilen bulgular neticesinde, diyet ve Er:YAG lazer gruplarının, konvansiyonel ve ultrasonik sistemlerden çok daha başarılı olduğunu kaydetmişlerdir (195). Diyet lazer ve farklı irrigasyon (NaOCI ve CHX) solüsyonlarının ve kombine kullanımlarının bakterisidal etkinliklerinin değerlendirildiği çalışma sonucunda, NaOCI ve NaOCI ile lazer kombinasyon gruplarının istatistiksel olarak anlamlı

derecede efektif oldukları, en fazla bakteri büyümesinin ise klorheksidin grubunda meydana geldiği bildirilmiştir (196).

Mathew ve ark, konvensiyonel irrigasyon yöntemi, EndoActivatör, diyet lazer ve PIPS yöntemlerinin antibakteriyel etkinliklerini karşılaştırmışlar ve en iyi antibakteriyel etkinliğin diyet lazer grubunda görüldüğünü belirtmişlerdir (197).

Endodontide lazer uygulamalarındaki tartışmalı konulardan bir tanesi de in vivo uygulamalar sırasında pulpa ve periodontal dokularda meydana gelebilecek hasarlardır. Kanal içi lazer uygulamaları sırasında bir miktar ısı artışı olur. Oluşan bu ısının kökün dış yüzeyine ve çevre dokulara herhangi bir termal hasar vermeden iletilmesi çok önemlidir. Aksi takdirde bu durum periodontal doku nekrozu, kök rezorpsiyonu ya da etkilenen dişin ankilozuna sebep olabilir. Kullanılan parametreler ve soğutma bu bakımdan önem taşımaktadır. Eriksson ve Albrektsson, kemikte meydana gelecek maksimum ısı artışının 1 dakika süre içerisinde 47 °C olabileceğini belirtmişlerdir. Bu da 1 dakika süre ile 10 °C'lık bir ısı artışına tekabül etmektedir. Aynı araştırmacılar kemikte geri dönüşümsüz etkinin 53 °C' de meydana geldiğini ileri sürmüşlerdir (198).

Köpek dişleri üzerinde yapılan bir çalışmada Nd:YAG lazer uygulaması sonrasında meydana gelen periodontal hasarlar araştırılmış ve lazer uygulanan dişlerde ankiloz, sement ve kemik yıkımı olduğu bildirilmiştir (199). Ancak bu çalışmada kullanılan 3 W, 25 Hz parametreleri oldukça yüksek olduğu için bu parametrelerde uygulama ile elde edilen sonuçların normal olduğu savunulabilir. Lan ve ark, kök kanalında 20, 25 ve 30 Hz frekanslarında, üç ayrı grupta sırasıyla 50, 80, 100, 150 ve 200 mJ enerjiler ile yaptıkları Nd:YAG lazer uygulaması sonrasında meydana gelen sıcaklık değişikliklerini değerlendirmişlerdir. 20 Hz grubunda 200 ve 150 mJ, 25 Hz grubunda 200, 150 ve bazı 100 mJ, 30 Hz grubunda ise 50 ve 80 mJ haricinde tüm enerjilerde sıcaklık artışı 10 °C'den fazla bulunmuş, lazerin 2 sn süreyle, 100 mJ/atım ve 20 atım/dk altındaki enerjilerde ısı değişikliğinin 10 °C'yi geçmediği bildirilmiştir (200).

Bu çalışmada lazer uygulaması sırasında meydana gelen ısı artışı monitorize edilmemiştir. Ancak mevcut araştırmalara bakıldığında, kullanılan parametre ve süreler güvenli sınırlar içerisinde. Bunun yanında elde edilen SEM görüntülerinde, başta Nd:YAG grubu olmak üzere dentinde karbonizasyon ve ebulasyon oluşumu gibi termal

yan etkiler sonucunda oluşan morfolojik değişikliklere rastlanmamış olması da yapılan çalışmada termal zararın minimum olduğunu göstermektedir.

Strakas ve ark, Nd:YAG lazerin kök yüzeyinde meydana getirdiği ısı değişimlerini inceledikleri çalışmada, 200 µm fiber optik kablo kullanarak 1,5 W ve 15 Hz parametrelerinde, iki farklı (180 ve 320 µs) atım süresinde lazer ışınlanması yapmışlardır. Her iki grupta da 9 °C'den daha az ısı artışı meydana gelirken, kökün apikal üçlüsünde 320 µs grubunda daha fazla ısı artışı olduğu belirtilmiştir (201).

Alfredo ve ark, tarafından yapılan bir çalışmada 980 nm diyot lazer, farklı güç (1,5 W, 3,0 W, 5,0 W) ve frekans (CM, 100 Hz, 1000 Hz) değerlerinde kullanılarak kök yüzeyinde meydana gelen ısı artışı değerlendirilmiştir. Çalışmada 20 sn 1,5 W da ışınlama yapılan grupta ve bütün modlarda ve 3 W, 100 Hz ve 1000 Hz parametrelerindeki ısı artışının 10 °C'den daha az olduğu gösterilmiş ve bu değerlerde diyot lazerin endodontik tedavilerde güvenle uygulanabileceği ifade edilmiştir (202).

Wang ve ark da kök kanallarında dezenfeksiyonun sağlanması ve smear tabakasının kaldırılması amacıyla kök kanallarına lazer uygulamaları sırasında oluşan kanal içi ısı artışının periodontal dokularda doku nekrozu, kök rezorpsiyonu veya ankiloza neden olabilen zararlarından bahsetmişlerdir (203). Ancak; lazer ışınının üretici firma önerileri doğrultusunda kullanımı ile dokularda bu zararın oluşmadığı gösterilmiştir (204,205).

Lazerin güç seviyesi, enerji modu, dağıtım sistemi, ışınlama süresi (206), dokudaki absorpsiyon miktarı, kök kanalının geometrisi ve lazer ucu ile hedef doku arasındaki mesafe (207) gibi farklı parametrelerden dolayı aynı doku üzerinde farklı etkilerin oluşabileceği bildirilmiştir. Bu nedenle çalışmamızda, kök kanallarında dezenfeksiyon amacıyla üretici firmaların önerileri doğrultusunda 940 nm dalga boyundaki diyot lazer 1 W, CW modunda ve 1064 nm dalga boyundaki Nd:YAG lazer 1,5 W, 100 mj, 15 Hz, parametrelerinde kullanıldı.

Folwaczny ve ark, Nd:YAG lazeri kök kanalı içerisinde farklı güç ayarlarında kullanarak antibakteriyel etkinliğini araştırmışlardır. Test bakterisi olarak *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* kullanmışlardır. Nd:YAG lazeri 100 mj ve 200 mj güç ayarlarında, 10 sn ve 20 sn toplam ışınlama süresi kullanarak uygulamışlardır. 200 mj

değerinde, 20 sn lazer uyguladıkları grupta *E. coli* miktarının $8,67 \times 10^6$ 'dan $4,39 \times 10^4$ 'e düşürüldüğünü belirtmişlerdir. Aynı zamanda bu güç ayarında $61,8$ °C ısı artışı meydana geldiğini ifade etmişlerdir. 100 mj enerji seviyesinde Nd:YAG lazerin bakteri miktarında daha küçük bir azalma oluşturduğunu ve meydana gelen ısı artışının toplam 20 saniyelik ışınlamada $24,3$ °C olduğunu bildirmişlerdir. Toplam 20 saniyelik süreyi 10 sn lazer uygulayıp 5 sn ara verip tekrar 10 sn lazer uygulayarak gerçekleştirmişlerdir. Böylelikle bakteriler üzerine 10'ar saniyelik iki defa lazer uygulaması gerçekleştirmişlerdir (208). Beergmans ve ark, çalışmalarında 100 mj enerji seviyesinin daha az ısı açığa çıkardığını bildirmişlerdir (18). Çalışmamızda Nd:YAG lazer 100 mj enerji seviyesinde ve saniyede 2 mm geri çekilecek şekilde kök kanalı boyunca uygulandı. Toplamda 4 ışınlama yapıldı ve her ışınlama arasında 5 saniye ara verildi.

Lazerlerin kök kanalı içerisinde kullanımında başka sınırlamalar da söz konusudur. Fiber optik ya da lazer yönlendirici uçtan gelen lazer enerjisi lateral kanallara ulaşma şansı olmadan doğrudan kök kanalı boyunca ilerler. Bu sebeptendir ki; lazer kullanarak kanal yüzeyi boyunca her zaman düzgün bir temas alanı sağlamak mümkün değildir. Matsumoto tarafından kök kanal duvarlarının tamamının ışınlanmasına imkan verecek endodontik bir uç geliştirilmesi gerekliliği ileri sürülmüştür (33).

Yaptığımız tez çalışmasının verilerine göre; vitalite bakımından gruplar arasında anlamlı bir fark saptanmadı ($p > 0,05$). Imura ve ark, pulpal durumun postoperatif ağrı düzeyi ve flare-up oluşumu ile ilişkili olmadığını bildirmişlerdir (209). Elde ettiğimiz bulgu bu çalışma ile benzerlik göstermektedir.

Matusow ve ark kadınlarda flare-up görülme oranının yüksek olduğunu belirtsele de (134), birçok çalışma sonucunda cinsiyet ile flare-up arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı gösterilmiştir (131,132,209). Bizim çalışmamızda da cinsiyet bakımından gruplar arasında anlamlı bir fark görülmedi ($p > 0,05$).

Literatürde postoperatif ağrı yoğunluğuna yaşın etkisini araştıran bazı çalışmalar mevcuttur. Torabinejad ve ark tarafından 20 yaş altındaki hastalarda flare-up görülme oranı azalırken, 20 ve 40 yaş arasındaki hastalarda bu oranın arttığı ifade edilmiştir (133). Bu durumun aksine birçok araştırmacı yaş ve postoperatif ağrı arasında herhangi bir

bağlantı olmadığını savunmuştur (131,132,209). Bizim de elde ettiğimiz bulgulara göre; yaş bakımından gruplar arasında anlamlı bir fark saptanmadı ($p>0,05$).

Literatürde postoperatif ağrı seviyesi ile dişin çenedeki yeri arasındaki ilişkiyi değerlendiren az sayıda araştırma bulunmaktadır. Di Renzo ve ark tek ve çok seanslı tedavilerde maksiller ve mandibular molar dişlerde postoperatif ağrı seviyelerini karşılaştırdıkları çalışmalarında anlamlı bir fark bulamamışlardır (210). Yine Imura ve ark dişlerin farklı dental arkta yer almalarının flare-up oluşumu ile pozitif bir ilişkiye sahip olmadığını ileri sürmüşlerdir (209). Benzer bir biçimde yaptığımız tez çalışması sonucunda, alt ve üst çene arasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edildi.

Yaptığımız tez çalışmasının sonuçlarına göre üç grup birbiri ile kıyaslandığında, ağrı insidansı bakımından anlamlı bir fark görülmedi ($p>0,05$). Koba ve ark Nd:YAG lazerle yapmış oldukları benzer bir çalışmada, tedaviden bir gün sonraki spontan ağrı, tedaviden 1, 2 ve 3 hafta sonraki perküsyon ağrılarını karşılaştırmışlardır. Lazer grubunda kontrol grubuna oranla daha fazla ağrıya rastlanmadığı ve her iki grup arasında spontan ve perküsyon ağrısı bakımından anlamlı bir fark bulamadıklarını bildirmişlerdir (211). Yine aynı araştırmacılar aynı parametreye sahip Nd:YAG lazerle gerçekleştirdikleri başka bir çalışmada da, tedaviden bir gün sonraki spontan ağrı, tedaviden 1 hafta, 3 ve 6 ay sonraki perküsyon ağrılarını değerlendirmişlerdir. 1 hafta ve 3 ay sonraki perküsyon ağrısının lazer grubunda anlamlı derecede az olduğu ancak diğer ölçümlerde iki grup arasında anlamlı bir fark olmadığını ileri sürmüşlerdir (212). Bu bilgiler ışığında elde ettiğimiz sonuçlar Koba ve ark nın bulgularına paralellik göstermektedir.

Yoo ve ark semptomatik apikal periodontitisli dişlerde Nd:YAG (1440 nm) lazer uygulamasının postoperatif ağrıyı hafifletmedeki etkinliği ve kök kanalındaki eksudada bulunan enflamatuar sitokin ve nöropeptid seviyelerini değerlendirdikleri çalışmada, Nd:YAG lazer uygulaması yapılan grupta perküsyon ağrısının anlamlı derecede azaldığı ve substance P, CGRP (calcitonin gene related peptide) ve MMP-8 (matrix metalloproteinase) seviyelerinin düştüğü saptanmıştır (213). Bu araştırmayla çalışmamız arasındaki uyumsuzluğun, araştırmanın yalnızca semptomatik apikal periodontitisli dişler üzerinde yapılması ve Nd:YAG lazerin farklı dalga boyunda kullanılmasından kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda hastaların psikolojik durumları dikkate alınmadı. Ancak bilindiği üzere korku ve anksiyete, dental prosedürlerde hastanın ağrısının tetiklemesi ya da daha fazla reaksiyonun oluşması gibi durumlara yol açabilmektedir. Yine daha öncesinde sıkıntılı bir dental deneyimin yaşanmış olması, postoperatif yanıtı etkileyebilmektedir. Ayrıca sosyal ve kültürel farklılıkların, çalışmaya etki eden faktörler açısından üzerinde durulması gereken bir ayrıntı olduğunu düşünmekteyiz.

Hasta konforu ve memnuniyeti endodontik klinik uygulamalarda başarı kriterleri arasında önemli bir yer teşkil etmektedir. Hekimlerden istenen, kök kanal tedavileri esnasında ya da sonrasında hiç ağrı duyulmaması veya en az düzeyde ağrı duyulmasıdır. Bu anlamda çalışmaya dahil etme kriterleri açısından diş tipi, yaş, genel sağlık durumu gibi araştırma sonuçlarını etkileme ihtimali olan birçok etken en aza indirgenmeye çalışılmıştır. Elde ettiğimiz verileri değerlendirdiğimizde; geleneksel irrigasyon yöntemlerine ek olarak Nd:YAG ya da diyot lazer kullanımının postoperatif ağrının azaltılması yönünde alternatif bir yöntem olmadığını ifade edebiliriz. Kök kanal dezenfeksiyonu konusunda farklı materyal ve tekniklerle ilerleme sağlansa da NaOCI solüsyonu uygulaması hala en çok tercih edilen yöntemdir. Literatürde lazerlerin postoperatif ağrı ilişkisini değerlendiren çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Endodontide tamamen ağrısız bir postoperatif dönem yaratmak adına, son dönemde kullanımı oldukça yaygınlaşan Nd:YAG ve diyot lazer cihazlarının etkinliklerinin geliştirilmesi için çok daha kapsamlı yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.

Bu çalışmanın yürütüldüğü in-vivo deneysel koşullar altında aşağıdaki sonuçlar elde edildi:

1. Gruplar arasında cinsiyet dağılımı açısından anlamlı bir fark bulunmadı.
2. Gruplar arasında pulpa vitalitesi bakımından anlamlı bir fark saptanmadı.
3. Gruplar arasında yaş bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı.
4. Çeneler arasında tedavi öncesi ağrı değerleri karşılaştırıldığında aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu. Alt çenede üst çeneye oranla daha fazla ağrı olduğu görüldü. Çeneler arasında 12, 24, 48 ve 72. saatlerdeki postoperatif ağrı karşılaştırıldığında ise aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı.
5. Üç grupta ağrı ölçümleri karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı. Her üç grupta da, kök kanal tedavisi sonrası en

fazla hissedilen ağrı değerlerinin tedaviden 12 saat sonra meydana geldiği görüldü. İlerleyen zaman dilimlerinde ise ağrı değerlerinin azalma eğiliminde olduğu saptandı.

6. Her üç grupta da ortalama ağrı değerleri arasındaki farkın en fazla 0 ile 72. saatler arasında meydana geldiği görüldü. Kontrol grubunda 0-24, 0-48, 0-72, 12-24, 12-48, 12-72, Nd:YAG grubunda 0-48, 0-72, 12-48, 12-72, diyot grubunda ise 0-72, 12-48, 12-72. saatler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu.

6. KAYNAKLAR

1. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics—a review. *Int Endod J.* 2010;43(1):2–15.
2. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 1998;85(1):86–93.
3. Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J.* 1997;30(5):297–306.
4. Berutti E, Marini R, Angeretti A. Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules. *J Endod.* 1997;23(12):725–7.
5. Sulewski JG. Historical survey of laser dentistry. *Dent Clin North Am.* 2000;44(4):717–52.
6. Yıldırım C, Karaaslan EŞ. Endodontide Lazer Uygulamaları. *Turkiye Klin J Dent Sci.* 2012;18(3):325–36.
7. Coluzzi DJ. Fundamentals of dental lasers: Science and instruments. *Dent Clin North Am.* 2004;48(4):751–70.
8. Pick RM, Powell GL. Laser in dentistry. Soft-tissue procedures. *Dent Clin North Am.* 1993;37(2):281–96.
9. Dederich DN. Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue? *J Am Dent Assoc.* 1993;124(2):57–61.
10. Coluzzi DJ. An overview of laser wavelengths used in dentistry. *Dent Clin North Am.* 2000;44(4):753–65.
11. Convissar RA. The biologic rationale for the use of lasers in dentistry. *Dent Clin North Am.* 2004;48(4):771–94.
12. Barbakow F, Peters O, Havranek L. Effects of Nd:YAG lasers on root canal walls: a light and scanning electron microscopic study. *Quintessence Int.* 1999;30(12):837–45.
13. White JM, Goodis HE, Rose CM. Nd: YAG pulsed infrared laser for treatment of root surface. *J Calif Dent Assoc.* 1991;19(11):55–8.

14. Rossmann JA, Cobb CM. Lasers in periodontal therapy. *Periodontol* 2000. 1995;9(1):150–64.
15. Gerek M, Asci S, Yaylali DI. Ex vivo evaluation of antibacterial effects of Nd: YAG and diode lasers in root canals. *Biotechnol Biotechnol Equip*. 2010;24(3):2031–4.
16. Neill ME, Mellonig JT. Clinical efficacy of the Nd: YAG laser for combination periodontitis therapy. *Pract periodontics aesthetic Dent PPAD*. 1997;9(6):1–5.
17. White JM, Goodis HE, Setcos JC, Eakle S, Hulscher BE, Rose CL. Effects of pulsed Nd:YAG laser energy on human teeth: a three-year follow-up study. *J Am Dent Assoc*. 1993;124(7):45–51.
18. Bergmans L, Moisiadis P, Teughels W, Van Meerbeek B, Quirynen M, Lambrechts P. Bactericidal effect of Nd:YAG laser irradiation on some endodontic pathogens ex vivo. *Int Endod J*. 2006;39(7):547–57.
19. Samiei M, Pakdel SMV, Rikhtegaran S, Shakoei S, Ebrahimpour D, Taghavi P. Scanning electron microscopy comparison of the cleaning efficacy of a root canal system by Nd: YAG laser and rotary instruments. *Microsc Microanal*. 2014;20(04):1240–5.
20. Pirnat S, Lukac M, Ihan A. Study of the direct bactericidal effect of Nd:YAG and diode laser parameters used in endodontics on pigmented and nonpigmented bacteria. *Lasers Med Sci*. 2011;26(6):755–61.
21. Lussi A, Hellwig E. Performance of a new laser fluorescence device for the detection of occlusal caries in vitro. *J Dent*. 2006;34(7):467–71.
22. Blanken J, De Moor RJG, Meire M, Verdaasdonk R. Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: A visualization study. *Lasers Surg Med*. 2009;41(7):514–9.
23. Alfredo E, Silva SRC, Ozório JE V, Sousa- Neto MD, Brugnera- Júnior A, Silva-Sousa YTC. Bond strength of AH Plus and Epiphany sealers on root dentine irradiated with 980 nm diode laser. *Int Endod J*. 2008;41(9):733–40.
24. Maenosono RM, Bim Junior O, Duarte MAH, Palma-Dibb RG, Wang L, Ishikiriama SK. Diode laser irradiation increases microtensile bond strength of dentin. *Braz Oral Res*. 2015;29(1):1–5.
25. Wigdor H a, Walsh JT, Featherstone JD, Visuri SR, Fried D, Waldvogel JL. Lasers in dentistry. *Lasers Surg Med*. 1995;16(2):103–33.
26. Arslan H, Ayranci LB, Karatas E, Topçuoğlu HS, Yavuz MS, Kesim B. Effect of agitation of EDTA with 808-nanometer diode laser on removal of smear layer. *J Endod*. 2013;39(12):1589–92.

27. Al-Karadaghi TS, Gutknecht N, Jawad HA, Vanweersch L, Franzen R. Evaluation of Temperature Elevation During Root Canal Treatment with Dual Wavelength Laser; 2780 nm Er, Cr: YSGG and 940 nm Diode. *Photomed Laser Surg.* 2015;33(9):460–6.
28. Mehrvarzfar P, Saghiri MA, Asatourian A, Fekrazad R, Karamifar K, Eslami G. Additive effect of a diode laser on the antibacterial activity of 2.5% NaOCl, 2% CHX and MTAD against *Enterococcus faecalis* contaminating root canals: an in vitro study. *J Oral Sci.* 2011;53(3):355–60.
29. Powell GL, Anderson JR, Blankenau RJ. Laser and curing light induced in vitro pulpal temperature changes. *J Clin Laser Med Surg.* 1999;17(1):3–5.
30. Dederich DN, Bushick RD. Lasers in dentistry: separating science from hype. *J Am Dent Assoc.* 2004;135(2):204–12.
31. Kutsch VK. Lasers in dentistry: comparing wavelengths. *J Am Dent Assoc.* 1993. p. 49–54.
32. Üstün Ç, Özçelik O. The use of Carbon Dioxide Laser in Oral Tissues. *ADO J Clin Sci.* 2007;1(4):55–62.
33. Matsumoto K. Lasers in endodontics. *Dent Clin North Am.* 2000;44(4):889–906.
34. Margolis FS. The erbium laser: the “Star Wars” of dentistry. *Alpha Omegan.* 2006;99(3):128–31.
35. Jayawardena JA, Kato J, Moriya K, Takagi Y. Pulpal response to exposure with Er:YAG laser. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001;91(2):222–9.
36. Bader C, Krejci I. Indications and limitations of Er: YAG laser applications in dentistry. *Am J Dent.* 2006;19(3):178.
37. Cheng X, Guan S, Lu H, Zhao C, Chen X, Li N. Evaluation of the bactericidal effect of Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG laser radiation, and antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) in experimentally infected root canals. *Lasers Surg Med.* 2012;44(10):824–31.
38. Ayrancı LB, Köseoğlu M. The evaluation of the effects of different irrigating solutions and laser systems on adhesion of resin-based root canal sealers. *Photomed Laser Surg.* 2014;32(3):152–9.
39. Coluzzi DJ. An overview of lasers in dentistry. *Alpha Omegan.* 2008;101(3):125.
40. Harashima T, Kinoshita J-I, Kimura Y, Brugnera A, Zanin F, Pecora JD. Morphological comparative study on ablation of dental hard tissues at cavity

- preparation by Er:YAG and Er,Cr:YSGG lasers. *Photomed Laser Surg.* 2005;23(1):52–5.
41. Hadley J, Young DA, Eversole LR, Gornbein JA. A laser-powered hydrokinetic system for caries removal and cavity preparation. *J Am Dent Assoc.* 2000;131(6):777-85.
 42. Obeidi A, Liu PR, Ramp LC, Beck P, Gutknecht N. Acid-etch interval and shear bond strength of Er,Cr:YSGG laser-prepared enamel and dentin. *Lasers Med Sci.* 2010;25(3):363–9.
 43. Calişkan MK, Parlar NK, Oruçoğlu H, Aydın B. Apical microleakage of root-end cavities prepared by Er, Cr: YSGG laser. *Lasers Med Sci.* 2010;25(1):145–50.
 44. Licata ME, Albanese a., Campisi G, Geraci DM, Russo R, Gallina G. Effectiveness of a new method of disinfecting the root canal, using Er, Cr:YSGG laser to kill *Enterococcus faecalis* in an infected tooth model. *Lasers Med Sci.* 2013;1–6.
 45. Silva ACB, Guglielmi C, Meneguzzo DT, Aranha ACC, Bombana AC, de Paula Eduardo C. Analysis of permeability and morphology of root canal dentin after Er, Cr: YSGG laser irradiation. *Photomed Laser Surg.* 2010;28(1):103–8.
 46. Evans D, Reid J, Strang R, Stirrup D. A comparison of laser Doppler flowmetry with other methods of assessing the vitality of traumatised anterior teeth. *Dent Traumatol.* 1999;15(6):284–90.
 47. Roebuck EM, Evans DJP, Stirrups D, Strang R. The effect of wavelength, bandwidth, and probe design and position on assessing the vitality of anterior teeth with laser Doppler flowmetry. *Int J Paediatr Dent.* 2000;10(3):213–20.
 48. Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. Lasers in endodontics: a review. *Int Endod J.* 2000;33(3):173–85.
 49. Yanpiset K, Vongsavan N, Sigurdsson A, Trope M. Efficacy of laser Doppler flowmetry for the diagnosis of revascularization of reimplanted immature dog teeth. *Dent Traumatol.* 2001;17(2):63–70.
 50. Strobl H, Haas M, Norer B, Gerhard S, Emshoff R. Evaluation of pulpal blood flow after tooth splinting of luxated permanent maxillary incisors. *Dent Traumatol.* 2004;20(1):36–41.
 51. Eroglu SE, Sabuncuoglu FA. Changes in dental pulp blood flow of different maxillary tooth types after le fort I osteotomy. *J Craniofac Surg.* 2014;25(5):e420–4.
 52. Schuurs AH, Gruythuysen RJ, Wesselink PR. Pulp capping with adhesive resin-based composite vs. calcium hydroxide: a review. *Endod Dent Traumatol.* 2000;16(6):240–50.

53. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 1999;25(3):197–205.
54. Ferriello V, Faria MR, Cavalcanti BN. The effects of low-level diode laser treatment and dental pulp-capping materials on the proliferation of L-929 fibroblasts. *J Oral Sci.* 2010;52(1):33–8.
55. Fekrazad R, Seraj B, Ghadimi S, Tamiz P, Mottahary P, Dehghan M-M. The effect of low-level laser therapy (810 nm) on root development of immature permanent teeth in dogs. *Lasers Med Sci.* 2014;30(4):1251–7.
56. Melcer J, Chaumette MT, Melcer F, Zeboulon S, Hasson R, Merard R. Preliminary report on the effect of the CO₂ laser beam on the dental pulp of the *Macaca mulatta* primate and the beagle dog. *J Endod.* 1985;11(1):1–5.
57. Odabaş ME, Bodur H, Barış E, Demir C. Clinical, radiographic, and histopathologic evaluation of Nd: YAG laser pulpotomy on human primary teeth. *J Endod.* 2007;33(4):415–21.
58. Savadi Oskoe S, Alizadeh Oskoe P, Jafari Navimipour E, Ahmad Ajami A, Pournaghi Azar F, Rikhtegaran S. Comparison of the Effect of Nd:YAG and Diode Lasers and Photodynamic Therapy on Microleakage of Class V Composite Resin Restorations. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospect.* 2013;7(2):74–80.
59. Yazdanfar I, Gutknecht N, Franzen R. Effects of diode laser on direct pulp capping treatment : A pilot study. *Lasers Med Sci.* 2014;30(4):1237–43.
60. Huth KC, Hajek-Al-Khatat N, Wolf P, Ilie N, Hickel R, Paschos E. Long-term effectiveness of four pulpotomy techniques: 3-year randomised controlled trial. *Clin Oral Investig.* 2012;16:1243–50.
61. Toomarian L, Fekrazad R, Sharifi D, Baghaei M, Rahimi H, Eslami B. Histopathological evaluation of pulpotomy with Er,Cr:YSGG laser vs formocresol. *Lasers Med Sci.* 2008;23(4):443–50.
62. Alaçam T. *Endodonti.* Ankara: Özyurt Matbaacılık; 2012. 1160 p.
63. Weichman JA, Johnson FM. Laser use in endodontics: a preliminary investigation. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1971;31(3):416–20.
64. Weichman JA, Johnson FM, Nitta LK. Laser use in endodontics: part II. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1972;34(5):828–30.
65. Park DS, Lee HJ, Yoo HM, Oh TS. Effect of Nd: YAG laser irradiation on the apical leakage of obturated root canals: an electrochemical study. *Int Endod J.* 2001;34(4):318–21.

66. Martín Biedma B, Patiño PV, Park SA, Castro NB, Muñoz FM, González Bahillo JD. Comparative study of root canals instrumented manually and mechanically, with and without Er: YAG laser. *Photomed Laser Ther.* 2005;23(5):465–9.
67. Paghdiwala AF. Root resection of endodontically treated teeth by erbium: YAG laser radiation. *J Endod.* 1993;19(2):91–4.
68. Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. Efficacy of Er: YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. *J Endod.* 1998;24(8):548–51.
69. De Moor RJG, Blanken J, Meire M, Verdaasdonk R. Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: evaluation of the efficacy. *Lasers Surg Med.* 2009;41(7):520.
70. George R, Meyers IA, Walsh LJ. Laser activation of endodontic irrigants with improved conical laser fiber tips for removing smear layer in the apical third of the root canal. *J Endod.* 2008;34(12):1524–7.
71. Watanabe S, Saegusa H, Anjo T, Ebihara A, Kobayashi C, Suda H. Dentin strain induced by laser irradiation. *Aust Endod J.* 2010;36(2):74–8.
72. Mazeki K, Kimura Y, Yokoyama K, Matsumoto K. Preparation of root canal orifices by Er: YAG laser irradiation: in vitro and clinical observations. *J Clin Laser Med Surg.* 2003;21(2):85–91.
73. Inamoto K, Horiba N, Senda S, Naitoh M, Ariji E, Senda A. Possibility of root canal preparation by Er: YAG laser. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2009;107(1):e47–55.
74. Matsuoka E, Jayawardena JA, Matsumoto K. Morphological study of the Er, Cr: YSGG laser for root canal preparation in mandibular incisors with curved root canals. *Photomed Laser Ther.* 2005;23(5):480–4.
75. Soares F, Varella CH, Pileggi R, Adewumi A, Guelmann M. Impact of Er, Cr: YSGG laser therapy on the cleanliness of the root canal walls of primary teeth. *J Endod.* 2008;34(4):474–7.
76. Schoop U, Goharkhay K, Klimscha J, Zagler M, Wernisch J, Georgopoulos A. The use of the erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet laser in endodontic treatment: the results of an in vitro study. *J Am Dent Assoc.* 2007;138(7):949–55.
77. Kouchi Y, Ninomiya J, Yasuda H, Fukui K, Moriyama T, Okamoto H. Location of *Streptococcus mutans* in the dentinal tubules of open infected root canals. *J Dent Res.* 1980;59(12):2038–46.

78. Meire M, Mavridou A, Dewilde N, Hommez G, De Moor RJG. Longitudinal study on the influence of Nd: YAG laser irradiation on microleakage associated with two filling techniques. *Photomed Laser Surg.* 2009;27(4):611–6.
79. Stabholz A, Sahar-Helft S, Moshonov J. Lasers in endodontics. *Dent Clin North Am.* 2004;48(4):809–32.
80. Zakariasen KL, Dederich DN, Tulip J, DeCoste S, Jensen SE, Pickard MA. Bactericidal action of carbon dioxide laser radiation in experimental dental root canals. *Can J Microbiol.* 1986;32(12):942–6.
81. Schoop U, Moritz A, Kluger W, Patruta S, Goharkhay K, Sperr W. The Er: YAG laser in endodontics: results of an in vitro study. *Lasers Surg Med.* 2002;30(5):360–4.
82. Vezzani MS, Pietro R, Silva-Sousa Y, Brugnera-Junior A, Sousa-Neto MD. Disinfection of root canals using Er: YAG laser at different frequencies. *Photomed Laser Ther.* 2006;24(4):499–502.
83. Schoop U, Kluger W, Moritz A, Nedjelik N, Georgopoulos A, Sperr W. Bactericidal effect of different laser systems in the deep layers of dentin. *Lasers Surg Med.* 2004;35(2):111–6.
84. Berkiten M, Berkiten R, Okar İ. Comparative evaluation of antibacterial effects of Nd: YAG laser irradiation in root canals and dentinal tubules. *J Endod.* 2000;26(5):268–70.
85. Maden M, Görgül G, Sultan MN, Akça G, Er Ö. Determination of the effect of Nd: YAG laser irradiation through dentinal tubules on several oral pathogens. *Lasers Med Sci.* 2013;28(1):281–6.
86. Piccolomini R, D’Arcangelo C, D’Ercole S, Catamo G, Schiaffino G, De Fazio P. Bacteriologic evaluation of the effect of Nd: YAG laser irradiation in experimental infected root canals. *J Endod.* 2002;28(4):276–8.
87. Gutknecht N, Van Gogswaardt D, Conrads G, Apel C, Schubert C, Lampert F. Diode laser radiation and its bactericidal effect in root canal wall dentin. *J Clin Laser Med Surg.* 2000;18(2):57–60.
88. Gutknecht N, Franzen R, Schippers M, Lampert F. Bactericidal effect of a 980-nm diode laser in the root canal wall dentin of bovine teeth. *J Clin Laser Med Surg.* 2004;22(1):9–13.
89. De Souza EB, Cai S, Simionato MRL, Lage-Marques JL. High-power diode laser in the disinfection in depth of the root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2008;106(1):68–72.

90. Arnabat J, Escribano C, Fenosa A, Vinuesa T, Gay-Escoda C, Berini L. Bactericidal activity of erbium, chromium: yttrium–scandium–gallium–garnet laser in root canals. *Lasers Med Sci.* 2010;25(6):805–10.
91. Eldeniz AU, Ozer F, Hadimli HH, Erganis O. Bactericidal efficacy of Er, Cr: YSGG laser irradiation against *Enterococcus faecalis* compared with NaOCl irrigation: an ex vivo pilot study. *Int Endod J.* 2007;40(2):112–9.
92. Stabholz A, Khayat A, Ravanshad SH, McCarthy DW, Neev J, Torabinejad M. Effects of Nd: YAG laser on apical seal of teeth after apicoectomy and retrofill. *J Endod.* 1992;18(8):371–5.
93. Komori T, Yokoyama K, Takato T, Matsumoto K. Clinical application of the erbium: YAG laser for apicoectomy. *J Endod.* 1997;23(12):748–50.
94. Arisu HD, Sadik B, Bala O, Türköz E. Computer-assisted evaluation of microleakage after apical resection with laser and conventional techniques. *Lasers Med Sci.* 2008;23(4):415–20.
95. Karlovic Z, Pezelj-Ribaric S, Miletic I, Jukic S, Grgurevic J, Anic I. Erbium: YAG laser versus ultrasonic in preparation of root-end cavities. *J Endod.* 2005;31(11):821–3.
96. Çalışkan MK, Parlar NK, Oruçoğlu H, Aydın B. Apical microleakage of root-end cavities prepared by Er, Cr: YSGG laser. *Lasers Med Sci.* 2010;25(1):145–50.
97. Siqueira JF, Rôças IN, Santos SRLD, Lima KC, Magalhães FAC, de Uzeda M. Efficacy of instrumentation techniques and irrigation regimens in reducing the bacterial population within root canals. *J Endod.* 2002;28(3):181–4.
98. Gomes BPF a, Ferraz CCR, Vianna ME, Berber VB, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J.* 2001;34(6):424–8.
99. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endod Top.* 2005;10(1):77–102.
100. Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation--literature review and case reports. *Int Endod J.* 2000;33(3):186–93.
101. Siqueira JF, Rôças IN, Favieri A, Lima KC. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod.* 2000;26(6):331–4.
102. Gomes BPF a, Souza SFC, Ferraz CCR, Teixeira FB, Zaia a. a., Valdrighi L. Effectiveness of 2% chlorhexidine gel and calcium hydroxide against

- Enterococcus faecalis* in bovine root dentine in vitro. *Int Endod J.* 2003;36(4):267–75.
103. Khademi AA, Mohammadi Dr Z, Havaee A. Evaluation of the antibacterial substantivity of several intra-canal agents. *Aust Endod J.* 2006;32(3):112–5.
 104. Basrani BR, Manek S, Sodhi RNS, Fillery E, Manzur A. Interaction between Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine Gluconate. *J Endod.* 2007;33(8):966–9.
 105. Kuruvilla JR, Kamath MP. Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. *J Endod.* 1998;24(7):472–6.
 106. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon a. . Chelating agents in root canal treatment: Mode of action and indications for their use. *Int Endod J.* 2003;36(12):810–30.
 107. Serper A, Calt S, Dogan AL, Guc D, Ozçelik B, Kuraner T. Comparison of the cytotoxic effects and smear layer removing capacity of oxidative potential water, NaOCl and EDTA. *J Oral Sci.* 2001;43(4):233–8.
 108. Seelan RG, Kumar A, Jonathan R, Maheswari U, Raja J, Chelliah P. Comparative evaluation of effect of different irrigation solutions against *Enterococcus faecalis*: A polymerase chain reaction-based study. *J Pharm Bioallied Sci.* 2015;7(2):S576.
 109. Kolosowski KP, Sodhi RNS, Kishen A, Basrani BR. Qualitative Analysis of Precipitate Formation on the Surface and in the Tubules of Dentin Irrigated with Sodium Hypochlorite and a Final Rinse of Chlorhexidine or QMiX. *J Endod.* 2014;40(12):1–5.
 110. Torabinejad M, Shabahang S, Apreccio RM, Kettering JD. The antimicrobial effect of MTAD: an in vitro investigation. *J Endod.* 2003;29(6):400–3.
 111. Yasuda Y, Tatematsu Y, Fujii S, Maeda H, Akamine A, Torabinejad M. Effect of MTAD on the differentiation of osteoblast-like cells. *J Endod.* 2010;36(2):260–3.
 112. Spangberg L. Instruments, materials and devices. *Pathways Pulp (Cohen y Burns Ed).* 2002;7:452–507.
 113. Van Der Sluis LWM, Wu M, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. *Int Endod J.* 2005;38(10):764–8.
 114. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J.* 2004;37(10):672–8.
 115. Kutlubay Z, Pehlivan Ö, Engin B. Fotodinamik tedavi. *Dermatoz.* 2011;2(4):391–404.

116. Luksiene Z. Photodynamic therapy: mechanism of action and ways to improve the efficiency of treatment. *Medicina (Kaunas)*. 2002;39(12):1137–50.
117. Lee MT, Bird PS, Walsh LJ. Photo-activated disinfection of the root canal: A new role for lasers in endodontics. *Aust Endod J*. 2004;30(3):93–8.
118. Bergmans L, Moisiadis P, Huybrechts B, Van Meerbeek B, Quirynen M, Lambrechts P. Effect of photo-activated disinfection on endodontic pathogens ex vivo. *Int Endod J*. 2008;41(3):227–39.
119. Bago I, Plečko V, Gabrić Pandurić D, Schauperl Z, Baraba a., Anić I. Antimicrobial efficacy of a high-power diode laser, photo-activated disinfection, conventional and sonic activated irrigation during root canal treatment. *Int Endod J*. 2013;46(4):339–47.
120. DiVito E, Lloyd A. ER:YAG laser for 3-dimensional debridement of canal systems: use of photon-induced photoacoustic streaming. *Dent Today*. 2012;31(11):122, 124–7.
121. Peters O a., Bardsley S, Fong J, Pandher G, Divito E. Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *J Endod*. 2011;37(7):1008–12.
122. Pedullà E, Genovese C, Campagna E, Tempera G, Rapisarda E. Decontamination efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming (PIPS) of irrigants using low-energy laser settings: An ex vivo study. *Int Endod J*. 2012;45:865–70.
123. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Aprecio RM, Handysides R, Jaramillo DE. Biofilm removal by 6% sodium hypochlorite activated by different irrigation techniques. *Int Endod J*. 2014;47(7):659–66.
124. Sathorn C, Parashos P, Messer H. The prevalence of postoperative pain and flare-up in single- and multiple-visit endodontic treatment: A systematic review. *Int Endod J*. 2008;41(2):91–9.
125. Seltzer S. Pain in endodontics. *J Endod*. 2004;30(7):501–3.
126. Alaçam T. Endodonti. *Özyurt Matbaacılık*; 2012. 829-858 p.
127. Seltzer S, Naidorf IJ. Flare-ups in endodontics: I. Etiological Factors. *J Endod*. 2004;30(7):476–81.
128. Torabinejad M. Mediators of acute and chronic periradicular lesions. *Oral surgery, oral Med oral Pathol*. 1994;78(4):511–21.
129. Mohorn HW, Dowson J, Blankenship JR. Odontic periapical pressure following vital pulp extirpation. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol*. 1971;31(4):536–44.

130. Matusow RJ. The flare-up phenomenon in endodontics: a clinical perspective and review. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1988;65(6):750–3.
131. Walton R, Fouad A. Endodontic interappointment flare-ups: a prospective study of incidence and related factors. *J Endod.* 1992;18(4):172–7.
132. Abbott P V. Factors associated with continuing pain in endodontics. *Aust Dent J.* 1994;39(3):157–61.
133. Torabinejad M, Kettering JD, McGraw JC, Cummings RR, Dwyer TG, Tobias TS. Factors associated with endodontic interappointment emergencies of teeth with necrotic pulps. *J Endod.* 1988;14(5):261–6.
134. Matusow RJ. Endodontic cellulitis “flare- up”. Case report. *Aust Dent J.* 1995;40(1):36–8.
135. Walton RE. Interappointment flare-ups: incidence, related factors, prevention, and management. *Endod Top.* 2002;3(1):67–76.
136. Trope M. Relationship of intracanal medicaments to endodontic flare-ups. *Endod Dent Traumatol.* 1990;6(5):226–9.
137. Walton RE, Holton IF, Michelich R. Calcium hydroxide as an intracanal medication: effect on posttreatment pain. *J Endod.* 2003;29(10):627–9.
138. Rosenberg P a. Clinical strategies for managing endodontic pain. *Endod Top.* 2002;3(1):78–92.
139. Mehrvarzfar P, Abbott P V., Saghiri MA, Delvarani A, Asgar K, Lotfi M. Effects of three oral analgesics on postoperative pain following root canal preparation: A controlled clinical trial. *Int Endod J.* 2012;45(1):76–82.
140. Holstein A, Hargreaves KM, Niederman R. Evaluation of NSAIDs for treating post-endodontic pain. *Endod Top.* 2002;3:3–13.
141. Keiser K, Hargreaves KM. Building effective strategies for the management of endodontic pain. *Endod Top.* 2002;3(1):93–105.
142. Jayakodi H, Kailasam S, Kumaravadivel K, Thangavelu B, Mathew S. Clinical and pharmacological management of endodontic flare-up. *J Pharm Bioallied Sci.* 2012;4(2):S294–8.
143. Siqueira J. Microbial causes of endodontic flare- ups. *Int Endod J.* 2003;36(7):453–63.
144. Gordon SM, Dionne RA, Brahim J, Jabir F, Dubner R. Blockade of peripheral neuronal barrage reduces postoperative pain. *Pain.* 1997;70(2-3):209–15.

145. Parirokh M, Yosefi MH, Nakhaee N, Manochehrifar H, Abbott P V., Reza Forghani F. Effect of bupivacaine on postoperative pain for inferior alveolar nerve block anesthesia after single-visit root canal treatment in teeth with irreversible pulpitis. *J Endod.* 2012;38(8):1035–9.
146. Frentzen M, Koort HJ. Lasers in dentistry: new possibilities with advancing laser technology? *Int Dent J.* 1990;40(6):323–32.
147. Conlan MJ, Rapley JW, Cobb CM. Biostimulation of wound healing by low-energy laser irradiation. A review. *J Clin Periodontol.* 1996;23(5):492–6.
148. Basford JR. Low intensity laser therapy: still not an established clinical tool. *Lasers Surg Med.* 1995;16(4):331–42.
149. Kreisler MB, Haj HA, Noroozi N, Willershausen B. Efficacy of low level laser therapy in reducing postoperative pain after endodontic surgery-- a randomized double blind clinical study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2004;33(1):38–41.
150. Judy MM, Matthews JL, Aronoff BL, Hults DF. Soft tissue studies with 805 nm diode laser radiation: thermal effects with contact tips and comparison with effects of 1064 nm Nd: YAG laser radiation. *Lasers Surg Med.* 1993;13(5):528–36.
151. Moshonov J, Ørstavik D, Yamauchi S, Pettiette M, Trope M. Nd: YAG laser irradiation in root canal disinfection. *Dent Traumatol.* 1995;11(5):220–4.
152. Moritz A, Gutknecht N, Schoop U, Goharkhay K, Doertbudak O, Sperr W. Irradiation of infected root canals with a diode laser in vivo: results of microbiological examinations. *Lasers Surg Med.* 1997;21(3):221–6.
153. Moritz A, Gutknecht N, Goharkhay K, Schoop U, Wernisch J, Sperr W. In vitro irradiation of infected root canals with a diode laser: results of microbiologic, infrared spectrometric, and stain penetration examinations. *Quintessence Int (Berlin, Ger 1985).* 1997;28(3):205–9.
154. Yoldas O, Topuz A, Isçi AS, Oztunc H. Postoperative pain after endodontic retreatment: Single- versus two-visit treatment. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2004;98(4):483–7.
155. Reddy SA, Hicks ML. Apical extrusion of debris using two hand and two rotary instrumentation techniques. *J Endod.* 1998;24(3):180–3.
156. Al-Omari MAO, Dummer PMH. Canal blockage and debris extrusion with eight preparation techniques. *J Endod.* 1995;21(3):154–8.
157. Torabinejad M, Shabahang S, Bahjri K. Effect of MTAD on postoperative discomfort: a randomized clinical trial. *J Endod.* 2005;31(3):171–6.

158. Bergenholtz G, Spangberg L. Controversies in Endodontics. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*. 2004. p. 99–114.
159. Su Y, Wang C, Ye L. Healing rate and post-obturation pain of single- versus multiple-visit endodontic treatment for infected root canals: A systematic review. *J Endod*. 2011;37(2):125–32.
160. Garg A, Singh S. Incidence of post-operative pain after single visit and multiple visit root canal treatment: A randomized controlled trial. *J Conserv Dent*. 2012;15(4):323-7.
161. ElMubarak AHH, Abu-bakr NH, Ibrahim YE. Postoperative pain in multiple-visit and single-visit root canal treatment. *J Endod*. 2010;36(1):36–9.
162. Rao KN, Kandaswamy R, Umashetty G, Rathore VPS, Hotkar C, Patil BS. Post-Obturation pain following one-visit and two-visit root canal treatment in necrotic anterior teeth. *J Int oral Heal JIOH*. 2014;6(2):28–32.
163. Xiao L, Lavori PW, Wilson SR, Ma J. Comparison of dynamic block randomization and minimization in randomized trials: a simulation study. *Clin Trials*. 2011;8(1):59–69.
164. Gama TG V, de Oliveira JCM, Abad EC, Rôças IN, Siqueira Jr JF. Postoperative pain following the use of two different intracanal medications. *Clin Oral Investig*. 2008;12(4):325–30.
165. De Andrade Risso P, da Cunha AJLA, de Araujo MCP, Luiz RR. Postoperative pain and associated factors in adolescent patients undergoing two-visit root canal therapy. *Aust Endod J*. 2009;35(2):89–92.
166. Tanalp J, Sunay H, Bayirli G. Cross-sectional evaluation of post-operative pain and flare-ups in endodontic treatments using a type of rotary instruments. *Acta Odontol Scand*. 2013;71(3-4):733–9.
167. Segura-Egea JJ, Cisneros-Cabello R, Llamas-Carreras JM, Velasco-Ortega E. Pain associated with root canal treatment. *Int Endod J*. 2009;42(7):614–20.
168. Harrison JW, Craig Baumgartner J, Svec TA. Incidence of pain associated with clinical factors during and after root canal therapy. Part 1. Interappointment pain. *J Endod*. 1983;9(9):384–7.
169. Al-Negrish ARS, Hababbeh R. Flare up rate related to root canal treatment of asymptomatic pulpally necrotic central incisor teeth in patients attending a military hospital. *J Dent*. 2006;34(9):635–40.
170. Pasqualini D, Mollo L, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, Migliaretti G. Postoperative pain after manual and mechanical glide path: A Randomized clinical trial. *J Endod*. 2012;38(1):32–6.

171. Olson AK, Goerig AC, Cavataio RE, Luciano J. The ability of the radiograph to determine the location of the apical foramen. *Int Endod J.* 1991;24(1):28–35.
172. Khayat A, Lee SJ, Torabinejad M. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. *J Endod.* 1993;19(9):458–61.
173. Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J.* 1995;28(1):12–8.
174. Siqueira JF, Rôças IN, Alves FRF, Campos LC. Periradicular status related to the quality of coronal restorations and root canal fillings in a Brazilian population. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2005;100(3):369–74.
175. Gillen BM, Looney SW, Gu LS, Loushine BA, Weller RN, Loushine RJ. Impact of the quality of coronal restoration versus the quality of root canal fillings on success of root canal treatment: A systematic review and meta-analysis. *J Endod.* 2011;37(7):895–902.
176. Barthel CR, Moshonov J, Shuping G, Ørstavik D. Bacterial leakage versus dye leakage in obturated root canals. *Int Endod J.* 1999;32(5):370–5.
177. Price DD, McGrath PA, Rafii A, Buckingham B. The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for chronic and experimental pain. *Pain.* 1983;17(1):45–56.
178. Tsisis I, Faivishevsky V, Fuss Z, Zukerman O. Flare-ups after Endodontic Treatment: A Meta-analysis of Literature. *J Endod.* 2008;34(10):1177–81.
179. Almeida G, Marques E, De Martin AS, da Silveira Bueno CE, Nowakowski A, Cunha RS. Influence of irrigating solution on postoperative pain following single-visit endodontic treatment: randomized clinical trial. *J Can Dent Assoc.* 2012;78:c84.
180. Gondim E, Setzer FC, Dos Carmo CB, Kim S. Postoperative Pain after the Application of Two Different Irrigation Devices in a Prospective Randomized Clinical Trial. *J Endod.* 2010;36(8):1295–301.
181. Teixeira CS, Felipe MCS, Felipe WT. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *Int Endod J.* 2005;38(5):285–90.
182. Levy G. Cleaning and shaping the root canal with a Nd:YAG laser beam: A comparative study. *J Endod.* 1992;18(3):123–7.
183. Camargo SEA, Valera MC, Camargo CHR, Fonseca MB, Menezes MM. Effects of Nd:YAG laser irradiation on root canal dentin wall: a scanning electron microscopic study. *Photomed Laser Surg.* 2005;23(4):399–404.

184. Santos C, Sousa-Neto MD, Alfredo E, Guerisoli DMZ, Pecora JD, Comelli Lia RF. Morphologic evaluation of the radicular dentine irradiated with Nd:YAG laser under different parameters and angles of incidence. *Photomed Laser Surg.* 2005;23(6):590–5.
185. Anić I, Tachibana H, Masumoto K, Qi P. Permeability, morphologic and temperature changes of canal dentine walls induced by Nd: YAG, CO₂ and argon lasers. *Int Endod J.* 1996;29(1):13–22.
186. Anić I, Segović S, Katanec D, Prskalo K, Najzar-Fleger D. Scanning electron microscopic study of dentin lased with argon, CO, and Nd:YAG laser. *J Endod.* 1998;24(2):77–81.
187. Tsatsas B, Tzamouranis A, Mitsis F. A bacteriological examination of root canals before filling. *Int Endod J.* 1974;7(2):78–80.
188. Sundqvist G. Taxonomy, ecology, and pathogenicity of the root canal flora. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1994;78(4):522–30.
189. Nair PNR, Sjögren U, Krey G, Kahnberg K-E, Sundqvist G. Intraradicular bacteria and fungi in root-filled, asymptomatic human teeth with therapy-resistant periapical lesions: a long-term light and electron microscopic follow-up study. *J Endod.* 1990;16(12):580–8.
190. Moritz A, Doertbudak O, Gutknecht N, Goharkhay K, Schoop U, Sperr W. Nd: YAG laser irradiation of infected root canals in combination with microbiological examinations. *J Am Dent Assoc.* 1997;128(11):1525–30.
191. Moritz A, Jakolitsch S, Goharkhay K, Schoop U, Kluger W, Mallinger R. Morphologic changes correlating to different sensitivities of *Escherichia coli* and *Enterococcus faecalis* to Nd:YAG laser irradiation through dentin. *Lasers Surg Med.* 2000;26(3):250–61.
192. Beer F, Buchmair A, Wernisch J, Georgopoulos A, Moritz A. Comparison of two diode lasers on bactericidity in root canals-an in vitro study. *Lasers Med Sci.* 2012;27(2):361–4.
193. Kanumuru NR, Subbaiah R. Bacterial Efficacy of Ca(OH)₂ Against *E. faecalis* Compared with three Dental Lasers on Root Canal Dentine-An Invitro Study. *J Clin diagnostic Res.* 2014;8(11):ZC135.
194. Preethee T, Arathi G, Kandaswamy D, Hannah R. Bactericidal effect of the 908 nm diode laser on *Enterococcus faecalis* in infected root canals. *J Conserv Dent.* 2012;15(1):46-50
195. Neelakantan P, Cheng CQ, Mohanraj R, Sriraman P, Subbarao C, Sharma S. Antibiofilm activity of three irrigation protocols activated by ultrasonic, diode laser or Er: YAG laser in vitro. *Int Endod J.* 2015;48(6):602–10.

196. Mithra N H, Krishna R S, Shishir S, Veenna SA. Comparative evaluation of bactericidal effects on *Enterococcus faecalis* using diode laser irradiation, sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate irrigation" - an in vitro study. *Oral Health Dent Manag.* 2013;12(3):145–50.
197. Mathew J, Emil J, Paulaian B, John B, Raja J, Mathew J. Viability and antibacterial efficacy of four root canal disinfection techniques evaluated using confocal laser scanning microscopy. *J Conserv Dent.* 2014;17(5):444–8.
198. Eriksson AR, Albrektsson T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent.* 1983;50(1):101–7.
199. Bahcall JK, Miserendino L, Walia H, Belardi DW. Scanning electron microscopic comparison of canal preparation with Nd: YAG laser and hand instrumentation: a preliminary study. *Gen Dent.* 1993;41(1):45.
200. Lan WH. Temperature elevation on the root surface during Nd:YAG laser irradiation in the root canal. *J Endod.* 1999;25(3):155–6.
201. Strakas D, Franzen R, Kallis A, Vanweersch L, Gutknecht N. A comparative study of temperature elevation on human teeth root surfaces during Nd:YAG laser irradiation in root canals. *Lasers Med Sci.* 2013;28(6):1441–4.
202. Alfredo E, Marchesan MA, Sousa-Neto MD, Brugnera-Júnior A, Silva-Sousa YTC. Temperature variation at the external root surface during 980-nm diode laser irradiation in the root canal. *J Dent.* 2008;36(7):529–34.
203. Wang X, Sun Y, Kimura Y, Kinoshita J-I, Ishizaki NT, Matsumoto K. Effects of diode laser irradiation on smear layer removal from root canal walls and apical leakage after obturation. *Photomed Laser Surg.* 2005;23(6):575–81.
204. White JM, Fagan MC, Goodis HE. Intrapulpal temperatures during pulsed Nd:YAG laser treatment of dentin, in vitro. *J Periodontol.* 1994;65(3):255–9.
205. Ramsköld LO, Fong CD, Strömberg T. Thermal effects and antibacterial properties of energy levels required to sterilize stained root canals with an Nd:YAG laser. *J Endod.* 1997;23(2):96–100.
206. Goya C, Yamazaki R, Tomita Y, Kimura Y, Matsumoto K. Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on smear layer at the apical stop and apical leakage after obturation. *Int Endod J.* 2000;33(3):266–71.
207. Dederich DN, Zakariasen KL, Tulip J. Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentin following neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. *J Endod.* 1984;10(9):428–31.

208. Folwaczny M, Mehl A, Jordan C, Hickel R. Antibacterial effects of pulsed Nd:YAG laser radiation at different energy settings in root canals. *J Endod.* 2002;28(1):24–9.
209. Imura N, Zuolo ML. Factors associated with endodontic flare-ups: a prospective study. *Int Endod J.* 1995;28(5):261–5.
210. DiRenzo A, Gresla T, Johnson BR, Rogers M, Tucker D, BeGole EA. Postoperative pain after 1- and 2-visit root canal therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002;93(5):605–10.
211. Koba K, Kimura Y, Matsumoto K, Gomyoh H, Komi S, Harada S. A clinical study on the effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation at root canals immediately after pulpectomy and shaping. *J Clin Laser Med Surg.* 1999;17(2):53–6.
212. Koba K, Kimura Y, Matsumoto K, Watanabe H, Shinoki T, Kojoy R. Post-operative symptoms and healing after endodontic treatment of infected teeth using pulsed Nd:YAG laser. *Endod Dent Traumatol.* 1999;15(2):68–72.
213. Yoo YJ, Shon WJ, Baek SH, Kang MK, Kim HC, Lee W. Effect of 1440-nanometer neodymium:Yttrium-aluminum-garnet laser irradiation on pain and neuropeptide reduction: A randomized prospective clinical trial. *J Endod.* 2014;40(1):28–32.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Gaziantep'te doğdum. İlköğretimimi Hoşgör İlköğretim Okulu'nda, ortaöğretimi Gazi Ortaokulu'nda tamamladım. Lise eğitimimi Gaziantep Lisesi'nde tamamladım. Hacettepe Üniversitesi'nden 2006 yılında mezun oldum. 2011 yılında Gaziantep Üniversitesi Sağlık Bilimler Enstitüsü Endodonti Anabilim Dalı'nda doktora eğitimime başladım.

KİŞİSEL BİLGİLER

Hasta Adı-Soyadı:

Yaşı:

Cinsiyeti:

Sistemik Durumu:

Telefon No:

Diş Numarası:

Diş Vitalitesi:

GRUBU

Nd-YAG:

Diyot:

Kontrol:

İŞARET VE SEMPTOMLAR

Ağrı:

Sıcak/Soğuk Hassasiyeti:

Perküsyon/Palpasyon Hassasiyeti:

Fistül:

Şişlik:

RADYOGRAFİK BULGULAR

Lezyon:

PDL:

DİAGNOZPulpalPeriapikal

Normal

Apikal Apse

İrreversible Pulpitis

Akut Apikal Periodontitis

Nekrotik Pulpa

Kronik Apikal Periodontitis

DIŞ OKLUZYONDA MI?**DIŞ KRONLANMIŞ MI?****DIŞ KÖPRÜ AYAĞI MI?****ENSTRUMENTASYON SEVİYESİ?**

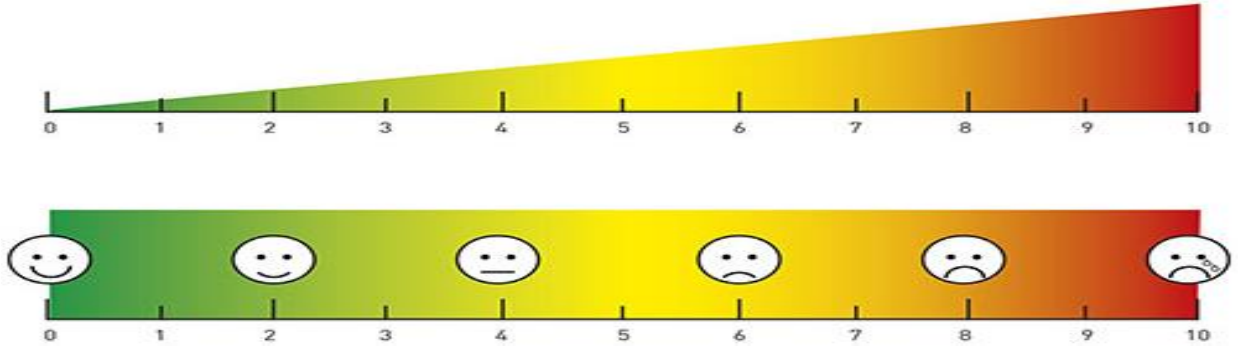
İdeal:

Kısa:

Uzun:

Hasta Adı-Soyadı:

Grubu:



**TEDAVİDEN
ÖNCEKİ
AĞRI ?**

Ağrınızın şiddetini aşağıdaki sayısal değerleri kullanarak işaretleyiniz.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

0= Ağrı yok.

10= Şiddetli ağrı.

**TEDAVİDEN 12
SAAT SONRAKİ
AĞRI ?**

Ağrınızın şiddetini aşağıdaki sayısal değerleri kullanarak işaretleyiniz.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

0= Ağrı yok.

10= Şiddetli ağrı.

**TEDAVİDEN
24 SAAT
SONRAKİ
AĞRI ?**

Ağrınızın şiddetini aşağıdaki sayısal değerleri kullanarak işaretleyiniz.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

0= Ağrı yok.

10= Şiddetli ağrı.

**TEDAVİDEN
48 SAAT
SONRAKİ
AĞRI ?**

Ağrınızın şiddetini aşağıdaki sayısal değerleri kullanarak işaretleyiniz.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

0= Ağrı yok.

10= Şiddetli ağrı.

**TEDAVİDEN
72 SAAT
SONRAKİ
AĞRI ?**

Ağrınızın şiddetini aşağıdaki sayısal değerleri kullanarak işaretleyiniz.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

0= Ağrı yok.

10= Şiddetli ağrı.

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ETİK KURULU BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Gaziantep Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu
	AÇIK ADRESİ:	Gaziantep Üniversitesi Sağlık Bilimler Fakültesi 2. Kat Şehitkamil/Gaziantep
	TELEFON	0342 360 07 53 / 77704
	FAKS	0342 360 39 27
	E-POSTA	gaunetikkurul@gmail.com

BAŞVURU BİLGİLERİ	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Kök Kanal Tedavisinde Nd-YAG ve Diyet Lazerin Post Operatif Ağrı Üzerine Etkisi			
	ARAŞTIRMA PROTOKOL KODU	423			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Yrd. Doç. Dr. Cihan Yıldırım			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Endodonti Anabilim Dalı			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı			
	DESTEKLEYİCİ				
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ				
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 2	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 3	<input type="checkbox"/>		
FAZ 4		<input type="checkbox"/>			
Gözlemsel ilaç çalışması		<input type="checkbox"/>			
İlaç dışı klinik araştırma		<input type="checkbox"/>			
	Diğer ise belirtiniz				
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input checked="" type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input type="checkbox"/>	ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>	

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili		
	DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ			Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>
Bİİ GİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU				Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
OLGU RAPOR FORMU				Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ				Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı			Açıklama		
	SIGORTA	<input type="checkbox"/>				
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	<input type="checkbox"/>				
	BİYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	<input type="checkbox"/>				
	İLAN	<input type="checkbox"/>				
	YILLIK BİLDİRİM	<input type="checkbox"/>				
	SONUÇ RAPORU	<input type="checkbox"/>				
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	<input type="checkbox"/>				
DİĞER:	<input type="checkbox"/>					

bc


KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

KARAR BİLGİLERİ	Karar No: 03.12.2013 /423	Tarih:03.12.2013
	Yukarıda bilgileri verilen klinik araştırma başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın gerekece, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan Etik Kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir	
	Sağlık Bakanlığına Bildirilecek	Evet <input type="checkbox"/> Hayır <input checked="" type="checkbox"/>
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU		
ÇALIŞMA ESASI	Klinik Araştırmalar Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu	
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Prof. Dr.Belgin ALAŞEHİRLİ	

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
Prof. Dr.Belgin ALAŞEHİRLİ	FARMAKOLOJİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Vedat DAVUTOĞLU	KARDİYOLOJİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr.Ercan SIVASLI	PEDIATRİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof.Dr. Mehmet KEŞKİN	PEDIATRİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. İlker SECKİNER	ÜROLOJİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr Mesut ÖZKAYA	İÇ HASTALIKLARI	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Yasemin ZİR	MIKROBİYOLOJİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Beyhan CENGİZ	FİZYOLOJİ	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. Kemal ÜSTÜN	DIŞ HEKİMLİĞİ	Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Seval KUL	BİYOİSTATİSTİK	Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Uzm.Dr. Cahide Elif ORHAN	FARMAKOLOJİ	Gaziantep İl Sağlık Müdürlüğü	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Eyüp ÇELİK	AVUKAT	Gaziantep Barosu	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Baha Günhan GÜNGÖRDÜ	İNŞ.MÜH (sivil Üye)	GASKİ	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	

*:Toplantıda Bulunma

El den teslim aldım.

Rahim Tunç

