

T.C  
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
AĞIZ DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ  
ANABİLİM DALI

**DÜŞÜK YOĞUNLUKLU LAZER UYGULAMASININ  
ENDODONTİK CERRAHİ SONRASI  
YUMUŞAK VE SERT DOKU İYİLEŞMESİ ÜZERİNE  
ETKİLERİ**

**Dt. Revnak METİN**

**DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK PROGRAMI  
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMANI  
Doç. Dr. Ufuk TATLI**

**ADANA-2017**

T.C  
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
AĞIZ DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ  
ANABİLİM DALI

**DÜŞÜK YOĞUNLUKLU LAZER UYGULAMASININ  
ENDODONTİK CERRAHİ SONRASI  
YUMUŞAK VE SERT DOKU İYİLEŞMESİ ÜZERİNE  
ETKİLERİ**

**Dt. Revnak METİN**

**DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK PROGRAMI  
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMANI  
Doç. Dr. Ufuk TATLI**

Bu tez, Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Birimi tarafından  
TDH-2016-5792 No'lu proje olarak desteklenmiştir.

**ADANA-2017**

## KABUL VE ONAY

Diş Hekimliğinde Uzmanlık Programı Çerçevesinde yürütülmüş olan  
Düşük Yoğunluklu Lazer Uygulamasının Endodontik Cerrahi Sonrası  
Yumuşak ve Sert Doku İyileşmesi Üzerindeki Etkileri  
adlı çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tarihi: 01 / 12 / 2017

### TEZ SINAV JÜRİSİ

Doç. Dr.Ufuk Tatlı  
Çukurova Üniversitesi

Başkan

Prof. Dr. Mehmet Kürkçü

Çukurova Üniversitesi

Üye

Prof. Dr. Onur Uçak

Çukurova Üniversitesi

Üye

Doç. Dr. M. Emre Benlidayı

Çukurova Üniversitesi

Üye

Yrd. Doç. Dr. Gonca Duygu Çapar

Trakya Üniversitesi

Üye

Yukarıdaki Tez, Yönetim Kurulunun 06/12/2017 tarih ve 4715 sayılı kararı ile kabul edilmiştir.

## TEŞEKKÜR

Bana olan güvenini ve desteğini her zaman hissettiren, önemli kararları almamda rol alıp imkansız gözükkenleri cesurca ve açık yüreklilikle mümkün kılan, bizlere iyi bir hekim olmanın yanında ahlaklı, vefalı, etik değerleri yüksek, büyüğe saygılı olduğu kadar küçüğe sevgi ve sabırla yaklaşım açısından da örnek olan ve tez çalışmam döneminde çalışma için bütün olanaklarını, bilgi ve birikimini benimle paylaşan, öğrencisi olmaktan mutluluk ve gurur duyduğum sevgili danışmanım *Sn. Doç. Dr. Ufuk TATLI'ya* önce minnetimi sonra teşekkürlerin en büyüğünü sunar,

Öğrencilik dönemim ve uzmanlık eğitimim boyunca her konuda yanımda olan, çok değerli deneyim ve bilgilerini benden esirgemeyen sevgili hocalarım *Sn. Prof. Dr. Mehmet KÜRKÇÜ* ve *Sn. Doç. Dr. M. Emre BENLİDAYI'ya*

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşım cerrahi kabiliyetimin artmasında katkıları bulunan değerli ağabeylerim *Öğr. Gör. Dr. Fariz SALİMOV'a* ve *Uzm. Dr. H. Can TÜKEL'e*

Radyolojik ölçümlerde eşsiz CBCT inceleme tecrübe ve bilgisini bu çalışmada seferber eden *Sn. Yrd. Doç. Dr. Burcu EVLİCE'ye*,

Birlikte çalışmaktan keyif aldığım, tez çalışmamın klinik aşamasında canı gönülden yardımlarını sunan sevgili bölüm arkadaşlarım ve bölüm hemşirelerine,

Tezimin başlangıcından bitim aşamasına kadar beni destekleyen, her konuda fikir danışabildiğim değerli hocalarım *Sn. Prof. Dr. Cenk HAYTAÇ*, *Sn. Prof. Dr. Onur UÇAK* ve *Sn. Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZCAN'a*,

Çalışmamın bilimsel yayına dönüşmesine maddi destek sağlayan Çukurova Üniversitesi BAP birimine,

Tüm hayatım boyunca aldığım her karara saygı gösteren, bugünlere gelmemde en büyük emeğe sahip olan ve varlıklarıyla bana her daim güç veren annem *Reyhan AKBURAK*, babam *Ahmet AKBURAK* ve kardeşim *H. Çağrı AKBURAK'a*,

Hayatıma girdiği andan bu yana her türlü desteği ve fedakarlığı benden esirgemeyen, hoşgörüsü, sabrı ve sevgisiyle her zaman yanımda olan, attığım her adımda destek aldığım, huzur kaynağım sevgili eşim *Dr. Caner METİN*'e  
Sonsuz minnettarlığımı ve teőekkürlerimi sunarım.



# İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
TABLolar DİZİNİ .....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	x
ÖZET .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	2
2.1. Lazerin Tanımı ve Tarihçesi.....	2
2.2. Lazer Temelleri .....	3
2.2.1. Işık .....	3
2.2.2. Amplifikasyon.....	5
2.2.3. Uyarılmış Emisyon .....	7
2.2.4. Radyasyon .....	8
2.2.5. Emisyon Modları .....	8
2.2.6. Lazerin Doku Üzerindeki Etkileri .....	9
2.2.7. Doku Sıcaklığı .....	12
2.3. Lazer Sınıflaması .....	14
2.3.1. Enerji düzeylerine göre lazerler:.....	14
2.3.2. Elde edildikleri aktif ortama göre lazerler: .....	14
2.4. Dış Hekimliğinde Kullanılan Lazerler.....	15
2.4.1. Argon Lazer .....	15
2.4.2. Diyot Lazer.....	16
2.4.3. Neodimyum:YAG Lazer .....	17
2.4.4. Erbiyum Lazer .....	17
2.4.5. CO <sub>2</sub> Lazerler .....	18
2.5. Düşük Yoğunluklu Lazer Tedavisi.....	19
2.5.1. Terapötik Lazerler .....	20

2.5.2. Mekanizması .....	20
2.5.3. Hücresel Etkisi .....	21
2.5.4. Dozaj.....	22
2.5.5. Stimülasyon / İnhibisyon .....	23
2.5.6. Yan Etkiler Ve Kontrendikasyonları.....	23
2.5.7. Belgeler.....	24
2.5.8. Dental Endikasyonlar .....	24
2.5.8.1. Anestezi .....	24
2.5.8.2. Aftöz Ülserler.....	25
2.5.8.3. Ödem .....	25
2.5.8.4. Endodonti.....	25
2.5.8.5. Ekstraksiyon.....	25
2.5.8.6. Herpes Simpleks .....	26
2.5.8.7. İmplantoloji.....	26
2.5.8.8. Mukozal Lezyonlar .....	26
2.5.8.9. Ortodonti .....	26
2.5.8.10. Ağrı .....	27
2.5.8.11. Parestezi .....	27
2.5.8.12. Pediatrik Tedavi .....	27
2.5.8.13. Perikoronitis .....	27
2.5.8.14. Kemik Onarımı .....	28
2.5.8.15. Yara İyileşmesi.....	28
2.6. Lazer Güvenliği .....	28
2.7. Endodontik Cerrahi .....	29
2.7.1. Endodontik Cerrahinin Endikasyonları .....	30
2.7.2. Endodontik Cerrahinin Kontrendikasyonları .....	31
2.7.3. Genel Cerrahi Prensipler:.....	32
2.7.4. Kök Ucu Rezeksiyonu .....	33
2.8. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (Cone Beam Computed Tomography, KIBT).....	34
<b>3. YÖNTEM .....</b>	<b>36</b>
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>43</b>

<b>5. TARTIŞMA</b> .....	52
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b> .....	60
<b>KAYNAKLAR</b> .....	61
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	69





# ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No:</u>	<u>Sayfa No:</u>
<b>Şekil 2.1.</b> Elektromagnetik dalganın özellikleri.....	4
<b>Şekil 2.2.</b> CO2 ya da Nd:YAG gibi bir gaz ya da katı aktif-ortamlı lazerin illüstrasyonu .....	6
<b>Şekil 2.3.</b> Yarı iletken diod lazer.....	6
<b>Şekil 2.4.</b> Günümüzde tedavi amaçlı kullanılan dental lazerlerin elektromanyetik spektrumdaki yerleri .....	8
<b>Şekil 2.5.</b> Dört farklı potansiyel lazer-doku etkileşimi.....	10
<b>Şekil 2.6.</b> Lazerlerin dental yapılardaki yaklaşık absorpsiyon eğrileri.....	12
<b>Şekil 3.1.</b> Lazer grubunda lezyon alanlarını gösteren iki farklı hastaya ait periapikal radyograflarlar; a1,a2) preoperatif, b1,b2) postoperatif 1. hafta, c1,c2) postoperatif 3. ay, d1,d2) postoperatif 6. Ay .....	40
<b>Şekil 3.2.</b> Kontrol grubunda lezyon alanlarını gösteren iki farklı hastaya ait periapikal radyograflarlar; a1,a2) preoperatif, b1,b2) postoperatif 1. hafta, c1,c2) postoperatif 3. ay, d1,d2) postoperatif 6. Ay .....	40
<b>Şekil 3.3.</b> Defekt hacminin ve kemik densitesinin ölçümü gösteren KIBT görüntüleri .....	42
<b>Şekil 3.4.</b> Defekt sınırlarını gösteren cross-sectional KIBT görüntüsü.....	42
<b>Şekil 4.1.</b> Postoperatif 1., 3., 7. günlerde ödem.....	44
<b>Şekil 4.2.</b> Postoperatif 1., 3., 7. günlerde yara iyileşmesi .....	44
<b>Şekil 4.3.</b> Postoperatif 1., 3., 7. günlerde alınan toplam analjezik sayısı.....	45
<b>Şekil 4.4.</b> Postoperatif 1., 3., 7. günlerde gruplar arasındaki ağrı skalası .....	45
<b>Şekil 4.5.</b> Lazer grubundaki iki farklı hastaya ait, postoperatif 1., 3., ve 7. günlerdeki ağız içi görüntüleri: a1,a2) postoperatif 1.gün; b1,b2) postoperatif 3.gün; c1,c2) postoperatif 7.gün.....	46
<b>Şekil 4.6.</b> Kontrol grubundaki iki farklı hastaya ait, postoperatif 1., 3., ve 7. günlerdeki ağız içi görüntüleri: a1,a2) postoperatif 1.gün; b1,b2) postoperatif 3.gün; c1,c2) postoperatif 7.gün.....	46
<b>Şekil 4.7.</b> Preop, postop 1. hafta, 3. ay ve 6. aylarda defekt alanı bakımından gruplar arasındaki dağılım.....	50
<b>Şekil 4.8.</b> Preop, postop 1. hafta, 3. ay ve 6. aylarda periapikal indeks açısından gruplar arasındaki dağılım.....	50
<b>Şekil 4.9.</b> Preop ve postop 3. ayda lezyon hacmi bakımından gruplar arası dağılım .....	51
<b>Şekil 4.10.</b> Preop ve postop 3. ayda kemik densitesi bakımından gruplar arası dağılım .....	51

## TABLolar DİZİNİ

<b><u>Tablo No:</u></b>	<b><u>Sayfa No:</u></b>
<b>Tablo 2.1.</b> Lazer enerjisinin sıcaklık düzeyine bağlı dental yumuşak dokudaki değişiklikler.....	13
<b>Tablo 2.2.</b> DYLt'nin hücresele düzeyde etkileri.....	22
<b>Tablo 3.1.</b> GOHAI ve OHIP-14 anketlerinin soruları .....	39
<b>Tablo 4.1.</b> Takipler sırasında klinik parametrelerin skorlarının (ortalama ± SS) gruplar arasındaki karşılaştırılması .....	43
<b>Tablo 4.2.</b> Tüm tedavi gruplarında postoperatif 1., 3. ve 7. günlerde fonksiyonel limitasyon, ağrı ve rahatsızlık, psikolojik ve davranışsal etkiler ve toplam OHIP-14 skorlarının karşılaştırılması. Veriler ortalama ± SS olarak ifade edildi.....	47
<b>Tablo 4.3.</b> Tüm tedavi gruplarında postoperatif 1., 3. ve 7. günlerde fonksiyonel limitasyon, ağrı ve rahatsızlık, psikolojik ve davranışsal etkiler ve toplam GOHAI skorlarının karşılaştırılması. Veriler ortalama ± SS olarak ifade edildi.....	48
<b>Tablo 4.4.</b> Takipler sırasında gruplar arasındaki defekt alanı (mm <sup>2</sup> ) ve PAI skorlarının karşılaştırılması. Veriler ortalama ± SS olarak ifade edildi.....	49
<b>Tablo 4.5.</b> Takipler sırasındaki gruplar arasındaki defekt hacmi (cm <sup>3</sup> ) ve yoğunluk değerlerinin karşılaştırılması. Veriler ortalama ± SS olarak ifade edildi.....	49

## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>DYLT</b>	: Düşük yoğunluklu lazer tedavisi
<b>LLLT</b>	: Low Level Laser Therapy
<b>VAS</b>	: Vizüel analog skala
<b>KIBT</b>	: Konik Hüzmeli Bilgisayarlı Tomografi (Cone Beam Computed Tomography)
<b>OHIP-14</b>	: Oral Health Impact Profile-14 (Ağız Sağlığıyla İlişkili Hayat Kalitesi İndeksi)
<b>GOHAI</b>	: General Oral Health Assessment Index (Genel Ağız Sağlığı Değerlendirme İndeksi)
<b>FDA</b>	: U S Food and Drug Administration (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi)
<b>PAI</b>	: Periapikal indeks
<b>SS</b>	: Standart sapma
<b>IR</b>	: Infrared (Kızılötesi)
<b>Hz</b>	: Hertz
<b>J</b>	: Joule
<b>J/cm<sup>2</sup></b>	: Santimetrekare başına joule
<b>nm</b>	: Nanometre
<b>μ</b>	: Mikron
<b>°C</b>	: Santigrad derece
<b>Mw</b>	: Miliwatt
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbon dioksit
<b>NO</b>	: Nitrik oksit
<b>CW</b>	: Continuous wave (Sürekli dalga)
<b>Sn</b>	: Saniye
<b>Dk</b>	: Dakika
<b>kV</b>	: Kilovolt
<b>mA</b>	: Miliamper
<b>Nd:YAG</b>	: Neodmiyum:Yitrium-Alüminyum-Garnet
<b>Hol:YAG</b>	: Holmiyum:Yitrium-Alüminyum-Garnet

**Er:YAG** : Erbiyum: Yitriyum-Alüminyum-Garnet  
**Er,Cr:YSGG** : Erbiyum, Kromiyum: Yitriyum-Skandiyum-Galliyum-Garnet  
**HeNe** : Helyum-Neon  
**GaAs** : Galyum-Arsenid  
**GaAlAs** : Galyum-Alüminyum-Arsenid  
**ALP** : Alkalin fosfataz  
**ATP** : Adenosin trifosfat



## ÖZET

### Düşük Yoğunluklu Lazer Uygulamasının Endodontik Cerrahi Sonrası Yumuşak Ve Sert Doku İyileşmesi Üzerine Etkileri

**AMAÇ:** Bu prospektif çalışmanın amacı; endodontik cerrahi sonrası düşük yoğunluklu lazer tedavisinin (DYLT) yumuşak ve sert doku üzerindeki muhtemel klinik yararlarını ölçmektir.

**YÖNTEM:** Maksiller kesici dişlere endodontik cerrahi yapılan 76 hasta bu çalışmaya dahil edildi. Hastalar randomize olarak kontrol grubu ve lazer grubu olmak üzere ikiye ayrıldı. Lazer grubunda operasyondan hemen sonra ve postoperatif 7 gün boyunca hergün lazer uygulaması yapıldı. Kontrol grubunda lazer uygulaması yapılmadı. Hastalar ağrı (Visual analogue scale, VAS), ödem, ekimoz, kullanılan toplam analjezik tablet sayısı, yumuşak doku iyileşmesi, periapikal indeks, defekt alanı, defekt hacmi, kemik densitesi ve yaşam kalitesi indeksleri [Oral Health Impact Profile-14 (OHIP-14) (Ağız Sağlığıyla İlişkili Hayat Kalitesi İndeksi-14) ve General Oral Health Assessment Index (GOHAI) Genel Ağız Sağlığı Değerlendirme İndeksi]] bakımından karşılaştırıldı.

**BULGULAR:** 71 hasta çalışmayı tamamladı (Kontrol grubu n=37, lazer grubu n=34). Lazer grubu kontrol grubuna kıyasla ödem, yara iyileşmesi ve kullanılan toplam analjezik tablet sayısı bakımından, ameliyat sonrası 1., 3. ve 7. günlerde istatistiksel olarak daha iyi sonuçlar göstermiştir. Ameliyat sonrası 1. günde iki grup arasında ekimoz açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yokken, 3. ve 7. günlerde lazer grubunda ekimozlarda istatistiksel olarak anlamlı bir azalmanın olduğu görüldü. VAS skorları, lazer grubunda kontrol grubuna kıyasla, hastaların postop 1. ve 3. günlerde ağrılarının anlamlı derecede daha düşük olduğunu ortaya koydu. OHIP-14 ve GOHA indekslerinde, lazer grubu operasyon sonrası 1. ve 3. günlerde kontrol grubuna kıyasla belirgin şekilde daha iyi sonuçlar verdi; bununla birlikte, sonuçlar postop 7. günde iki grup arasında karşılaştırılabilir düzeydedir. Lazer grubu kontrol grubuna kıyasla, postop 3. ayda kemik yoğunluğu, defekt hacmi, defekt alanı ve periapikal indeks bakımından belirgin olarak olumlu sonuçlar verdi.

**SONUÇ:** Bu çalışma ile endodontik cerrahi sonrası DYLT uygulamasının, yumuşak ve sert doku iyileşmesini geliştirdiği ve özellikle iyileşme döneminin erken fazında ağrı ve yaşam kalitesi açısından olumlu sonuçlar gösterdiği sonucuna varıldı.

**Anahtar Kelimeler:** Düşük yoğunluklu lazer tedavisi, diod lazer, endodontik cerrahi, apikal rezeksiyon.

## ABSTRACT

### Effects of Low-Level Laser Therapy on Soft and Hard Tissue Healing After Endodontic Surgery

**PURPOSE:** The aim of this prospective study was to examine possible clinical benefits of Low-Level Laser Therapy (LLLT) on soft and hard tissue healing after endodontic surgery.

**METHODS:** Seventy-eight endo-surgery cases on maxillary incisors were included to the study. The patients were assigned randomly into a control group and a laser group. In the laser group, diode laser irradiation was performed immediately after surgery and daily for post-operative 7 days. In the control group, patients were not subjected laser therapy. The patients were compared in terms of pain (Visual analogue scale, VAS), edema, ecchymose, total number of analgesic tablets used, soft tissue healing, periapical index, defect area, defect volume, bone density, and life quality indexes [Oral Health Impact Profile-14 (OHIP-14) and General Oral Health Assessment Index (GOHAI)].

**RESULTS:** A total of 71 patients completed the study (n=37 for control group, n=34 for laser group). The laser group showed statistically better results in edema, wound healing, and total number of analgesic tablets used on the 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup> and 7<sup>th</sup> post-operative days compared to the control group. There was no statistically significant difference in ecchymose between the two groups on the post-op 1<sup>st</sup> day; however, there was a statistically significant reduction in ecchymoses in the laser group on the post-op 3<sup>rd</sup> and 7<sup>th</sup> days. The VAS scores showed that patients had significantly lower pain on the 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> post-op days in laser group compared with the control group. The laser group showed significantly better results in OHIP-14 and GOHA indexes on post-op day 1 and 3 compared to the control group; however, the results were comparable between the two groups on the post-op day 7. The laser group showed significantly favorable results in terms of bone density, defect volume and area, and periapical index compared to the control group in the post-op 3<sup>rd</sup> month.

**CONCLUSION:** This study concluded that LLLT improved soft and hard tissue healing after endodontic surgery and also showed favorable effects on pain and life quality of patients especially in the early phase of healing period.

**Keywords:** Low level laser therapy, diode laser, endodontic surgery, apical resection.

# 1. GİRİŞ

Literatürde çoğunlukla Low Level Laser Therapy (LLLT) adı altında yer alan düşük yoğunluklu lazer tedavisi (DYLT) için “soft lazer tedavisi” veya “biyostimülasyon” terimleri de kullanılmaktadır. DYLT ile ilgili ilk çalışmalarda 632,8 nm dalga boyuna sahip HeNe gaz lazerler kullanılırken, günümüzde DYLT amaçlı klinik uygulamalarda 635 nm veya 830 nm dalga boylu GaAr veya GaAlAs gibi diyot lazerler tercih edilmektedir.

DYLT; biyostimülasyon yoluyla, yan etki göstermeden ağrıyı ve şişliği azaltarak inflamatuvar prosesi modüle eder ve doku iyileşmesini destekler [1]. Literatürde yer alan birçok kontrollü çalışmada hem hücresel hem de histolojik seviyede lazerin olumlu etkisi gösterilmiştir [2-4]. Oral cerrahi müdahaleler için DYLT'nin iyileşmeyi hızlandırması beklenir. Literatürde iyileşme süresini 3 kata kadar hızlandırdığı yer almaktadır [5].

DYLT, vazodilatasyona ve artan lokal kan akımına yol açar. Bu sayede bölgeye daha fazla oksijen taşınmasına ve immün hücrelerin doku içine daha fazla geçişine neden olur. Yanısıra, endotelyumdaki düz kaslarda gevşemeyi ve rahatlamayı sağlar. Bu iki etki sayesinde hızlanmış doku iyileşmesi meydana gelir [6].

DYLT'nin oral ve maksillofasiyal cerrahide olumlu etkilerini gösteren birçok çalışma olmasına rağmen, endodontik cerrahiden sonra DYLT'nin etkilerini değerlendiren çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Ayrıca bildiğimiz kadarıyla DYLT'nin endodontik cerrahiden sonraki etkilerini yumuşak ve sert doku iyileşmesi açısından değerlendiren literatürde bir çalışma bulunmamaktadır. DYLT'nin endodontik cerrahiden sonra kemik iyileşmesinde yoğunluk ve hacim değerlendirmesi açısından ayrıntılı değerlendirmelerinde de literatürde eksiklik vardır.

Bu çalışmanın amacı; endodontik cerrahi sonrası DYLT'nin yumuşak ve sert doku iyileşmesi üzerindeki muhtemel klinik yararlarını ayrıntılı olarak değerlendirmektir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Lazerin Tanımı ve Tarihçesi

**LASER** İngilizce "*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*" kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır ve Türkçe karşılığı "Radyasyonun uyarılmış emisyonu ile ışığın güçlendirilmesi"dir [7].

İnsanoğlunun ışık özelliklerine olan hayranlığı ve ışığın tıptaki uygulamaları antik çağlara kadar izlenebilir. Güneş ışığından veya kamp ateşinden gelen ısı, terapi için kullanılmıştır. Antik Yunanistan'da, sağlığın kazanılması amacıyla güneş ışınlarından yararlanıldığı (helioterapi) bilinmektedir [8]. Yunanlılar ve Romalılar günlük güneş banyolarına girmişler ve solaryumlar birçok Roma evine dahil edilmiştir. Eski Mısırlılar, Çinliler ve Hintliler, raşitizm, sedef hastalığı, cilt kanseri ve hatta psikoz tedavisinde ışık kullanmışlardır [9].

Fotokemoterapi; ışığı absorbe eden fotosensitizatörün cilde uygulandıktan sonra terapötik etki göstermesidir ve ilk kullanımı M.Ö. 1400 yılına dayanmaktadır. Antik Mısırlılar, Hintliler, Kızılderililer ve Yunanlılar maydanoz ve diğer bitkilerde bulunan doğal olarak oluşan fotosensitizer psöralensi aktive ederek lökoderma ve vitiligonun tedavisinde kullanmışlardır [9].

Yirminci yüzyılın başında fizikteki gelişmeler, Albert Einstein'ın varsaydığı lazer teorisinin temelini atmış ve 1960'da bu özel ışık formunun icadı ile son bulmuştur. Kısa süre sonra, araştırmacılar, tıbbi tedavide ve diş tedavisinde olası lazer teknolojileri uygulamalarını keşfetmeye başlamışlardır [9].

Arthur Schawlov ve Charles Townes mikrodalga ve görünür ışık arasındaki, kavite yapıları, spontane emisyon oranları, değişik enerji düzeyleri arasındaki enerji farkları gibi önemli ayrımları tanımlamışlardır ve 1958 yılında, lazeri, teori olarak ortaya koymuşlardır [7, 10].

1960 yılında, fizikçi Theodore H. Maiman, ucunda yansıtıcı kaplaması bulunan sentetik bir ruby (yakut) çubuğunu helikal flaş lamba ile çevreleyerek ilk lazer cihazını üretmiştir [7, 10].

Sürekli yakut lazer tıpta kullanılan ilk lazerdir. Lazer tıbbında öncü olan



Leon Goldman tarafından dövme silinmesi, skar tedavileri gibi tedaviler için ve iyileşmeyi başlatmak için kullanılmıştır [11, 12]. Yine Dr. Goldman, diş hekimi olan kardeşinin dişinde yakut lazer kullanarak ağrısız mine yüzeyi aşındırmasını sağlamıştır [13]. Sürekli yakut lazer, çıkış gücüne, ayarlanabilirliğine ve birimlerin çalıştırılmasında ve soğutulmasında karşılaşılan zorluklara bağlı olarak, yerini hızla daha çok yönlü diot, Nd:YAG ve argon lazerlere bırakmıştır [14].

1970'lerde, düşük enerji seviyeli lazer uygulamaları başlamıştır. Düşük enerji seviyeli lazerler daha ucuz, daha yüksek güçte (30 mW ya da daha az) semikondüktörlerin kullanıldığı (Ga-Al-As (Galyum-Alüminyum-Arsenid) lazer veya Ga-As (Galyum-Arsenid) lazer) Avrupa, Asya, Güney Amerika ve Avustralya'da popülerlik kazanmaya başlamıştır. Ga-Al-As (780-890 nm) 1980'lerin sonunda geliştirilmiştir. İlk başta 10 ila 30 mW arası tasarlanmış ancak 1990'ların sonunda 500 mW güce ulaşmıştır [15].

1990'larda, makul fiyatlarda yüksek doz ileten lazerlerin gücü artmış ve daha etkili oldukları kanıtlanmıştır. En son karpal tünel sendromu ve iskelet kas kaynaklı minör kronik boyun ve omuz ağrısı tedavisinde FDA (U S Food and Drug Administration (Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi)) onaylı tedavide kullanılmaya başlanmış ve terapötik lazerlerin pozitif etkinliği ve gelişimi kanıtlanmıştır [15].

Oral ve maksillofasiyal bölgede ise düşük enerji seviyeli lazerler, yara iyileşmesi, aftöz ülser tedavisi, dişlerde plak formasyonunun inhibisyonu, diş çekim soketlerinin ve implant sonrası iyileşmesinin hızlandırılması, sinir yaralanmalarının tedavisi, ağrılı temporomandibuler eklem bozuklukları ve diğer fibromiyaljik hastalıklarda kullanılmaktadır [16].

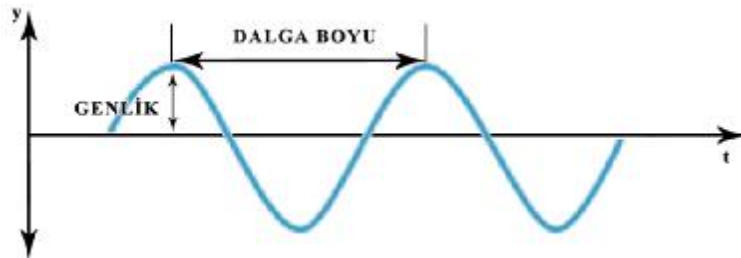
## **2.2. Lazer Temelleri**

### **2.2.1. Işık**

Işık, bir parçacık olarak var olan ve sabit hızda dalgalar halinde hareket eden bir elektromanyetik enerjidir. Bu radyan enerjinin temel birimi foton olarak adlandırılır [7]. Fotonlar insanın bildiği en küçük enerji birimidir ve genellikle sıfır

kütle veya yüke sahip olarak kabul edilir [17, 18]. Bu fotonlar, 100.000 elektron volttan yüksek enerji değerlerine sahip olan gama ışınlarından çok düşük enerji değerlerine sahip radyo dalgalarına kadar uzanır [17].

Foton dalgaları ışık hızında hareket eder ve iki temel özellik ile tanımlanabilir: genlik ve dalga boyu (Şekil 2.1). Genlik, o eksenin etrafında hareket ederken dalganın sıfır ekseninden zirve noktasına dikey yüksekliği olarak tanımlanır ve o dalganın enerjisini joule (J) cinsinden ifade eder. Bu, dalganın yoğunluğu ile ilgilidir: genlik ne kadar büyük olursa, gerçekleştirilebilecek olası ışık miktarı o kadar artar. Ses dalgası için genlik yükseklik ile ilişkilidir. Işık yayan bir dalga için, genlik parlaklıkla ilişkilidir. Bir dalganın ikinci özelliği, dalganın horizontal aksı boyunca simetrik iki karşılık gelen nokta arasındaki yatay uzaklık olan dalga boyudur ( $\lambda$ ). Bu ölçüm lazer ışığının cerrahi bölgeye nasıl dağıtıldığı ve doku ile nasıl reaksiyon gösterdiği bakımından önemlidir. Dalgaboyu metre cinsinden ölçülür (m). Dental lazerlerde, nanometre (nm,  $10^{-9}$  m) veya mikrometre (aynı zamanda mikron [ $\mu$  veya  $\mu\text{m}$ ],  $10^{-6}$  m) terimlerinin kullanıldığı çok daha küçük dalga boyları vardır [7, 18].



Şekil 2.1. Elektromagnetik dalganın özellikleri

Dalgalar hareket ettikçe sıfır eksenini çevresinde saniyede belirli sayıda dönerler; buna salınım denir. Birim zaman başına salınımların sayısı frekans olarak tanımlanır. Frekans hertz cinsindedir (Hz); 1 Hz saniyede 1 salınıma eşittir. Frekans, dalga boyu ile ters orantılıdır: dalga boyu ne kadar kısa olursa frekans da o kadar yüksek olur. Hertz, fizikte yaygın olarak kullanılan bir terim

olmakla birlikte, yayılan lazer enerjisinin saniye başına atım sayısını tanımlamak için de kullanılır [18].

Lazer ışığı, sıradan ışıktan aşağıda belirtilen iki özellik ile ayrılır [17]:

- Lazer ışığı, tek renk olarak üretilir; bu özellik monokromatiktir. Dental lazerler görünür veya görünmez ışık yayabilir.
- Lazer ışığının dalgaları tutarlıdır. Her dalga fiziksel boyut ve şekil bakımından aynıdır.

Bu monokromatik, tutarlı dalgalı ışık enerjisi lazer cihazından belirli bir ışın huzmesi şeklinde ve benzersiz bir enerji kaynağı olarak ortaya çıkar. Örnek olarak; 100 watt'lık bir lamba, bir miktar ısı ile bir oda alanı için ılımlı bir ışık miktarı üretecektir. Öte yandan, bir fibromanın eksizyonu için 2 watt'lık lazer ışını kullanılabilirken, çevredeki dokuları rahatsız etmeden cerrahi bölgede yeterli hemostaz sağlanır [19]. Lazer enerjisi ile terapötik uygulamalar yapmamızın nedeni budur.

### **2.2.2. Amplifikasyon**

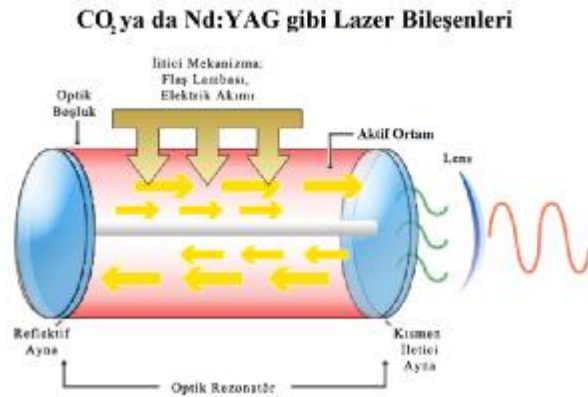
Amplifikasyon, lazerin içinde gerçekleşen bu işlemin parçasıdır. Bir lazer aletinin bileşenlerini belirlemek, lazer ışığının nasıl üretildiğini gösterir. Lazerin merkezine lazer boşluğu denir. Aşağıdaki üç bileşen lazer boşluğunu oluşturmaktadır:

- Aktif madde
- Pompalama mekanizması
- Optik rezonatör

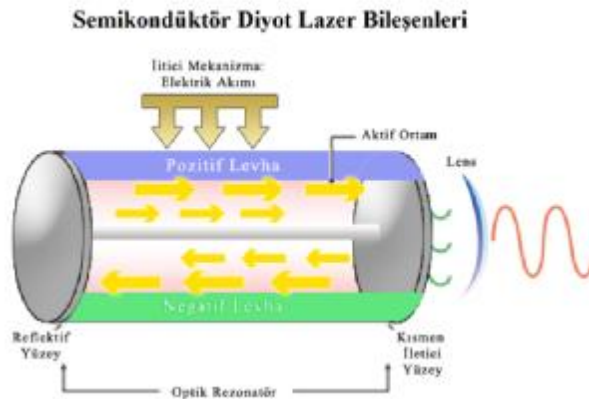
Aktif madde, kimyasal elementler, moleküller veya bileşiklerden oluşur. Lazerler, genel olarak aktif maddeye göre adlandırılır; (1) bir karbondioksit (CO<sub>2</sub>) lazerinde CO<sub>2</sub> gazı tenekesi gibi bir gaz muhafazası; (2) bir erbiyum (Er) YAG veya bir neodimyum (Nd) YAG lazerinde bir itriyum, alüminyum ve granat (YAG) kristali gibi katı bir kristal; (3) diyot lazerlerde bulunan yarıiletkenler gibi

bir katı hal yarı iletken; veya (4) bazı tıbbi lazer cihazlarında bulunan gibi bir sıvı.

Bu aktif ortam ya bir elektrik akımı biçiminde ya da hızlı bir flaş lambası kullanılmasıyla, ilk foton enerjisini sağlayan bir pompalama mekanizması ile çevrilidir. Bu pompalama mekanizması ile fotonlar uyarılır ve aynalar yardımıyla yansıtılır, bu odadaki titreşimle büyütülür ve sonunda lazer ışığı üretilir (Şekil 2.2-2.3). Aktif ortamdaki optik kazanç çok düşük (yaklaşık %1) olduğu için yükseltici aynalar gereklidir. Yarı iletken lazerler, (%30-60 aralığında) yüksek optik kazanç sağlar ve amplifikasyon için aynalar gerektirmez. Ortaya çıkan monokromatik, tutarlı ışık, ışın cihazın bir ucundaki küçük bir açıklık vasıtasıyla odaklanır ve yayılır [17, 18].



**Şekil 2.2.** CO<sub>2</sub> ya da Nd:YAG gibi bir gaz ya da katı aktif-ortamlı lazerin illüstrasyonu [18].



**Şekil 2.3.** Yarı iletken diod lazer [18]

### 2.2.3. Uyarılmış Emisyon

Uyarılmış emisyon, lazer ışınlarının lazer boşluğunda üretildiği süreçtir. Uyarılmış emisyon teorisi, 1916'da Albert Einstein tarafından öne sürülmüştür. Albert Einstein çalışmasını, atomun bir modelinin yanı sıra fizikin kuantum teorisini teorize eden Almanya'daki (Max Planck) ve Danimarka'daki (Niels Bohr) fizikçilerin önceki çalışmalarına dayandırmıştır [18, 20]. Bir kuantumu, bir atomdan yayılan en küçük enerji birimi olarak tanımlamıştır. Işığın kuantumu, bir düzlemde yukarı ve aşağı osilasyon yapan bir elektrik alanına sahip elektromanyetik dalga olarak tanımlanır. Işığın temel birimi, ya da kuantumu olan foton, düzlemde soldan sağa 1 foot/nanosaniye'de (1 ns = saniyenin milyarda biri) hareket eder. Işık bir cisimle karşılaştığında absorbe edilebilir veya yönü değişebilir; yansiyabilir, saçılabilir. Eğer bir foton absorbe edilirse enerjisi yıkılmaz, bunun yerine absorbe eden atom veya molekülün enerji düzeyini arttırır. Bu durum lazer fiziği ve lazer-doku etkileşiminin merkezidir.

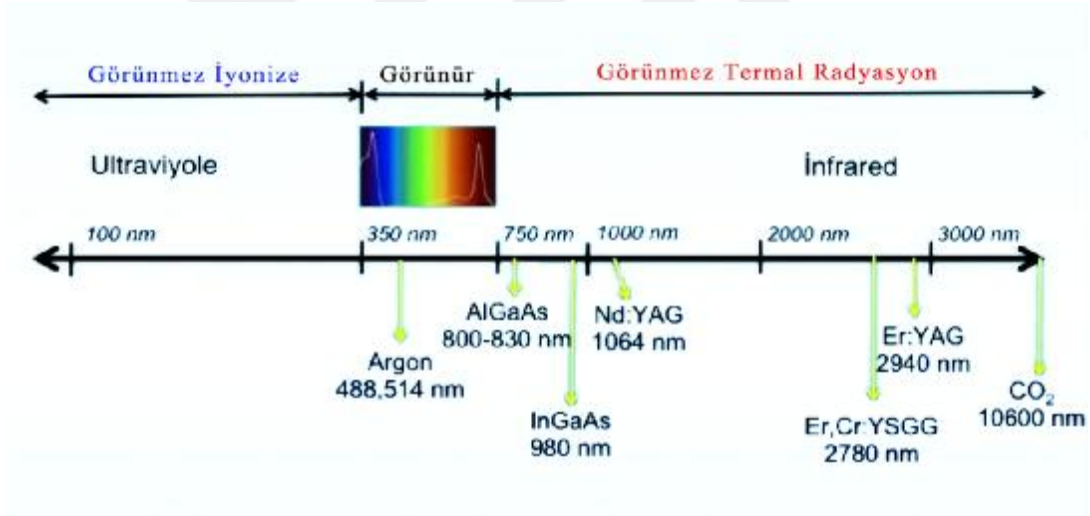
Bir atom bir fotonu absorbe edebilir. Foton varlığını yitirir ve atomun içindeki bir elektron daha yüksek enerji düzeyine sıçrar, böylece bu atom dinlenme zemininden uyarılmış düzeye pompalanır. Uyarılmış düzeyde, atom stabil değildir ve emitted (saçılan) bir foton formunda depoladığı enerjisi salarak daha sonra kendiliğinden dinlenme zeminine geriler. Bu süreç "**spontan emisyon**" olarak adlandırılır. Bir atom üzerinde farklı enerji düzeylerine sahip farklı elektron yörüngeleri olduğu için bu yörüngelerden elektronların kararlı olduğu yörüngeye geçişi sırasındaki foton salınımı da farklı dalga boylarında olacaktır. Lazerde oluşan ışınım, bir ampulün ışık oluşturmasındaki gibi akkor ışınımıdır.

Albert Einstein uyarılmış emisyonu geliştirerek şu tanımı yapmıştır; enerji yükünü almış bir atom, yükünü (kuantum) bırakmadan hemen önce, başka bir uyarılmış atomdan salınan enerji ile uyarılacak olursa, aynı özelliklere sahip ikinci bir kuantum salınımı yapacaktır. Her iki kuantum da birbirinin aynısı olacak ve aynı dalga boyuna sahip olacaktır. Bu fotonlar daha fazla atoma enerji verebilirler ve çevrelerindeki atomları stimüle edebilirler. Eğer koşullar uygunsa, aktif ortam içerisindeki atomların çoğu dinlenme düzeyinden daha yukarı çıkarlar. Bu dönemde uyarılmanın olması için, kesintisiz enerji kaynağı

yani pompalama mekanizması olmalıdır [7, 21].

#### 2.2.4. Radyasyon

Lazer tarafından üretilen ışık dalgaları spesifik bir radyasyon veya elektromanyetik enerji şeklidir. Elektromanyetik spektrum,  $1 \times 10^{-12}$  m'lik dalga boylarına sahip gama ışınlarından binlerce metre uzunluğunda radyo dalgalarına kadar değişik türde elektromanyetik dalgayı içerir. Şu anda mevcut olan tüm dental lazer cihazları, yaklaşık 0.5  $\mu$  veya 500 nm ila 10.6  $\mu$  veya 10.600 nm emisyon dalga boylarına sahiptir; bu nedenle elektromanyetik spektrumun görünür ve görünmez infrared iyonize olmayan bölümündedirler ve termal radyasyon yayarlar (Şekil 2.4). İyonize ve iyonize olmayan kısımları birbirinden ayıran sınır ultraviyole ve görünür viyole (mor) ışığın birleşimidir.



Şekil 2.4. Günümüzde tedavi amaçlı kullanılan dental lazerlerin elektromanyetik spektrumdaki yerleri [18]

#### 2.2.5. Emisyon Modları

Lazer cihazları ile ışık enerjisinin yayılımı, fonksiyon görme zamanlarına göre sürekli, aralıklı ve serbest atımlı olmak üzere üç şekilde gerçekleşir. Sürekli dalga konumu, ışının belirli bir güç düzeyinde hekimin uygulamaya başlaması ve bırakması arasında yayılım yapması demektir. Aralıklı konum, ışığın kesintili süreler ile iletimidir. Üçüncü konum olan serbest atım “gerçek

atım” olarak da adlandırılır ve yüksek pik gücü olan lazerlere özgüdür. Milisaniyelerle oluşan çok kısa bir süreli bir ışınımı, uzun süreli kapalı bir dönem izler [17, 18].

Lazer ışını yayılımında, ışının doku ile termal bir etki oluşturacak kadar temas etmesi önemlidir. Eğer aralıklı konumdaki bir lazer kullanılırsa, hedef dokunun bir sonraki atıma kadar soğumak için zamanı vardır. Sürekli konumda ise, soğuma için hekim aralık vererek çalışmalıdır.

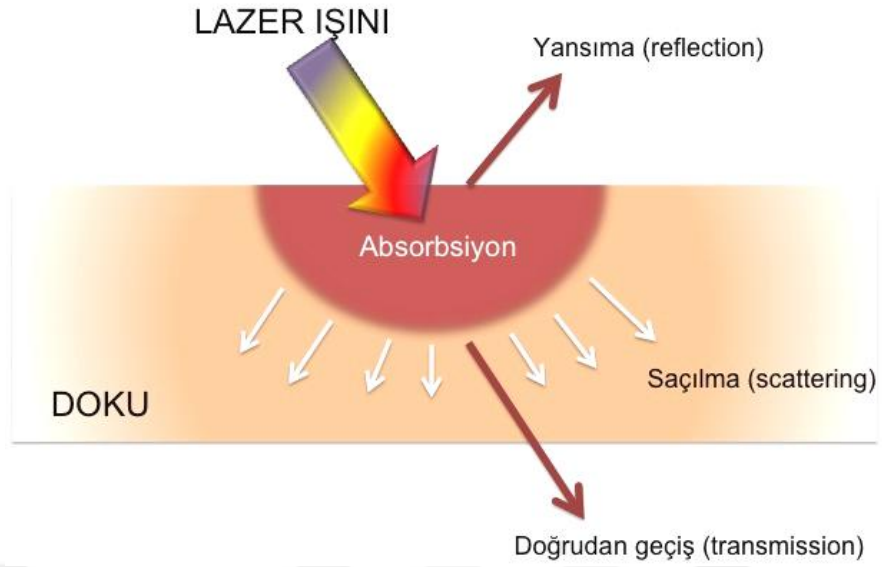
İnce veya dayanıksız yumuşak dokuda, aralıklı konum tercih edilmelidir. Bu konumdaki uygulamada uzaklaştırılan doku miktarı daha az olmasına ve daha uzun süre almasına rağmen, geri dönüşümü olmayan termal doku hasarı olasılığı daha azdır. Atımların arasının uzun olması, çevre dokulara ısı iletiminin azalmasında yardımcıdır. Ek olarak, hafif bir hava akımı veya etkili aspiratör kullanımı alanın daha soğuk kalmasını sağlar. Sert doku lazerleri kullanıldığında da su spreyi kullanılması, kristalin yapıların mikrofraktürünü engeller ve karbonizasyon olasılığını azaltır. Ancak çok fazla enerji kullanıldığında her iki durumda da iyileşme ve postoperatif konfor olumsuz etkilenebilir.

Tüm lazerler hedef doku üzerinde termal bir etkiye sahip olduğu için diş hekimi, istenmeyen ısının kontrol edilmesini sağlamak için cerrahi sırasında etkileşim etkisine dikkat etmelidir.

### **2.2.6. Lazerin Doku Üzerindeki Etkileri**

Dokunun optik özelliklerine bağlı olarak, lazerden gelen ışık enerjisi, hedef dokuyla dört farklı etkileşime sahip olabilir (Şekil 2.5) [18]:

- a) Yansıma
- b) İletim
- c) Saçılma
- d) Emilim



**Şekil 2.5.** Dört farklı potansiyel lazer-doku etkileşimi

*Yansıma*, basitçe, hedef doku üzerinde herhangi bir etki yaratmadan, yüzeyden yönlendirilen ışındır. Çürük tespiti için kullanılan lazerler yansıyan ışığı toplayarak çalışır. Bu yansıma tehlikeli olabilir, çünkü enerji gözler gibi istenmeyen bir hedefe yönlenebilir. Bu lazer işlemi için büyük bir emniyet kaygısıdır ve uygulama odasındaki her kişinin uygun yan kalkanlı, dalga boyuna özel koruyucu gözlük takması gerekmektedir.

Doku ile olan ikinci etkileşim, lazer enerjisinin *doğrudan dokudan geçişi* ve hedef dokuda herhangi bir etkisi olmamasıdır. Bu etki lazer ışığının dalga boyuna bağlıdır. Örneğin su; argon, diyot ve Nd:YAG gibi dalga boyu kısa lazerler için geçirgendir, halbuki Er:YAG, Er:YAGYSGG ve CO<sub>2</sub> lazerlere yüzeysel tabakalardaki doku sıvıları yüksek emilim gösterir ve böylece çevre dokulara enerji iletimi çok az olur. Genel olarak, erbiyum grubu lazerler 0,01 mm'lik bir penetrasyon göstererek yüzeysel tabakalarda etkileşim gösterirken 800 nm dalga boyundaki diyot lazerler 10 mm'ye kadar penetrasyon sergiler. Diğer bir örnek ise, diyot ve Nd: YAG dalga boyları, retina içine emilmeden önce gözün sklera, mercek, iris, kornea, vitröz humor ve aköz humor yoluyla iletilmesidir [18].

Üçüncü doku etkileşimi, lazer ışığının *saçılması* ve istenen enerjisi yitirilmesidir. Saçılma, sağlıklı yumuşak dokudaki yakın kızıl ötesi lazerlerle

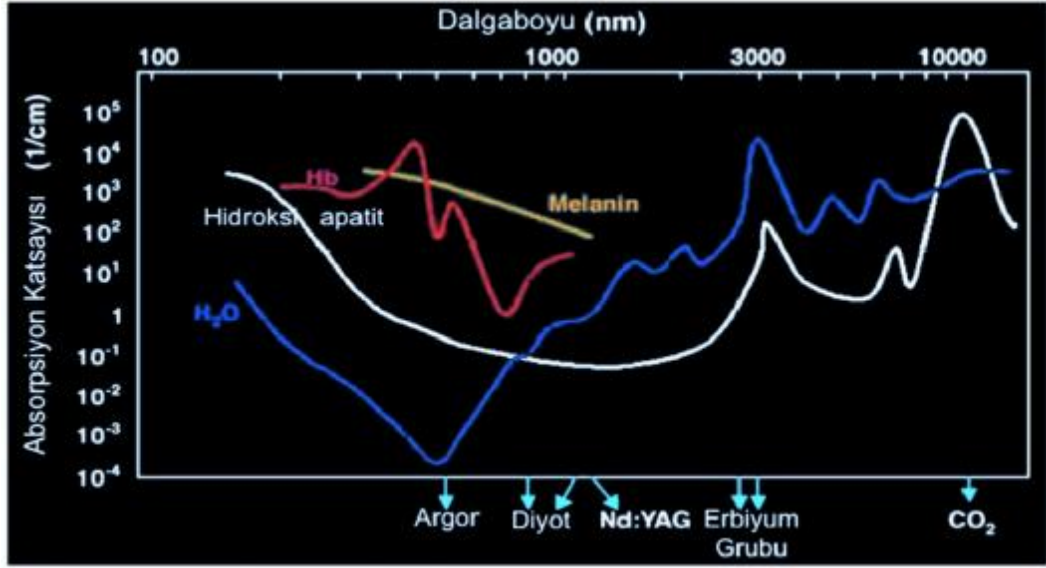


baskın olan olaydır. Saçılma, fotonların yön değiştirmesini sağlar ve bu dalga boylarının baskın kromoforlarıyla etkileşime girme şansının artması nedeniyle emiliminin artmasına neden olur. Lazer ışınının saçılması, cerrahi bölgeye bitişik dokuya ısı transferine neden olabilir ve istenmeyen hasar oluşabilir. Bununla birlikte, dağılmış veya farklı yönlerde saptırılmış bir ışın, kompozit reçinenin lazerle sertleştirilmesinin kolaylaştırılmasında faydalı olacaktır [18].

Lazer enerjisinin hedef doku tarafından *absorbe edilmesi* olağan, istenen etkidir. Doku tarafından absorbe edilen enerji miktarı pigmentasyon ve su içeriği gibi doku özelliklerine ve lazer dalga boyuna bağlıdır. *Kromofor* (dokuya renk verir) olarak adlandırılan doku bileşenleri genellikle belirli dalga boyunu absorbe eder. Hemoglobin, kırmızı dalga boylarını yansıtır ve arteriyal kan damarlarına renk verir. Bu yüzden mavi ve yeşil dalga boyları tarafından yüksek miktarda absorbe edilir. Daha az oksijen içeren venöz kan, daha fazla kırmızı ışığı emer ve daha koyu görünür. Melanin pigmenti, kısa dalga boyları tarafından yüksek miktarda emilir. Suda ise dalga boylarının emilim miktarları değişir (Şekil 2.6).

Dental yapılar değişik miktarlarda su içerirler, minedeki su oranı %2-3 iken, dentin, kemik, diş taşı, çürükte bu oran artarak yumuşak dokuda %70-80'e ulaşır. Hidroksiapatit, dental sert dokuların en önemli kristal birleşenidir ve dalga boylarına göre absorpsiyon oranı değişiklik gösterir (Şekil 2.6).

Genel olarak daha kısa dalga boyları (500-1000 nm) pigmente dokular ve kan elementleri tarafından emilir. Argon lazer, hemoglobin tarafından yüksek oranda tutulur. Diyot ve Nd:YAG lazerlerin, melanine afinitesi daha yüksek iken, hemoglobinle daha az etkileşimleri vardır. Daha uzun dalga boylarının su ve hidroksiapatit ile etkileşimleri daha fazladır. Su için en fazla emilim, dalga boyu 3000 nm'nin hemen altında olan Er:YAG lazerde gerçekleşir, yanı sıra hidroksiapatit tarafından iyi absorbe edilir. 10600 nm'deki CO<sub>2</sub> lazerin, su tarafından iyi emildiği yanısıra diş yapılarına da afinitesi olduğu bilinmektedir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Lazerlerin dental yapılardaki yaklaşık absorpsiyon eğrileri

### 2.2.7. Doku Sıcaklığı

Lazer enerjisinin doku üzerindeki termal etkisi öncelikle dokunun su içeriğine ve dokunun sıcaklık yükselmesine bağlıdır. Tablo 2.1'in gösterdiği gibi, hedef dokunun içerdiği su 100°C'ye yükseltildiğinde, dokunun içindeki suyun buharlaşması meydana gelir; bu işleme *ablasyon* denir [18, 22]. Yumuşak doku çok yüksek bir su yüzdesinden oluştuğundan, yumuşak dokunun eksizyonu/insizyonu bu sıcaklıkta başlamaktadır. 100°C'nin altındaki sıcaklıklarda ve yaklaşık 60°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda, proteinlerde, altta yatan dokunun buharlaşması olmadan denatürasyon başlar. Bu fenomen, doku sıcaklığı kontrol edilebildiği sürece, hastalıklı, granülomatoz dokuyu sağlıklı dokuyu etkilemeksizin cerrahi olarak çıkarmak için yararlıdır [23]. 70-80°C'de doku katmanlarının birbirine yapışmasıyla yumuşak dokuların kenarları, sütürler olmadan adeta kaynak yapılmış gibi birleşir [18, 24].

**Tablo 2.1.** Lazer enerjisinin sıcaklık düzeyine bağlı dental yumuşak dokudaki değişiklikler

<b>Doku ısı derecesi</b>	<b>Dokuda oluşan değişiklikler</b>
37-50°C	Hipertermi
60-70°C	Koagülasyon, protein denatürasyonu
70-80°C	Kaynaşma
100-150°C	Buharlaşma, ablasyon
>200°C	Karbonizasyon

Eğer doku sıcaklığı 200°C'ye yükseltirse, dehidratasyon başlar ve yanık oluşumunu gösteren duman ağığa çıkar (Tablo 2.1). Son ürün olan karbon, tüm dalga boylarını absorbe eder, bu nedenle lazer uygulaması devam ettikçe "ısı emici" haline gelebilir. Isı iletimi, daha sonra, doku karbonizasyonu olarak adlandırılan geniş kollateral termal travmaya neden olacaktır. Doku karbonizasyonu, yanlış lazer parametreleri kullanıldığında meydana gelir [18].

Lazer emisyon modları, doku sıcaklığını arttırmada önemli bir rol oynamaktadır. Herhangi bir lazer emisyon modunun önemli ilkesi, ışık enerjisinin belli bir süre zarfında dokunduğu ve termal etkileşim ürettiği şeklinindedir.

Lazer darbeleri bir modda kullanılıyorsa, hedeflenen doku, bir sonraki lazer enerjisi darbesi yayılmadan önce soğumaya zaman ayırabilmektedir. Sürekli dalga modunda, operatör elle lazer emisyonunu durdurmalı ve dokunun termal olarak rahatlaması için zaman tanımalıdır. Örneğin ince veya kırılğan yumuşak doku, hedef dokuya ve komşu dokuya geri döndürülemez termal hasarın minimum düzeyde olmasını sağlamak için darbeleri bir modda işleme tabi tutulmalıdır. Atımlar arasında daha uzun aralıklar olması da evre dokuya ısı aktarılmasını önlemeye yardımcı olabilir. Buna ek olarak, yumuşak bir hava akışı veya yüksek hacimli emme yardımıyla oluşan hava akımı, alanı daha serin tutmaya yardımcı olur. Benzer şekilde, sert doku lazerleri kullanıldığında, bir su spreyi, kristal yapıların mikro kırılmalarını önlemeye yardımcı olur ve

karbonlaşma olasılığını azaltır. Tersine, kalın, yoğun, fibröz doku çıkarmak için daha fazla enerji gerekir. Her iki durumda da, eğer çok fazla termal enerji kullanılırsa iyileşme gecikebilir ve postoperatif rahatsızlıklar artabilir [18].

### **2.3. Lazer Sınıflaması**

Medikal ve dental uygulamalarda kullanılan lazerler enerji düzeylerine ve elde edildikleri aktif ortama göre sınıflandırılır [25].

#### **2.3.1. Enerji düzeylerine göre lazerler:**

**a. Düşük Enerjili (Soft-Atermik) Lazerler:** Bu lazerler hücrel aktiviteyi uyaran dalga boylarında, soğuk (atermik) ve düşük güce sahip kaynaklar olup terapötik amaçlı kullanılırlar. Cerrahi lazerlerden ayırt etmek için “**soft lazer**”, “**soğuk lazer**” veya “**düşük enerjili lazer**” olarak adlandırılırlar. Aktif madde olarak Galyum-Alüminyum-Arsenid ya da Helyum-Neon gazı kullanılır. Bu tip lazerlerin güç düzeyleri 1-500 mW (miliwatt) arasındadır ve uygulandıkları dokularda yaklaşık 1°C civarında ısı artışına neden olduklarından termal etkileri bulunmamaktadır [26, 27].

**b. Yüksek Enerjili (Hard-Termik) Lazerler:** Termal etkiye sahip, genellikle cerrahi amaçla kullanılan lazerlerdir. Tıp ve diş hekimliğinde en çok kullanılan yüksek enerjili lazerler; CO<sub>2</sub>, Nd:YAG ve Argon lazerlerdir [25]. Güçleri 30-100 W arasındadır.

#### **2.3.2. Elde edildikleri aktif ortama göre lazerler:**

##### **a. Katı aktif ortamdan elde edilen lazerler:**

- Ruby (yakut) lazer
- Neodmiyum:Yitrium-Alüminyum-Garnet (Nd:YAG) lazer
- Holmiyum:Yitrium-Alüminyum-Garnet (Ho:YAG) lazer
- Erbiyum: Yitrium-Alüminyum-Garnet (Er:YAG) lazer
- Erbiyum, Kromiyum: Yitrium-Skandiyum-Galliyum-Garnet (Er,Cr:YSGG) lazer

### **b. Gaz aktif ortamdan elde edilen lazerler**

- Helyum-Neon (HeNe) lazer
- Argon lazer
- CO<sub>2</sub> lazer
- Eksimer lazer

### **c. Sıvı aktif ortamdan elde edilen lazerler:**

- Dye lazer
- Rhodamine lazer

### **d. Yarı iletken aktif ortamdan elde edilen lazerler:**

- Galyum-Arsenid (GaAs) lazer
- Galyum-Alüminyum-Arsenid (GaAlAs) lazer

## **2.4. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler**

Lazerler, diş hekimliğinde aktif ortamları, dalga boyları, iletim sistemleri, emisyon modelleri ve dokuda oluşturdukları absorpsiyon özelliklerine göre kullanım alanına sahiptir.

### **2.4.1. Argon Lazer**

Aktif ortamı argon gazı olup yüksek akımlı bir elektrik lambası ile enerjilendirilir. Kesintisiz veya atımlı emisyon şekilleri olan, fiber optik iletim sistemli, spektrumun görünür ışın bölümünden olan tek cerrahi lazerdir. Diş hekimliğinde iki ayrı dalga boyunda kullanılır. İlki, 488 nm mavi renkli, diğeri ise 514 nm mavi-yeşil renklidir.

488 nm dalga boylu argon lazer, non-kontak kullanımda ışığın dağılması ile ortama yüksek oranda foton salar. Fotokimyasal etkisi nedeniyle kompozit rezin restorasyonların polimerizasyonunda, bazı beyazlatıcı ajanların ve ölçü maddelerinin aktivasyonunda kullanılır [28].

514 nm dalga boylu olan argon lazerin en fazla emilimi, hemoglobin, hemosiderin ve melanin içeren dokularda gerçekleşir. Bu nedenle yüksek hemostatik kapasiteye sahiptir ve vasküler malformasyonlarda kullanılmaktadır

[29]. Cerrahi dokularda kontak konumda çalışılacağı zaman küçük çaplı esnek cam fiber kullanılır. Fiber kolaylıkla korunabilir ve sterilize edilebilir. Akut inflamasyonlu periodontal hastalıklar ve hemanjiyom gibi vaskülarizasyondan zengin lezyonlar argon lazer tedavisi için en uygun endikasyonlardır [30].

Argonun her iki dalga boyu da suda ve dental sert dokularda iyi absorbe edilir. Mine ve dentinde zayıf emilimi vardır. Bu özellik gingival dokuların kesilmesi ve şekillendirilmesi sırasında dişin sağlam dokularına zarar verilmeden çalışılmasına olanak sağlar. Her iki dalga boyu da çürük saptanmasında kullanılabilir, çürük alanlar koyu kırmızı-turuncu görülerek çevreleyen sağlıklı dokulardan kolayca ayırt edilebilir [31].

#### **2.4.2. Diyot Lazer**

Diyot, katı aktif ortamlı yarı iletken bir lazerdir. Alüminyum veya indiyum, galyum ve arseniğin bazı kombinasyonları ile yarı iletken üretilir. Diyot lazerleri, 810-830 nm, 940nm, 980nm ve 1064 nm olmak üzere dört farklı dalga boyunda mevcuttur. Aktif ortamı alüminyum olanlarda dalga boyu 800 nm iken, indiyum olanlarda dalga boyu 980 nm'dir. Bu dalga boyları ile elektromanyetik spektrumun görünmez non-iyonize kızıl ötesi yakınlarına yerleşir [32].

Diyot lazerleri, düşük ayarlar ve kısa uygulama süresi ile sürekli dalga modunda (sabit ışın olarak yayılan enerji) veya daha yüksek ayarlar ve daha uzun uygulama süresi ile gate-puls modunda (enerji sabit ama kesikli veya belirli aralıklarla darbeleri) çalıştırılabilir. Tüm diyot lazer cihazları, sürekli ve atımlı konumda kullanılırken, enerjiyi fiber optiklerle iletirler. Yumuşak doku cerrahilerinde kontak konumda kullanılırken, daha derin koagülasyon sağlanması gerektiğinde non-kontakt kullanılabilir [33].

Tüm dalga boylarındaki diyot lazerler, pigmente dokular tarafından yüksek oranda emilip derin dokulara kadar penetre olmalarına rağmen, argon lazer kadar hızlı hemostaz sağlayamazlar. Diyot lazerin, diğer lazerlere oranla diş dokuları tarafından absorpsiyonu daha zayıftır ve diş dokularına yakın yerlerde güvenle kullanılabilir. Argon lazer gibi diyot lazer de sürekli konumda çalıştırılırsa, hedef dokuda hızlı ısı artışına neden olur. Operasyon alanı hava veya su ile soğutulmalı ve cerrahi alanda ucu hafif hareket ettirerek lazer

uygulamalıdır.

Diyot lazerler bakterisidaldir ve koagülasyona yardımcı olurlar. Diyet yumuşak doku cerrahileri için mükemmel bir lazere dir ve genelde cerrahi kesi, dişeti koagülasyonu ve sulküler debridman için endikedir [34, 35]. Diyet lazerin en önemli avantajı cihazın küçük ve taşınabilir olmasıdır.

Cerrahi diyet lazerlerin yanısıra, kırmızı görünebilir lazer ışığı üreten diğer diyet lazerler çürük saptanmasında ve çürüğün sınıflandırılarak derecelendirilmesinde kullanılmaktadır.

### **2.4.3. Neodimyum:YAG Lazer**

Nd:YAG lazer, garnet kristalinin yitrium ve alüminyum gibi yeryüzünde ender bulunan elementler ile kombinasyonu olan katı aktif ortama sahiptir. Dış hekimliğinde kullanılan Nd:YAG lazer, 1064 nm dalga boyundadır ve elektromanyetik spektrumda görünmez, kızılötesine (IR) yakın bir yerdedir.

Nd:YAG, serbest çalışan darbeli bir lazere dir. Lazer enerjisi, sürekli bir ışın yerine fotonik enerji patlamaları ile üretilir. Bu lazer ayrıca temaslı veya temassız prosedürler için bir fiberoptik dağıtım sistemi kullanır [33]. 1064 nm dalga boyu en çok melaninde emilir, daha az hemoglobinde emilir ve en az suda emilir. Nd:YAG aynı zamanda bakterisidal olup mükemmel hemostazı sağlar [36]. Serbest çalışan bir darbeli lazer olduğu için Nd:YAG yüksek pik güçleri yayar, ancak kapanma süresi boyunca doku soğumasına izin verir. Tedavi için ayarlar seçilirken saniyede daha az tekrarlama (hertz, Hz) ile daha yüksek milijoul (mJ) koagülasyona yardımcı olurken yüksek Hz'li düşük mJ genellikle dekontaminasyon için kullanılır [33]. ND:YAG lazer yumuşak dokuda 4 mm'den daha fazla derine penetre olarak etkili hemostaz sağlar. Özellikle kardiyak problemler nedeniyle antikoagülan tedavi alan yaşlı popülasyonda uygulanacak cerrahi işlemler sonrası lokal hemostaz sağlanmasında Nd:YAG lazer kullanımı önerilmektedir [37].

### **2.4.4. Erbiyum Lazer**

İki farklı dalga boyuna sahip erbiyum lazer vardır; dalga boyu 2940 nm olan yitrium, alüminyum, garnetin erbiyumla karışımından oluşan katı aktif

ortam kristali bulunan Er:YAG lazer ve dalga boyu 2780 nm olan yitrium, skandiyum, galyum ve garnetin, erbiyum ve krominyum ile karıştırılması ile katı aktif ortam kristaline sahip Er,Cr:YSGG lazerdir. Her iki lazerin dalga boyu, spektrumun non-iyonize, görünmez ve orta kızılötesi kısmındadır.

Her iki lazer de özellikle sert dental dokular ve hidroksiapatit için en yüksek emilim oranına sahiptir. Apatit kristali içerisindeki hidroksil radikalleri ve dental kristalin yapısını çevreleyen su içinde lazer enerji olarak ikiye katlanır. Mineral yapı içindeki suyun ani buharlaşması ve hacimsel genişmesi ile kristalin yapıda minik patlamalara neden olur [38]. Bu özelliği ile çürük uzaklaştırılması ve diş preparasyonu kolaylıkla yapılabilir. Bu işlemler sırasında sağlıklı diş ve çevre dokulara zarar verilmez. Çürüğün ablasyonu sırasında, eğer çürük içindeki su miktarı artarsa, lazerin çürüğe penetrasyonu artar. Ayrıca, sağlıklı mine yüzeyi restoratif materyallerin adezyonunu arttırmak için lazer ile modifiye edilebilir [39].

Kemik ablasyonu, erbiyum lazerlerin dalga boylarının kemik bileşenlerine yüksek afinitesi nedeniyle kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir. Ancak, bugün için var olan iletim sistemleri ile cerrahi alana ulaşım zorluğu ve dokuların aşırı ısınmasının engellenememesi dezavantajlarıdır. Soğutma sırasında kullanılan hava spreyinin basınç ve miktarının ayarlanamaması halinde amfizeme yol açabileceği unutulmamalıdır.

Her iki dalga boyundaki lazer yumuşak dokuların yüksek su içermelerinden dolayı bu dokuları da ablaze edebilir. Ancak yalnız cerrahi alandaki kanın su içeriğinin vaporize edilmesi, derin penetrasyon sağlanamaması ve cerrahi alandaki ısı artışının kanama sayesinde engellenerek damar kontraksiyonunun oluşmaması nedeniyle hemostatik özelliği kısıtlıdır [33].

#### **2.4.5. CO<sub>2</sub> Lazerler**

CO<sub>2</sub> lazer, aktif ortam olarak CO<sub>2</sub> gazı içeren lazerdir. Dalga boyu 10.600 nm olup elektromanyetik spektrumun orta kızıl ötesi görünmez non-iyonize kısmının sonunda yer alır. İletim sistemi sürekli veya atımlı konumdadır [38].

Erbiyumdan sonra su tarafından en iyi absorbe edilen lazerdir. Yumuşak



dokuyu kolaylıkla keser ve koagüle eder. Doku içerisinde sığ bir penetrasyonu vardır ve bu özellik mukozal lezyonların tedavisinde avantajlıdır. Ayrıca, dens fibröz dokuların vaporizasyonunda çok kullanışlıdır ve doku etkileşimi oldukça hızlıdır.

CO<sub>2</sub> lazer konvansiyonel optik fiberlerle iletilemez. Ucunda uygulama başlığı bulunan iletim kolları ve aksesuar uçlar ile kullanılır. Non-kontakt kullanımı nedeniyle dokulara temas hissini kayı cerraç için bir dezavantajdır. Çünkü zararsız bir ablasyon için aşırı dikkat gerektirir.

Geniş lezyonların cerrahi tedavisi basit ileri-geri hareket ile yapılır. Non-kontakt çalışma şekli, ağız tabanı ve dil gibi hareketli oral yapılardaki lezyonların tedavisinde belirli bir avantaj oluşturur. Odaklanmamış ışınlama ile yara üzerinde oluşan cerrahi sonrası katman, biyolojik bir bandaj gibi davranır.

CO<sub>2</sub>, hidroksiapatite en fazla absorpsiyonu olan lazerdır ve bu oran erbiyumdan yaklaşık 1000 kat daha fazladır. Bu nedenle, işlem bölgesine yakın sert dokuların, lazer ışınlarından mutlaka korunması gerekir. CO<sub>2</sub> lazer cihazlarının sürekli emisyon konumu ve iletim sistemi teknolojileri, uzun atım süresi ve düşük güç düzeyine bağı karbonizasyon ve diş yapılarında çiziğe yol açması nedeniyle sert dokularda kullanımı kısıtlıdır [40].

## **2.5. Düşük Yoğunluklu Lazer Tedavisi**

Lazerlerinin dalga boyları (Nd:YAG, CO<sub>2</sub>, erbium, diyot) dokuları yalnızca ablasyon, koagülasyon ve buharlaştırma yoluyla değil, aynı zamanda hücrelerdeki doğal iyileşme sürecinin uyarılması yoluyla da etkiler. Cerrahi lazerlere kıyasla çok daha düşük güçte olan diğer lazerler "biyolojik uyarıcılar" gibi davranırlar. Bu aletlere genel olarak "cerrahi lazerler" yerine "terapötik lazerler" veya "soğuk lazerler" denir. Bu tür lazerlerle yapılan terapiye genellikle "Düşük Yoğunluklu Lazer Tedavisi" (DYLT) veya sadece "lazer terapisi" denir. Bu terapi için "biyostimülasyon" ve "biyomodülasyon" terimleri de kullanılmaktadır. Tedavi sadece biyolojik süreçleri uyarmakla kalmaz, aynı zamanda da bastırır, bu sebeple ikinci terim daha uygundur [41].

### **2.5.1. Terapötik Lazerler**

Terapötik lazerler tipik olarak elektromanyetik spektrumun görünür kırmızı ile kızılötesi kısmı, 630 ile 980 nm arasında bulunur. Çıkış güçleri, genellikle, atımlı veya sürekli dalga (CW) emisyonlu 50 ile 500 miliwatt arasındadır. Cerrahi lazerlerde olduğu gibi terapötik lazerlerin adları, galyum-alüminyum-arsenit (GaAlAs) lazer gibi aktif ortamdan türetilmektedir [16].

Tedavi edici lazerlerin sınıflandırılmasının en basit yolu dalga boyudur. Dalga boyu ve hedef dokuya bağlı olarak penetrasyon derinlikleri değişir; IR lazerler 3-5 cm kadar nüfuz ederken spektrumun kırmızı kısmındaki lazerler daha yüzeysel olarak absorbe edilir. Optimum penetrasyon derinliği en çok olan 820 nm'de "optik pencere" vardır. Mukoza, dalga boylarına tamamiyle geçirgendir (ışığı iyi absorbe etmez), cilt ve kemik oldukça geçirgendir, kaslar ise ışığı oldukça fazla absorbe eder. Hedef dokuda dozaj buna göre hesaplanmalıdır. Penetrasyon derinliğinde bir diğer faktör, hedef dokuya olan uzaklıktır ve spot boyutunu etkiler. Dokuya temassız ışınlama, temas halinde ışınlama ve doku üzerine basınç ile ışınlamada dokuya iletilen dozajlar farklıdır. Doku basıncı ile ışınlama, bölgede hafif iskemiye neden olur, bu da spottaki hemoglobin konsantrasyonunu azaltır [16, 42].

### **2.5.2. Mekanizması**

Terapötik lazer ışığının avantajı, doğal biyolojik süreçleri uyarması ve esas olarak azaltılmış oksidasyon-redüksiyon (redoks) reaksiyonu ile hücreleri etkilemesidir. Düşük redoks aşamasındaki bir hücre asidiktir, ancak lazer ışınlamasından sonra hücre daha alkalineleşir ve en iyi performansı elde edebilecek hale gelir. Işığın hücrenin solunum zinciri bileşenleri tarafından absorpsiyonu, solunum zincirinin ve indirgenmiş nikotinamid adenin dinükleotid (NADH) havuzu oksidasyonunun kısa süreli aktivasyonuna neden olur ve hücre aktivasyonunda artışa yol açar. Oksidatif fosforilasyonun uyarılması, hücre sitoplazmasının ve mitokondrisinin redoks düzeyinde değişikliğine neden olur [42].

En önemli etki, mitokondriyumda üretilen hücrelerin "yakıtı" olan adenosin trifosfatın (ATP) artışı olabilir [43]. ATP, foton-alıcı enzim sitokrom-c

oksidazın nitrik oksit (NO) tarafından engellendiği Krebs döngüsünün son ürünüdür. Lazer ışığı, NO ve sitokrom-c oksidaz arasındaki bağlanmayı ayrıştırarak ve ATP üretimini devam ettirecektir. Bu temel mekanizma, vücut fonksiyonlarının optimizasyonuna yol açan bir dizi hücre sinyali başlatır [44]. Elektron taşıma zinciri ATP desteğinin artması, hücreye daha fazla destekleyici güç sağlar. Bu durum mitokondri membranının elektrik potansiyelinin ve sitoplazmanın alkalizasyonunun artması ile nükleik asit sentezinin aktivasyonunda rol oynar.

### **2.5.3. Hücresel Etkisi**

DYLT, vazodilatasyona ve artan lokal kan akımına yol açar. Bu sayede bölgeye daha fazla oksijen taşınmasına ve immün hücrelerin doku içine daha fazla geçişine neden olur. Yanısıra, endotelyumdaki düz kaslarda gevşemeyi ve rahatlamayı sağlar. Bu iki etki sayesinde hızlanmış doku iyileşmesi meydana gelir. DYLT'nin, spesifik etkileri Tablo 2.2'de gösterilmiştir [45].

DYLT, mast hücreleri üzerine etki göstererek vazoaktif etkiyi artırır [46]. Mast hücreleri, daha çok, ciltte, oral mukozada ve pulpada mikrovasküler endotelde dağılmıştır. Mast hücrelerinin granüllerinde, proinflamatuvar sitokin tümör nekrozitan faktör- $\alpha$  bulunur. Degranülasyon ile sitokinlerin salınımı, endotelyal-lökosit adezyon moleküllerinin ekspresyonunu artırarak dokuların lökosit infiltrasyonunu indükler. Mast hücrelerinin fonksiyonlarının DYLT tarafından düzenlenmesi ağız boşluğundaki inflamasyon alanlarının tedavisinde önemlidir.

Laboratuvar çalışmaları ile, düşük doz lazer uygulamasının ciltteki, bukkal mukozadaki ve dişetindeki fibroblastlar üzerinde; proliferasyonda, maturasyonda, hareket kapasitesinde, miyofibroblastlara dönüşümde ve bazal fibroblast büyüme faktörü salınımında artışa yol açarken proinflamatuvar prostoglandin E2 salınımında azalmaya neden olduğu rapor edilmiştir [47].

DYLT'nin makrofajlar üzerindeki etkileri; artan fagositik etki ve bazal fibroblast büyüme faktörünün aşırı salınımı yönündedir. Makrofajlar, fibrini doku iyileşmesinin yıkım aşamasında rezorbe eder. Onarımla ilgili cevabının ilk evrelerinde (örn; travmadan 6 saat sonra) DYLT, fagositik aktivitenin artması

aşamasını hızlandırır. Dokuların iyileşmesi sırasında rezorpsiyonun hızlanması, proliferasyon aşamasının daha hızlı ve erken başlamasına zemin oluşturur.

DYLT sayesinde lenfositler, epitel hücrelerinde daha hareketli olmaya başlar. Defekti örtmek üzere doku alanı boyunca göç ederken daha aktive olur ve daha çabuk proliferer olur. Bu sayede endotelium granülasyon dokusunu daha hızlı oluşturur.

**Tablo 2.2.** *DYLT'nin hücresel düzeyde etkileri*

<b>Fibroblast</b>	Proliferasyon Maturasyon Hareket kabiliyetinde artış Miyofibroblastlara dönüşüm PGE <sub>2</sub> ve IL-1 salınımında azalma bFGF sekresyonunun artması
<b>Makrofaj</b>	Fagositozis Fibroblast büyüme faktörü salınımı Fibrin rezorpsiyonu
<b>Lenfosit</b>	Aktivasyon Artmış proliferasyon
<b>Epitel hücreleri</b>	Motilite
<b>Endotel</b>	Artmış granülasyon dokusu Vasküler düz kas rahatlaması
<b>Sinir doku</b>	Azalmış inflamatuvar medyatör sentezi Maturasyon ve rejenerasyon Aksonal büyüme

Erken epitelizasyon, artan fibroblastik reaksiyonlar, lökosit infiltrasyonu ve neovaskülarizasyon DYLT ile ışınlanan tüm dokularda izlenir. Bu oluşumların birlikte etkisi doku onarımı için gerekli olan zamanı azaltırken, onarımdaki dokunun direncini artırır [45, 47].

#### **2.5.4. Dozaj**

DYLT'nin en zor kısmı optimum dozajı bulmaktır. Doku dozajı, acıcılık veya santimetrekare başına joule cinsinden ölçülen (J / cm<sup>2</sup>) enerji yoğunluğu olarak ifade edilir.

Lazerin çıkış gücünü miliwatta saniyedeki maruz kalma süresine çarparak üretilen enerji hesaplanır. Örneğin,  $50 \text{ mW} \times 40 \text{ saniye} = 2000$  milijoule (mJ) veya 2 J.  $2 \text{ cm}^2$ 'lik bir alanı ışıyorsa, hesaplama  $2 \text{ cm}^2$ 'lik bir alan üzerinde 2 J'dir veya  $2/2 = 1 \text{ J/cm}^2$ 'lik bir akıcılık veya enerji yoğunluğu veya yüzeysel doku dozudur. Işınlanmış alanın sadece  $0.5 \text{ cm}^2$  olduğunu varsayalım. Spot boyutu (ışınlanmış alanın büyüklüğü) ile akıcılık arasında ters bir ilişki vardır. Işınlanmış alanın boyutunun azaltılması akıcılığı artırır: 2 J,  $0.5 \text{ cm}^2$  ile bölünür. Dolayısıyla doz,  $4 \text{ J/cm}^2$  olur, çünkü enerji daha küçük bir alana yayıldığından yerel yoğunluğu artırır [42].

### **2.5.5. Stimülasyon / İnhibisyon**

Düşük seviyeli lazer tedavisi Arndt-Schulz yasasını takip eder: çok küçük bir uyaran herhangi bir etki yaratmaz. Artan uyari, etkiyi optimum doz seviyesine kadar artırır. Dozun daha da artırılması, stimülasyonun kademeli olarak düşürülmesi ve çok yüksek dozlarda stimülasyonun engellendiği anlamına gelir. Bazı hastalarda hedef, özellikle ağrı yönetimi için uyarılmadan ziyade inhibisyonudur. Yüksek dozda lazer ışığı, kısmen nöron boyunca geçici değişiklikler yaratarak, ağrı sinyallerini inhibe ederek sinyal iletimini engeller [42].

### **2.5.6. Yan Etkiler Ve Kontrendikasyonları**

Terapötik pencerenin yakınındaki lazer enerjisi dozları olumsuz etkilere neden olmaz. DYLT ile en kötü sonuç, hiçbir şeyin olmamasıdır. DYLT için mutlak kontrendikasyonlar azdır, sadece birkaç uyari vardır.

DYLT, kan akışını tanımlanmamış şekillerde etkilediği için pıhtılaşma bozuklukları olan hastaların maruz kalmasından kaçınılmalıdır [48].

Bilinen malignitelerin varlığı, başka bir kontrendikasyondur. Çünkü DYLT hücre çoğalmasını uyarır [16].

Literatür ayrıca, gebeliği kontrendikasyon olarak tartışmaktadır, ancak diş hekimleri yalnızca oral ve baş/boyun bölgelerinde çalışmaktadır. Ayrıca, bazen

kontrendikasyon olarak listelense de kalp pilleri elektrikli ve lazer ışığından etkilenmez [16, 42].

Diş hekimliği ile özellikle ilgili kontrendikasyon, diş tedavisi alanında bulunan tiroid bezinin üzerindeki ışınlamadır. Diş hekimleri, olası hipertiroidi veya hipotiroidi durumları hakkında genellikle bilgilendirilmemektedir, bu nedenle bu alan üzerinde doğrudan ışınlama önlenmelidir [16].

### **2.5.7. Belgeler**

DYLT'nin arkasındaki karmaşık mekanizmalar nedeniyle, birkaç endikasyon haricinde, literatür hala kanıta dayalı bir seviyede değildir. DYLT ile ilgili her yıl 250'den fazla makale PubMed'de yayınlanmaktadır ve bu makalelerin çoğu diş hekimliği konularındadır ve çoğunlukla olumlu sonuçlar bildirmektedir [16]. DYLT'den etkilenmeyen raporlar genellikle çok düşük dozlara, varsayılmış dozun hatalı hesaplanmasına ve etkisiz tedavi uygulamalarına atfedilir [49].

Bununla birlikte, bazı nitelikli negatif çalışmalar, DYLT'nin "vur kaç" terapisi olmadığını, ancak tüm parametrelerin bilgisine bağlı olduğunu vurgulamaktadır [49]. Başarının anahtarı doğru teşhis ve yeterli dozdur.

### **2.5.8. Dental Endikasyonlar**

DYLT çok fazla patolojik durumu etkileyebildiğinden terapötik lazerin kullanımı aşağıdaki endikasyonlarla sınırlı değildir. Literatürde 30'dan fazla dental durum tanımlanmıştır; en önemlileri burada kısaca anlatılmaktadır [16].

#### **2.5.8.1. Anestezi**

Bir enjeksiyondan önce mukozaya DYLT uygulandığında hafif bir anestetik etki olur. Aynı zamanda enjeksiyondan önce DYLT uygulanması ile iğnenin sebep olduğu travmanın iyileşmesi de hızlanacaktır. DYLT yerel mikrodolaşımı geliştirdiğinden dolayı, dental işlemi tamamladıktan sonra DYLT uygulanırsa, hissizlik etkisi kısalabilir. Her iki durumda da 4-6 J'ye ihtiyaç vardır [16].

### **2.5.8.2. Aftöz Ülserler**

Aftöz ülserlere 4-6 J DYLT uygulayarak iyileşme süresi kısaltılabilir ve akut ağrı azaltılabilir [42].

### **2.5.8.3. Ödem**

Lenfatik sistem, inflamatuvar süreçte önemli bir rol oynar. İlgili lenf nodlarında, DYLT uygulanması ödemi azaltır. İlgili zincirin en distal düğümleri üzerinden ışınlamaya başlanması ve düğüm başına 2-3 J kullanarak ödem odağına doğru çalışılması önerilmektedir [16]. Meneguzzo ve arkadaşları 810 nm'lik bir lazerin, inguinal lenf nodlarının üstünde veya pençe üstünde uygulanıp uygulanmamasına bakmaksızın, sıçan pençe ödemi azalttığını bildirmiştir [50].

### **2.5.8.4. Endodonti**

DYLT, bakterisidal bir etkiye sahip değildir. Cerrahi lazerler, enfekte olmuş kök kanallarında bakterileri azaltmak için tercih edilen araçlardır. Bununla birlikte DYLT ile, IR ışığı tüm apekslere ulaşabilir ve görünür kırmızı ışık, mukoza yoluyla daha yüzeysel apekslere ulaşabilir ve bir antiinflamatuvar ve ağrı azaltıcı etki yapabilir [42].

### **2.5.8.5. Ekstraksiyon**

Travmatik olmayan yaklaşımlar ve iyi postoperatif işlemler, ekstraksiyondan sonra tatmin edici iyileşmenin anahtarıdır. Bununla birlikte, zaman zaman meydana gelen komplikasyon kaçınılmazdır. Ekstraksiyon işleminden sonra DYLT eklenmesi inflamatuvar fazı azaltacak, ağrı azalmasını indirecek, yara çevresindeki fibroblastları uyaracak ve soket içindeki osteoblastları uyaracaktır [42, 51].

Başarısızlık durumunda (kuru soket) hastanın rahatsızlığını azaltmak için geleneksel yöntemler, yüksek doz DYLT ile birlikte kullanılır. Gelecekteki randevular sırasında pansuman değiştirildiğinde, fibroblast büyümesini uyararak için daha düşük dozlar verilir [42].

#### **2.5.8.6. Herpes Simpleks**

Herpes simplex virüs tipi 1 (HSV-1) erüpsiyonu olan hastalar diş hekimini ziyaret etmekte isteksiz olabilirler. Bununla birlikte, DYLT bu enfeksiyonun tedavisinde en etkili yöntemdir [42, 52, 53]. Özellikle ilk prodromal evrede (hastada ilk karıncalanmayı hissettiğinde) tedavi edilirse, iyileşme birkaç gün sürebilir veya birkaç saat içinde kaybolabilir. Tekrarlayan HSV-1 ataklarına sahip hastalar ise DYLT sayesinde daha uzun aralıklarla karşılaşacaklardır [53].

#### **2.5.8.7. İmplantoloji**

İmplant yerleştirdikten sonra tek bir IR ışınlama dozu postoperatif ağrı ve ödemi azaltacaktır. Tekrarlanan ışınlama seansı gerçek osseointegrasyonu teşvik edecektir. DYLT, periimplantitis kontrolünde de yararlı bir ilave terapidir. Tüm iyileştirme süreçlerinde olduğu gibi tekrarlanan ışınlama da gereklidir; hafifçe temas halinde, her bir implant için 4-6 J'lik olması önerilir [42, 54, 55].

DYLT ameliyattan hemen sonra ve daha sonra 2 hafta süreyle uygulandığında, etki en belirgindir.

#### **2.5.8.8. Mukozal Lezyonlar**

Vaka çalışmaları, ağız boşluğunun kötü olmayan beyaz alanlarının semptomları azaltmak için DYLT ile tedavi edilebildiğini doğrulamaktadır, ancak tedavi hala doğrulanmamıştır [56]. Kırmızı ışık mukozal koşullar için en iyi gözükmemektedir, ancak IR ışığı da kullanılabilir [42].

#### **2.5.8.9. Ortodonti**

DYLT, ağrı azaltma etkisi ile ortodontik hareketi artırabilir [57]. Makul dozlar osteoklast aktivitesini uyarır, buna karşın daha yüksek dozlar bu aktiviteyi inhibe eder gibi görünmektedir. En iyi penetrasyon için IR ışığı kullanılır [42].



#### **2.5.8.10. Ağrı**

Modern dişhekimliğinin ağrısız tarafı, terapötik lazerleri de kullanarak geliştirilebilir [58]. Etkiler, sinir iletim hızının azaltılması, bileşik eylem potansiyellerinin azaltılması, A ve C elyaf liflerinin seçici inhibisyonu ve zararlı stimülasyonun bastırılmasını içerir. Terapötik amaç, ani ağrı azalması olduğunda sinir iletimini azaltmak için inhibitör dozlar kullanarak 50-100 J kadar yüksek enerjilere ihtiyaç duyulabilir [42].

#### **2.5.8.11. Parestezi**

Bazı maksillofasiyal müdahaleler, (özellikle inferior alveoler sinir üzerinde) sinir hasarını indükleyebilir. Sonraki parestezi kısa süre içinde veya aylar içinde kaybolabilir, ancak kalıcı da olabilir. DYLT'nin parestezinin oluşumuna karşı koyduğu ve uzun süredir devam eden anomalilerin belirtilerini azalttığı gösterilmiştir. Bu nedenle, sinir hasarının şüphelenildiği her alanda, intraoperatif dönemde ve takip sırasında ışınlanması önerilir. Sinirin izdüşümü boyunca nokta başına 4-6 J'de IR lazer kullanmak makul bir enerji dozudur [42].

#### **2.5.8.12. Pediatrik Tedavi**

DYLT, yetişkinler için olduğu gibi genç hastalar için de kullanılabilir. Farmasötik maddelerde olduğu gibi, dozaj vücut ağırlığına göre ayarlanmalıdır [42].

#### **2.5.8.13. Perikoronitis**

DYLT'nin geleneksel tedavi yöntemlerine eklenmesi ile ödem ve ağrı azalmaktadır. Eğer ilgili bölgede ateş ve şişme söz konusuysa, DYLT, antibiyotikler kullanılıncaya kadar uygulanmamalıdır. Lazer ışınlanması lokal mikrodolaşımı iyileştireceğinden, enfeksiyonun alt bölgelere yayılması muhtemeldir [42].

#### **2.5.8.14. Kemik Onarımı**

Bazı cerrahi prosedürlerde yeni kemik oluşumu büyük önem taşımaktadır. DYLT, proliferatif etkinliğin yüksek olduğu dönemde, sütürden sonra ve ilk iyileşme dönemi boyunca cerrahi bölgede uygulanmalıdır. Belirgin bir etki için, haftada iki veya üç kez, iki hafta boyunca tekrarlanan ışınlama gerekir. DYLT'nin, osteositler ve kemik iliği hücreleri üzerinde uyarıcı etkilerinin olduğu bilinmektedir [59, 60].

#### **2.5.8.15. Yara İyileşmesi**

Travma geçiren hastalarda, ekstraoral yaralarda, DYLT ödemin azaltılması ve iyileşmenin hızlandırılması için mükemmel bir yardımcıdır [61].

Lazer tedavisi, uyumsuz protez kenarları tarafından yaratılan yaralar için sıklıkla kullanılır.

#### **2.6. Lazer Güvenliği**

500 mW'den daha düşük terapötik lazerler genellikle zararsızdır ve FDA tarafından "düşük riskli cihazlar" olarak sınıflandırılmıştır [16].

Dalga boyuna özgü koruyucu gözlük kullanılması önerilmektedir. Çoğu terapötik lazerin ışınları diverjandır, bu nedenle sadece birkaç santimetreden daha uzak bir mesafede yoğunluk (ve tehlike) önemli ölçüde azalır.

Lazer kullanımında uyulması gereken güvenlik protokolü aşağıda görülmektedir [62];

- Lazer uygulanan ortama giriş ve çıkışın belirli kurallar çerçevesinde yapılması ve uygulama sırasında giriş kapısında bulunan lazer tabelasında uyarıcı işaretin bulunması,
- Lazer uygulayıcısı olan klinisyenin ve yardımcı personelin lazerin güvenli kullanımı ve tehlike anında yapılması gerekenlerle ilgili eğitilmesi,
- Uygulama sırasında ortamda yansıtıcı yüzeylerin ve aletlerin bulundurulmaması,
- Ortamda yanıcı ve patlayıcı cisimlerin bulundurulmaması,

- Uygulama sırasında oluşabilecek cerrahi dumanın biyolojik materyaller (virüs, bakteri gibi) taşıma olasılığı nedeniyle uygulama yapılan ortamın ideal bir havalandırma ve filtre sistemine sahip olması ve bu nedenle lazer uygulayan hekimin ve yardımcı personelin mutlaka maske kullanması,
- Gözlerin lazer yaralanması için potansiyel hedef olması nedeniyle klinisyen, yardımcı personel, hasta ve uygulama odasında bulunan herkesin, kullanılan lazer ışınlarının göze ulaşmasını engelleyecek özellikte uygun koruyucu gözlük takması.

## **2.7. Endodontik Cerrahi**

Periradiküler lezyonların büyük bir kısmı pulpa kaynaklıdır ve bu lezyonlar histopatolojik açıdan kist veya granuloma olmak üzere 2 gruba ayrılmaktadır [63, 64]. Kanal tedavisinin yenilenmesi başarısız kök kanal tedavilerinin düzeltilmesinde ilk tedavi seçeneği olmasına rağmen bazı durumlarda tek tedavi seçeneği endodontik cerrahi olmaktadır.

Periapikal alanda konservatif endodontik tedaviye cevap vermeyen iltihap kaynaklı apikal lezyonların eliminasyonunda, kökün apikal üçlüsünün lezyon ile birlikte çıkarılmasını takiben, kök ucuna açılan retrograd kaviteye yerleştirilen retrograd dolgu maddesi ile tam bir apikal tıkanmanın sağlanması işlemine kök ucu cerrahisi veya apikal cerrahi denilmektedir [65, 66].

Stockdale'in endodontik cerrahi hakkında yaptığı geniş araştırmaya göre endodontik tedavide ilk kez apikal cerrahi 1884 yılında Farrar ve daha sonra Rhein tarafından uygulanmıştır [67]. Schamberg, 1906'da kök ucu ablasyonu ve hızlı osteotomi yapabilmek için cerrahi frezlerin kullanımını ve tanıya yardımcı olması için radyografların kullanımını tanımlamıştır [68].

Kök ucu rezeksiyonu ve sonrasında kök ucu dolgusunu içeren endodontik cerrahi, sıklıkla ortograd dolgunun yenilenmesi mümkün olmadığı durumlarda yapılır. Ortograd kök kanal tedavisinin kalitesi düşük ise endodontik cerrahi endike değildir [69].

### 2.7.1. Endodontik Cerrahinin Endikasyonları

Taşkın kanal dolgularının prognozu zayıftır. Bu durum basitçe, apikal tıkanmanın eksikliği ve mikroorganizmaların kanaldan çıkmasıyla ilişkilendirilebilir. Bununla birlikte, kanal dolgusunun minör taşkınlığı, herhangi bir semptom olmadığı veya periradiküler patoloji gelişmediği sürece nadiren cerrahi için endikasyon oluşturur [70].

İnatçı apikal periodontitisin tedavisinde ilk yaklaşım kanal tedavisinin yenilenmesidir, fakat bu mümkün olmadığında veya mevcut lezyonun kanal tedavisinin yenilenmesi ile iyileşmediği durumlarda endodontik cerrahi endikedir [71].

Uzun postu veya çıkarılamayan alet parçası olan dişlerde, kanalda basamak oluşması ve kanal blokajları veya kanala ulaşılamaması durumlarında, sert dolgu materyalleri varsa, kanal tedavisi yenilenmesine rağmen başarısız olunmuşsa, vertikal kök kırığından şüpheleniliyorsa veya biyopsi endikasyonu varsa cerrahi yaklaşım ilk seçenek olabilir. Cerrahi tedavi kesin yaklaşım olsa bile, kanallardaki mikroorganizma sayısını azaltmak ve uzun dönem prognozu daha iyi yapmak için cerrahi öncesi kanal tedavisi önerilmektedir. Diğer yandan kanal tedavisinin yenilenmesi durumunda risk ve maliyet daha yüksek olacaksa, cerrahi ilk tercih olabilir [72, 73].

Endodontik cerrahinin endikasyonları şu şekilde sıralanabilir [65-67]:

- 1) Kök kanal tedavisinin başarısızlığı;
  - a) Anatomik sapmalar;
    - i) Apikal deltalar,
    - ii) Ekstra kanallar,
    - iii) Aşırı kurvatürlü kök yapısı,
    - iv) İlave apikal ve lateral foraminaller.
  - b) Kök kanalının tıkalı olması ve ortograd yolla apikale ulaşılamaması;
    - i) Kök kanalı içinde kalsifiye bariyerler,
    - ii) Çıkartılması olanaksız veya çıkartılırken kök kırığına yol açabilecek postların varlığı.
  - c) Kök kanal tedavisi uygulandığı halde başarılı olunamayan vakalar;

- i) Enfeksiyonun tekrar ettiği, kök kanalı yoluyla akıntının kesilmediği veya tekrarlayan endodontik tedaviye cevap vermeyen inatçı vakalar,
  - ii) Kök kanal dolgusu yapılmış dişte iatrojenik veya travmadan kaynaklanan apikal rezorpsiyon varlığı.
- d) Hekimin yol açtığı hatalar;
- i) Kök kanal tedavisi sırasında kanal aletlerinin foramen apikaleden periapikal dokulara çıkması ve/veya yabancı cisimlerin itilmesi sonucu iltihap oluşumu,
  - ii) Kanal aletlerinin yanlış kullanımı nedeniyle oluşan perforasyonlar,
  - iii) Post boşluğunun hazırlanması sırasında oluşan perforasyonlar,
  - iv) Taşkın veya eksik yapılan kök kanal dolgusu ardından apikalde lezyon oluşması.
- 2) Hastanın sosyoekonomik durumu nedeniyle endodontik tedavi seanslarına uyamayacağı durumlarda,
- 3) Apikal lezyon varlığında biyopsi alınmasına ihtiyaç duyulduğu durumlar;
- a) Endodontik patoloji kriterlerine uymayan bir radyografik görüntü varlığında,
  - b) Malignite hikayesi,
  - c) Dudak parestezisi veya anestezisi.
- 4) Travma nedeniyle kökün apikal üçlüsünde meydana gelen kırık sonucunda apikal segmentin çıkarılması gerektiği durumlar.

### **2.7.2. Endodontik Cerrahinin Kontrendikasyonları**

Endodontik cerrahinin birkaç tane kesin kontrendikasyonu bulunmaktadır [66, 74]:

- 1) Hasta ile ilişkili kontrendikasyonlar;
  - i) Ciddi sistemik hastalık varlığı,
  - ii) Psikolojik durum.
- 2) Diş ve çevre dokularıyla ilgili kontrendikasyonlar;
  - i) Normal olmayan kemik ve kanal yapısı,
  - ii) Cerrahi ulaşım zorluğu,

- iii) Nörovasküler yapıların olası tutulumu,
  - iv) Cerrahi sonrası restore edilemeyecek dişler,
  - v) Yeterli destek dokusu olmayan dişler,
  - vi) Oral hijyenin düşük olduğu bireyler.
- 3) Hekimin tecrübesizliği.

### **2.7.3. Genel Cerrahi Prensipler:**

Endodontik cerrahi girişimlerde genel cerrahi prensipler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- 1) Preoperatif değerlendirme
  - a) Cerrah ilgili bölge ve diş anatomisi konularında bilgi sahibi olmalıdır.
  - b) Cerrah gereksiz bir doku hasarı yapmamak için sert ve yumuşak dokuların üç boyutlu yapılarını görmelidir.
  - c) Diş ve çevre dokuları koruyarak cerrahi travmayı azaltmalıdır.
  - d) Dokular ve aletler sınırlı bir alan içinde kullanılmalıdır.
- 2) Vertikal insizyon
  - a) İnsizyon yapışık dişeti ve submukozadaki supraperiosteal damarlara paralel yapılmalıdır.
  - b) Frenulum veya kas ataçmanını kesmemelidir.
  - c) Mümkünse kaldırılan dokularda kas ve frenulum ataçmanı olmamalıdır.
  - d) İnsizyon, sağlıklı kemik üzerine yerleştirilmelidir.
  - e) İnsizyon, kemik çıkıntısı üzerine yerleştirilmemelidir.
  - f) Dental papilla kesilmemelidir; ya dahil edilmeli veya ekarte edilmelidir.
  - g) İnsizyon vestibüler sulkus derinliğinden bukkal gingival sulkusun horizontal kısmına doğru genişletilmelidir.
- 3) Horizontal insizyon: Üç tip horizontal insizyon kullanılabilir;
  - a) İntrasülküler insizyon
  - b) Papilla- based insizyon (Papillanın dahil edilmediği, intrasülküler)
  - c) Submarjinal – Ochsenbein- Luebke flep

#### 2.7.4. Kök Ucu Rezeksiyonu

Endodontik problemlere cerrahi olarak yaklaşımın asıl amacı klinik semptomlara neden olan ekstraradiküler bakterilerin ve diğer kontaminantların ortadan kaldırılmasıdır. Kök ucu anatomisi aksesuar ve lateral kanalların varlığından dolayı değişkenlik ve çeşitlilik gösterebilmektedir. Periradiküler lezyonların oluşumunda bu kanal yapılarının önemli rol oynadığı düşünülmektedir [75].

Dişlerin yaklaşık %75'inde, kökün 3 mm'lik apikal kısmında aksesuar veya lateral kanallar mevcuttur. Kök ucunun 3 mm'lik rezeksiyonu, aksesuar ve lateral kanalların çoğunu içerir ve burada kalan mikroorganizmaların ve iritanların çoğunu elimine eder [76]. Periradiküler bölgedeki problemlili alanların temizlenebilmesi ve tıkama sağlamak amacıyla kök ucu dolgusu yapılabilmesi için gerekli minimum rezeksiyon miktarı birçok çalışmada 3 mm olarak kabul edilmektedir [66, 67]. Kök ucu rezeksiyon miktarının belirlenmesinde rol oynayan en önemli faktörlerden birisi de mental foramen, mandibular kanal, maksiller sinüs gibi anatomik yapıların varlığıdır [77]. Cerrah kök ucu rezeksiyonunu bu yapılara zarar vermeyecek şekilde yönlendirmelidir.

Kök ucu rezeksiyonunun açısı mümkün olduğu kadar horizontale yakın, 90° olmalıdır. Bu şekilde açığa çıkan dentin tübüllerinin sayısı en aza indirgenebilmektedir. Açığa çıkan dentin tübüllerinin sayısındaki azalma apikal sızıntıyı azaltarak daha iyi bir iyileşme potansiyeli sağlamaktadır [78].

Kök ucu rezeke edildikten sonra, yüzeyin düz ve pürüzsüz olması önemlidir. Keskin ve çıkıntılı yüzeyler iyileşme periyodunda bir iritan gibi davranabilir [79]. Rezeksiyon sonrası kök ucu yüzeyini karşılaştıran çalışmalara bakıldığında çapraz kesimli fissür frezler, hızlı veya yavaş çalışan piyasemenlerle en pürüzsüz ve en düzenli yüzeyleri oluşturduğu gözlemlenmiştir [80]. Bu aşamada kök yüzeyinin ve kök kanalının pozisyonlanmasını tam olarak görebilmek için mikro aynalar kullanılabilir.

## **2.8. Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografi (Cone Beam Computed Tomography, KIBT)**

Son yıllarda KIBT, kraniofasial cerrahide ve çok çeşitli baş-boyun bölgesi lezyonlarının görüntülenmelerinde sıklıkla kullanılmaktadır ve ayrıca oral bölgedeki travmatik ya da neoplastik karakterli hastalıkların tanısında da önemli bir yöntem olarak tanımlanmakta, yüksek rezolüsyon ve inceleme özellikleriyle yararlı bilgiler vermektedir.

Oral bölgedeki lezyonların radyolojik incelemeleri, panoramik ve çeşitli intraoral filmler gibi geleneksel yöntemlerle yapılmaktadır. Ancak bu yöntemler kortikal kemik kaybı, nörovasküler ilişki, anatomik oluşumlarla komşuluk, dental restorasyon artefaktlarının varlığı ile mandibuler kavisin ve çene komplekslerinin özellikleri açısından yetersiz kalabilmektedir. İşte maksilla ve mandibuladaki bu görüntüleme sorunlarını yok etmek amacıyla KIBT'den yararlanılmaktadır.

Üç boyutlu görüntüleme sistemlerinin diş hekimleri tarafından kullanımı, maksillofasial bölgenin görüntülenmesine uygun yeni konik huzmeli bilgisayarlı tomografi cihazları sayesinde artmıştır. Bu teknolojiye sahip cihazları geleneksel medikal bilgisayarlı tomografi (BT) tarayıcılarından ayırmak önemlidir. Radyasyon dozu konvansiyonel CT kullanımında her zaman endişe kaynağı olmuştur. Fakat KIBT'nin radyasyon dozunun konvansiyonel BT' den 15 kez daha düşük olduğu rapor edilmiştir [81]. KIBT'nin avantajları; daha doğru sonuç elde edilmesi, yüksek çözünürlük, tarama zamanının kısalması ve düşük radyasyon dozudur [82].

Endodontik/ periapikal patoloji varlığının/ yokluğunun tanısı genellikle periapikal radyografik muayeneye göre konur. Endodontide KIBT kullanımının faydası, erken safhada bile olsa periapikal lezyonu ortaya çıkarmada yüksek doğruluk sunması ve invaziv olmayan bir yöntemle ayırıcı tanıya yardımcı olmasıdır [83].

Periapikal filmin yerleştirme hataları ve görüntülerin üst üste gelme problemlerinin üstesinden KIBT ile gelinebilir. KIBT, yeniden düzenlenmiş çok düzlemde görüntüler üreten ve 3 boyutta (Aksiyal, koronal, sagital) da 2 boyutlu görüntüye izin veren bir radyografik alternatiftir. KIBT hacimsel verileri aynı zamanda yeniden yapılandırılarak 3 boyutlu görüntü elde edilebilir ve bu



görüntü farklı açılardan bakmak için döndürülebilir. Ayrıca klinisyen 2 boyutlu düzlemlerde özel görüntüler elde etmek için bu hacimsel verileri yönlendirebilir. KIBT verileri diş yapıları (Kök pozisyonları, gömülü dişlerin gerçek yerleri, vs.), iskeletsel anomaliler, üst ve orta hava yolu, sinüsler, kondillerin yapısı ve pozisyonları, tanı ve tedavi planlamasında önemli olan diğer yapılarla ilgili kesin bilgi sağlar [84, 85].

KIBT aynı zamanda geleneksel 2 boyutlu görüntüleri taklit edecek şekilde yeniden yapılandırılabilirdiği için çok sayıda 2 boyutlu film alma ihtiyacını da giderir. KIBT'ye bağlı radyasyon dozu konvansiyonel full mouth ağız içi radyograf serisine neredeyse eşit olsa da KIBT'nin sunduğu hacimsel veriler klinisyene anlamlı olarak daha fazla tanısal bilgi verir [84, 86]. KIBT taramaları, periapikal kemik defektini belirlemek ve periapikal kemik seviyesini ve defektini ölçmek açısından periapikal filminden farklı değildir [87, 88].

Periodontal kemik defektlerinin tanısı için en yaygın kullanılan görüntüleme yöntemi ağız içi radyograflardır. Ancak ağız içi radyograflar iki boyutludur ve güvenilir anatomik noktaların belirlenmesindeki ışınlama veya gözlemci hatalarına bağlı olarak kemik kaybı miktarında yanlış değerlendirme yapılabilir [88]. John F. Sherard ve ark tarafından yapılan bir çalışmada KIBT'nin diş boyu ölçümünde periapikal filminden daha güvenilir olduğu bulunmuştur [89].

Cerrahi öncesi kemik seviyesinin ve endodontik cerrahi sonrası değişikliklerin değerlendirilmesi 3 boyutlu bilgiyi gerektirir.

### 3. YÖNTEM

Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu bu çalışmayı onayladı (6 Kasım 2015, toplantı sayısı:47, karar no:28).

Güç analizi için, Payer ve ark.'nın [5] daha önceki bir çalışması referans alınarak birincil araştırma ölçütü olarak ağrı belirlendi. 0.80'lik bir güç elde edebilmek için 68 hasta (tahmini etki boyutu 0.20) gerekiyordu ve bu da grup başına 34 hasta (lazer ve kontrol) ediyordu. Hasta takipleri sırasında veri kaybı ihtimali göz önünde bulundurularak, örneklem boyutuna %10'luk bir artış eklendi ve her bir grup için 38 hasta olarak planlandı.

Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı kliniğine başvuran 76 hasta (27 erkek, 49 kadın) bu prospektif, randomize, kontrollü klinik çalışmaya dahil edildi. 71 hasta (22 erkek, 49 kadın) çalışmayı tamamladı.

Çalışmaya sadece kanal tedavisine rağmen iyileşmeyen ısrarlı apikal periodontitisi olan ve/veya periapikal lezyon çapı  $\leq 10$  mm olan maksiller anterior dişler dahil edildi. Diğer çalışmaya dahil edilme kriterleri ise; cerrahi sonrası yara iyileşme sürecini baskılayacak herhangi bir sistemik hastalığının olmaması, cerrahi öncesi ve sonrası periodontal durumunun sağlıklı olmasıdır. Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri; 18 yaşından küçük hastalar, hamile veya bebek emziren kadın hastalar, tütün kullanan bireyler (günde 10 adetten fazla), oral hijyeni kötü olan hastalar, lokal anesteziye ya da apikal rezeksiyondan sonra kullanılan ilaçlara alerjisi olduğu bilinen hastalar, kronik ağrı tedavisi gören hastalar ve kontrol altında olmayan sistemik rahatsızlığı bulunan hastalar olarak belirlendi. Akut şişlik ya da abse formasyonu bulunan ve operasyon öncesi ciddi ağrısı olan hastalar çalışmaya dahil edilmedi.

Dahil etme kriterlerini karşılayan hastalar randomizasyon yazılımı (QuickCalcs; GraphPad Software Inc. La Jolla, CA, ABD) kullanılarak iki tedavi grubuna (lazer ve kontrol) randomize edildi. Her hastadan aydınlatılmış onam formu alındı.

Standardizasyon sağlamak için cerrahi operasyonlar ve lazer uygulamaları aynı araştırmacı tarafından yapıldı. Lazer grubunda operasyondan

hemen sonra ve postoperatif 7 gün boyunca hergün, 5 dk boyunca, operasyon bölgesine DYLTL uygulaması yapıldı. Bu çalışmada 588 nm dalga boyunda, 120 mW çıkış gücünde ve 5 dakika boyunca toplam 3 J/cm<sup>2</sup> enerjide Gallium-Aluminium-Arsenide (GaAlAs) diode lazer cihazı (AMD, Picasso, USA) kullanıldı. Kontrol grubunda lazer uygulaması yapılmadı.

Cerrahi operasyonlar lokal anestezi altında (articaine 1:200 000 epinefrin) yapıldı. Cerrahi prosedür ve postoperatif medikasyon iki grupta da standardize edildi: sulkuler insizyon ve iki vertikal insizyon yapılarak tam kalınlıkta flep kaldırıldı. Kök ucu çelik rond frez ile açığa çıkarıldı ve çelik fissür frez ile rezeke edildi. Granülasyon dokuları kürete edildi. Nemli spanç ile kompres yapılarak kanama kontrol altına alındı. Atravmatik süturlar (4/0 vcryl) ile flep primer olarak kapatıldı. Ameliyattan hemen sonra ilk lazer uygulaması 588 nm dalga boyunda, 120 mW çıkış gücünde, 0,5 J/cm<sup>2</sup> enerjide 5 dakika boyunca, devamlı mod ile dokuya temas etmeden yapıldı. Toplam 3 J/cm<sup>2</sup> gücünde lazer enerjisi uygulandı. Kontrol grubunda lazer uygulaması yapılmadı. DYLTL lazer grubunda ameliyattan hemen sonra ve 7 gün boyunca hergün aynı hekim tarafından yapıldı.

Ameliyattan sonra bütün hastalara antibiyotik (amoksisilin+klavulanat) ve antiseptik gargara (benzidamin HCL+ klorheksidin glukonat) ve sadece ihtiyaç duyduklarında kullanmaları için analjezik (flurbiprofen) reçete edildi. Lazerin fasiyal ödem üzerindeki etkisini kontrol edebilmek için bütün hastalar cerrahi işlem sonrası operasyon bölgesine buz uygulamaması konusunda uyarıldı. Ameliyattan 1 hafta sonra süturlar alındı.

Tamamen kör bir araştırmacı, postoperatif 1., 3., ve 7. günlerde hastaları ödem, ekimoz, yumuşak doku iyileşmesi, kullanılan toplam analjezik sayısı ve ağrı bakımından değerlendirdi. Değerlendirme parametreleri aşağıdaki gibi kategorize edildi;

**Ödem:** 0= Şişlik yok, 1= İntra-oral şişlik, 2= Ekstra-oral şişlik, 3= Yaygın şişlik

**Ekimoz:** 0= renk değişikliği yok, 1= çapı 4cm'den küçük nokta, 2= çapı 4-10 cm nokta, 3= çapı 10 cm'den büyük nokta

### **Yumuşak doku iyileşmesi:**

Skor 1: insizyon hattında açılma yok, drenaj yok (pü veya eksuda), inflamasyon yok, ağrı yok.

Skor 2: insizyon hattında açılma yok, drenaj yok, hafif inflamasyon, hafif ağrı.

Skor 3: insizyon hattında açılma yok, aktif drenaj var, ileri derecede inflamasyon var, orta-ileri derecede ağrı.

Skor 4: insizyon hattında açılma var, aktif drenaj var, ileri derecede inflamasyon var, devamlı ağrı

**Ağrı seviyesi:** 10 cm'lik görsel analog skala (VAS) üzerinde 0 (hiç ağrı yok) ile 10 (olabilecek en dayanılmaz ağrı) arasında skorlanarak ölçüldü.

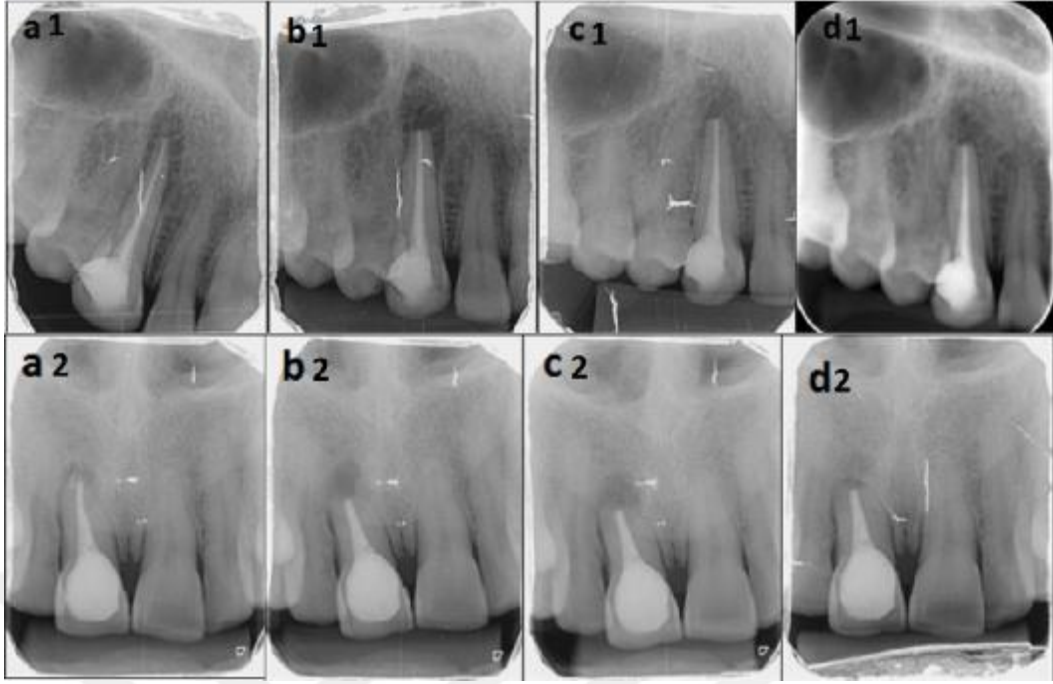
Tedavinin hastanın yaşam kalitesi üzerindeki etkileri; hasta merkezli sonuçlara dayanan iki adet indeks ile değerlendirildi: Ağız Sağlığıyla İlişkili Hayat Kalitesi İndeksi (Oral Health Impact Profile- 14 (OHIP-14)) ve Genel Ağız Sağlığı Değerlendirme İndeksinin (General Oral Health Assessment Index (GOHAI)) tükçe versiyonları (Tablo 3.1) [90]. Maddelere verilen cevaplar altı noktalı bir ölçekte kaydedildi: 0=Asla, 1=Nadiren, 2=Bazen, 3=Sıklıkla, 4=Oldukça sık, 5=Her zaman. Bu değerlendirmeler postoperatif 1., 3. ve 7. günlerde yapıldı.

Hastalar lezyon alanı, periapikal indeks (PAI), lezyon hacmi ve kemik densitesindeki değişiklikler bakımından radyolojik olarak değerlendirildi. Lezyon alanı ve PAI periapikal radyograflar üzerinde, lezyon hacmi ve kemik densitesi ise KIBT üzerinde değerlendirildi. Her iki gruptaki bütün hastalardan ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası 1. hafta, 3. ay ve 6. ayda Planmeca, Intra, Finlandiya (63 kV, 8 mA, 0,5 sn) kullanılarak paralel teknik ile dijital periapikal radyograflar alındı. Radyograflar üzerinde lezyon alanları, meziodistal ve superoinferior yöndeki en uzun mesafeler çarpılarak ölçüldü (Şekil 3.1 ve 3.2). Alınan bütün radyograflarda, lezyonun en uzun çapı ölçülerek, *periapikal indeks* değerlendirildi. *Periapikal indeks* aşağıdaki parametrelere göre kaydedildi: **0** = Lezyon yok, **1** = 0.5-1 mm çapında periapikal radyolüsensi, **2** = 1.1-2 mm çapında periapikal radyolüsensi, **3** = 2.1-4 mm çapında periapikal radyolüsensi,

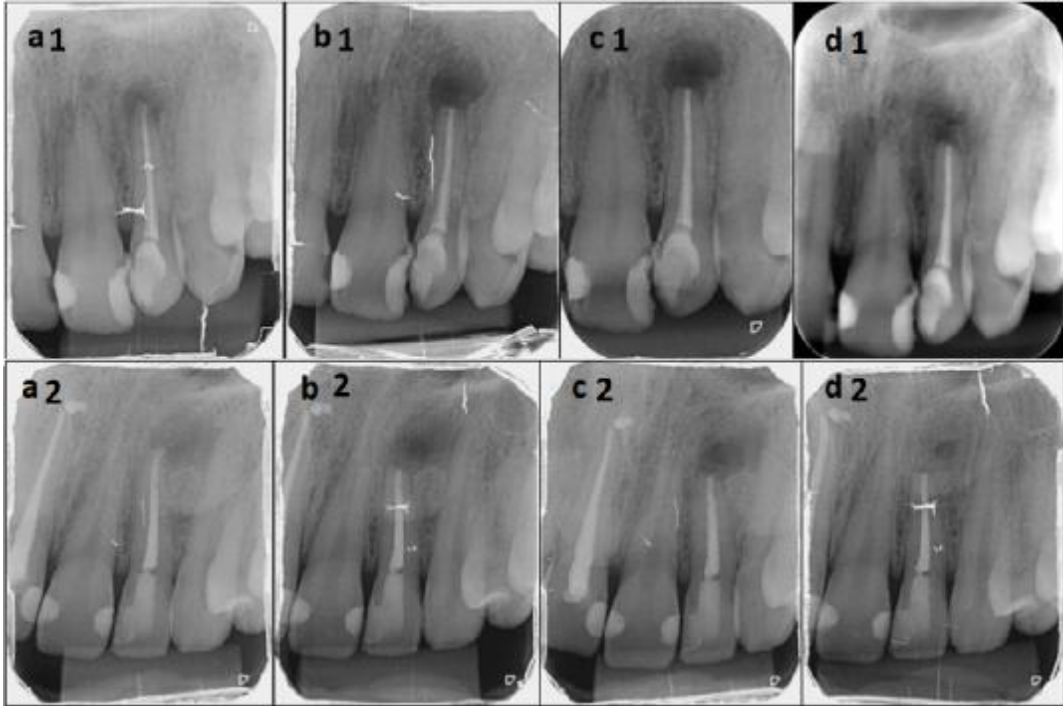
**4** = 4.1-8 mm çapında periapikal radyolüseni, **5** = 8.1 mm çapından büyük periapikal radyolüseni.

**Tablo 3.1.** GOHAI ve OHIP-14 anketlerinin soruları

GOHAI	OHIP-14
<i>Fonksiyonel limitasyon</i>	<i>Fonksiyonel limitasyon</i>
- Gıdaları çiğnemedede zorluk	- Kelimelerin telaffuzunda zorlanma
- Yutkunmada zorluk	- Ağızda kötü tad
- Konuşmaktan kaçınmak	
<i>Ağrı ve rahatsızlık</i>	<i>Ağrı ve rahatsızlık</i>
- Yemek yerken rahatsızlık duymak	- Ağızda ağrı hissi
- Ağrı kesici kullanma ihtiyacı	- Yemek yemekte rahatsızlık
- Diş ve dişetinde sıcak/soğuk hassasiyeti	
<i>Psikolojik etkiler</i>	<i>Psikolojik etkiler</i>
- Görünümünden hoşnut olmamak	- Mahcup hissetmek
- Endişeli ya da düşünceli olmak	- Gergin olmak
- Sinirli ya da utangaç olmak	- Rahatlamada zorlanmak
- Toplum içinde yemek yemekten utanmak	- Utangaç olmak
	- Hayatın daha az tatmin edici olduğunu hissetmek
<i>Davranışsal etkiler</i>	<i>Davranışsal etkiler</i>
- Yiyecek çeşidinde ve miktarında kısıtlılık	- Tatmin etmeyen diyet
- İnsanlarla temastan çekinmek	- Yemek esnasında ara vermek
	- Diğer insanlardan rahatsız olmak
	- Günlük işleri yapmaktada zorlanmak
	- Fonksiyon yetersizliği



**Şekil 3.1.** Lazer grubunda lezyon alanlarını gösteren iki farklı hastaya ait periapikal radyograflarlar; a1,a2) preoperatif, b1,b2) postoperatif 1. hafta, c1,c2) postoperatif 3. ay, d1,d2) postoperatif 6. Ay



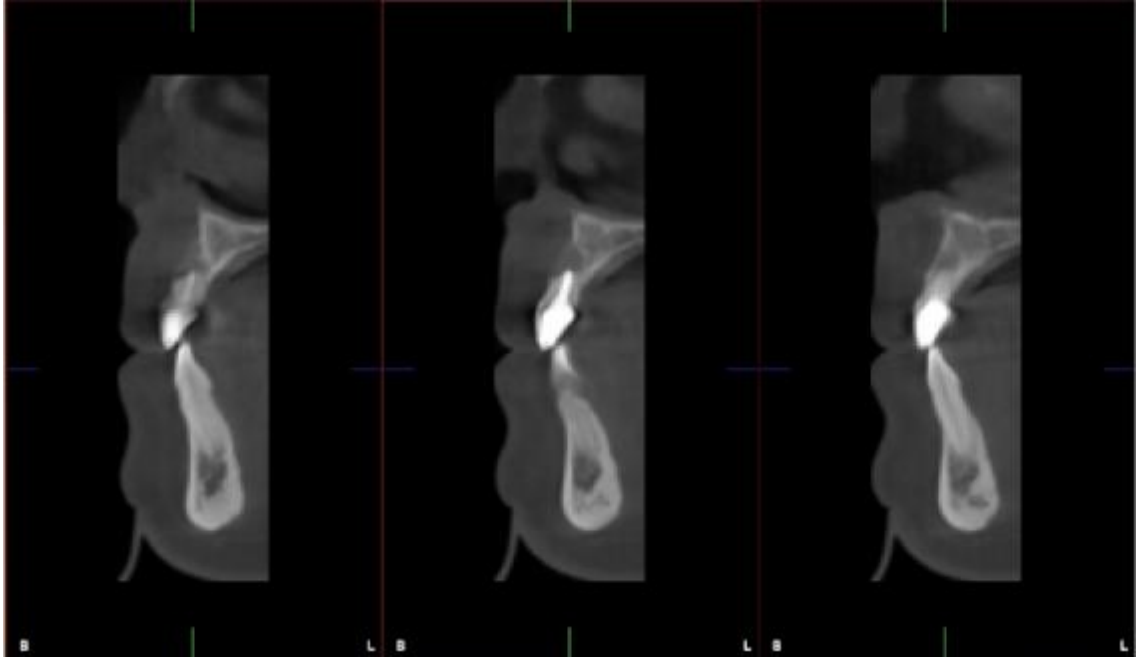
**Şekil 3.2.** Kontrol grubunda lezyon alanlarını gösteren iki farklı hastaya ait periapikal radyograflarlar; a1,a2) preoperatif, b1,b2) postoperatif 1. hafta, c1,c2) postoperatif 3. ay, d1,d2) postoperatif 6. Ay

Her hastadan preoperatif ve postoperatif 3. ayda konik ışınılı bilgisayarlı tomografi (KIBT) (Planmeca, Promax 3D Midi, Finlandiya (90 kV, 8 mA, 135 sn)) çekildi ve lezyon hacmi ve kemik densitesi ölçüldü (Şekil 3.3,3.4). KIBT cihazının kalibrasyonu aygıtı verilen alüminyum silindir fantomu kullanılarak aylık periyotlarla gerçekleştirildi. Ayrıca, günlük kalibrasyonlar, cihaza bağlı ana bilgisayardaki röntgen ışını tüpü şartlandırma ve flaş BT dedektör kalibrasyon programları ile gerçekleştirildi. Her lezyonun hacmi ve ortalama kemik yoğunluğu, görüntü analiz yazılımı (Planmeca, Promax 3D Midi, Finlandiya) kullanılarak ardışık kesitsel KIBT görüntülerinde ölçüldü. Yazılım ile tüm kesitlerde (her bir diş için 1 mm dilim aralıklarıyla yaklaşık 5 veya 6 kesit) defekt sınırlarının serbestçe çizilerek lezyonun hacim ve ortalama yoğunluk değerini hesapladı. KIBT ile elde edilen kemik densitesi ve lezyon hacmi, bu çalışmada sırasıyla "yoğunluk değeri" ve " $\text{cm}^3$ " cinsinden ifade edildi. Bütün radyolojik ölçümler, hastaların hangi gruba ait olduğunu bilmeyen aynı radyolog tarafından ikişer kere yapıldı ve ortalamaları alındı.

İstatistiksel analiz SPSS 17.0 (Chicago, IL, USA) programı kullanılarak yapıldı. Veri dağılımı normal olduğu için, iki grup arasındaki fark t testi kullanılarak değerlendirildi. P değerleri 0.05'ten düşükse farklılıklar anlamlı kabul edildi.



**Şekil 3.3.** Defekt hacminin ve kemik densitesinin ölçümü gösteren KIBT görüntüleri



**Şekil 3.4.** Defekt sınırlarını gösteren cross-sectional KIBT görüntüsü



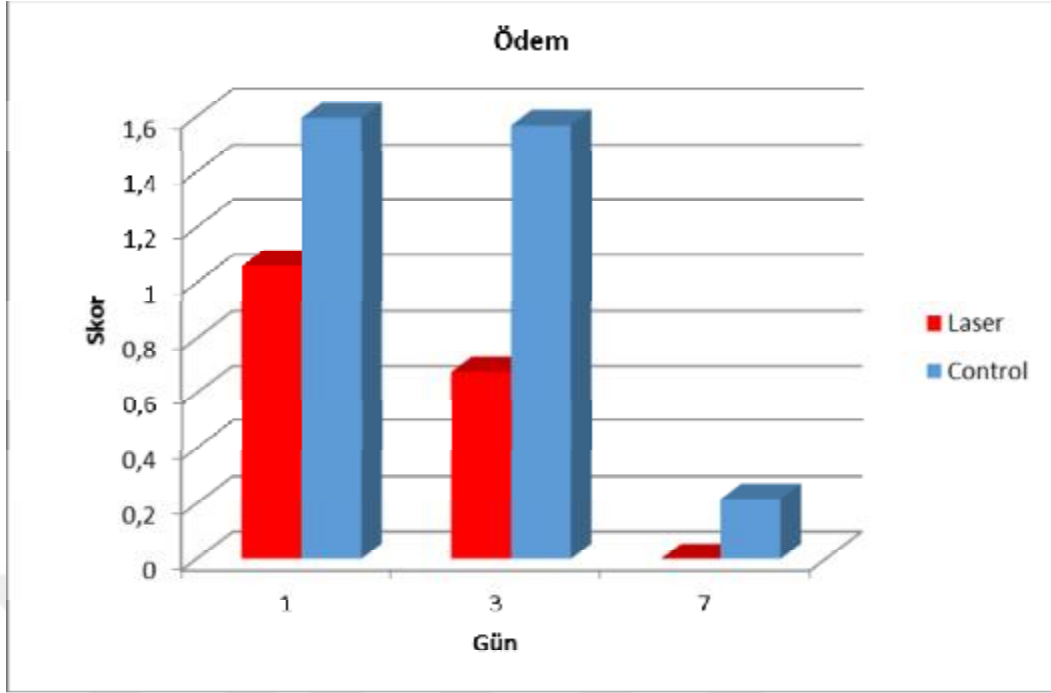
## 4. BULGULAR

Takip ziyaretleri sırasında lazer grubunda 4 hasta ve kontrol grubunda 1 hasta takip randevularına katılmadı ve çalışmadan çıkarıldı. Böylece, toplam 71 hasta (lazer grubu için n = 34, erkek/kadın = 10/24 ve kontrol grubu için n = 37, erkek/kadın = 12/25) çalışmayı tamamladı. Çalışmaya dahil edilen hastalar 18-64 yaşları arasındaydı; lazer grubunda ortalama yaş  $32.91 \pm 15.90$ , kontrol grubunda ortalama yaş  $29.81 \pm 13.25$  idi. Gruplar arasında yaş ve cinsiyet açısından anlamlı fark görülmedi (sırasıyla  $P = 0.365$ ,  $P = 0.412$ ).

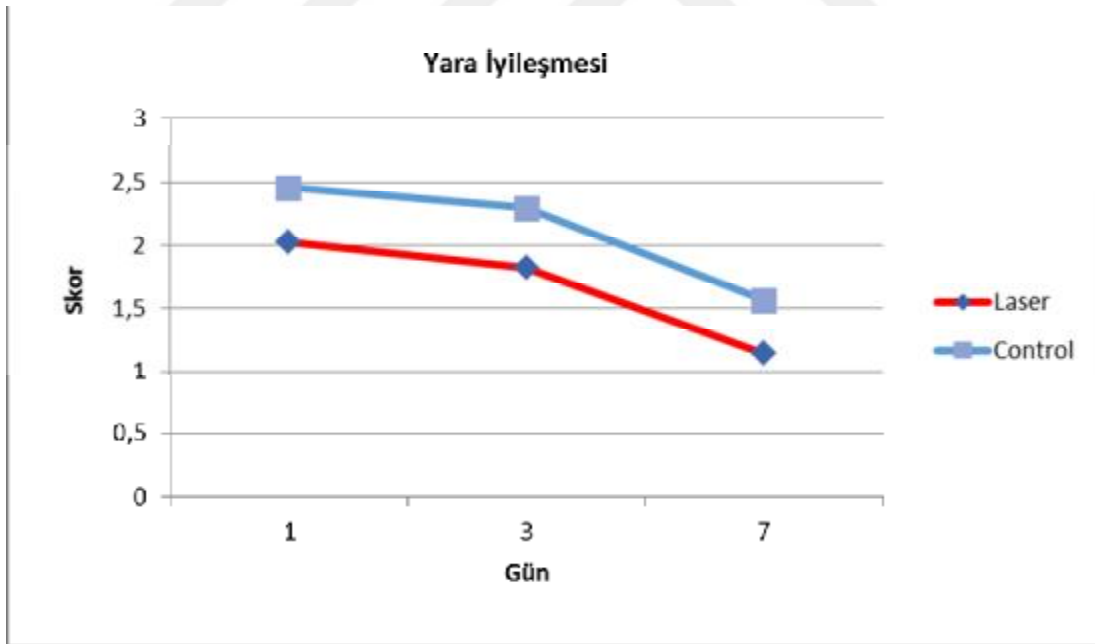
Ödem, yara iyileşmesi ve kullanılan toplam analjezik sayısı bakımından post-operatif 1., 3. ve 7. günlerde lazer grubunda kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha iyi sonuçlar gözlemlendi (P değerleri Tablo 4.1'de gösterilmiştir)(Şekil 4.1-4.3).

**Tablo 4.1.** Takipler sırasında klinik parametrelerin skorlarının (ortalama  $\pm$  SS) gruplar arasındaki karşılaştırılması

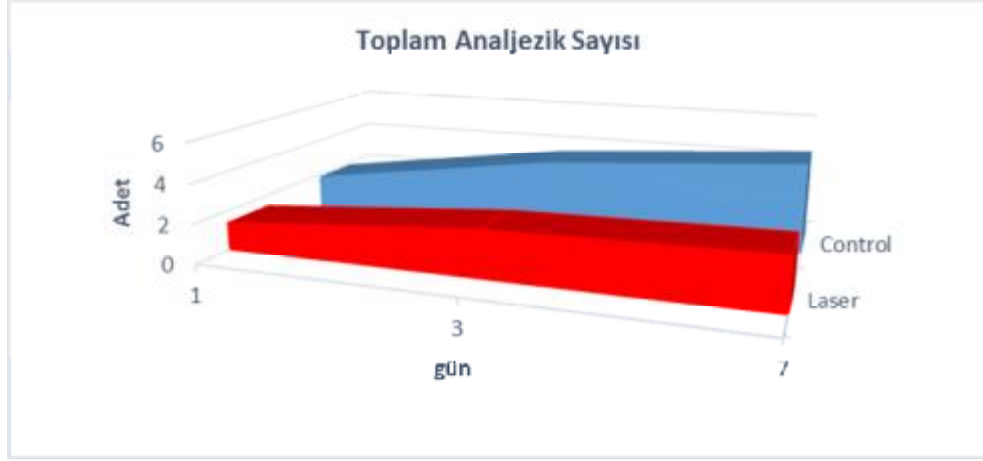
Klinik parametreler	N	1. gün	Takipler 3. gün	7. gün
<b>Ödem</b>				
Lazer	34	$1,06 \pm 0,55$	$0,68 \pm 0,64$	$0 \pm 0$
Kontrol	37	$1,59 \pm 0,76$	$1,57 \pm 0,77$	$0,22 \pm 0,42$
P		<b>0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,004</b>
<b>Ekimoz</b>				
Lazer	34	$0,97 \pm 0,87$	$1,06 \pm 0,85$	$0,09 \pm 0,29$
Kontrol	37	$1,32 \pm 1,03$	$1,95 \pm 1$	$0,43 \pm 0,73$
P		<b>0,124</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,012</b>
<b>Yara iyileşmesi</b>				
Lazer	34	$2,03 \pm 0,39$	$1,82 \pm 0,58$	$1,15 \pm 0,36$
Kontrol	37	$2,46 \pm 0,56$	$2,30 \pm 0,66$	$1,57 \pm 0,50$
P		<b>&lt;0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>VAS</b>				
Lazer	34	$1,91 \pm 1,76$	$1,68 \pm 1,49$	$0,88 \pm 1,07$
Kontrol	37	$3,14 \pm 2,04$	$2,76 \pm 1,79$	$1,19 \pm 1,08$
P		<b>0,009</b>	<b>0,008</b>	<b>0,232</b>
<b>Analjezik tablet</b>				
Lazer	34	$1,38 \pm 0,85$	$2,35 \pm 1,65$	$2,59 \pm 2,03$
Kontrol	37	$1,86 \pm 0,71$	$3,68 \pm 1,20$	$4,57 \pm 2,70$
P		<b>0,012</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,001</b>



**Şekil 4.1.** Postoperatif 1., 3., 7. günlerde ödem

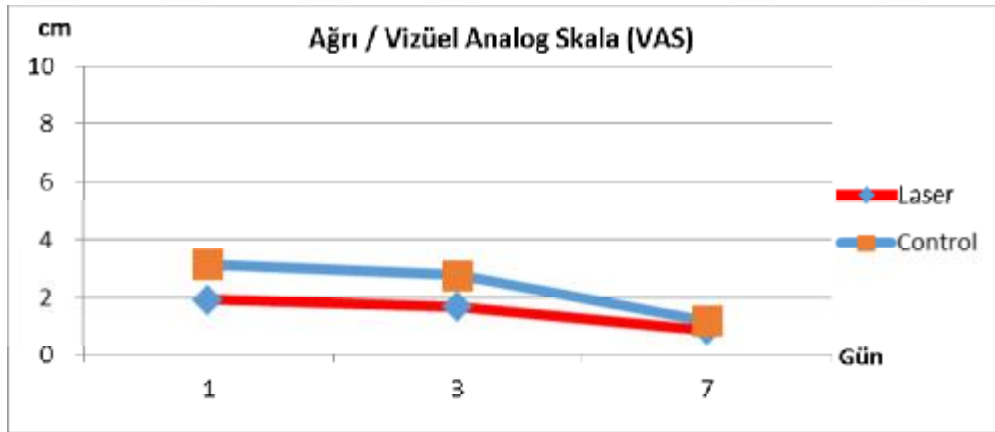


**Şekil 4.2.** Postoperatif 1., 3., 7. günlerde yara iyileşmesi



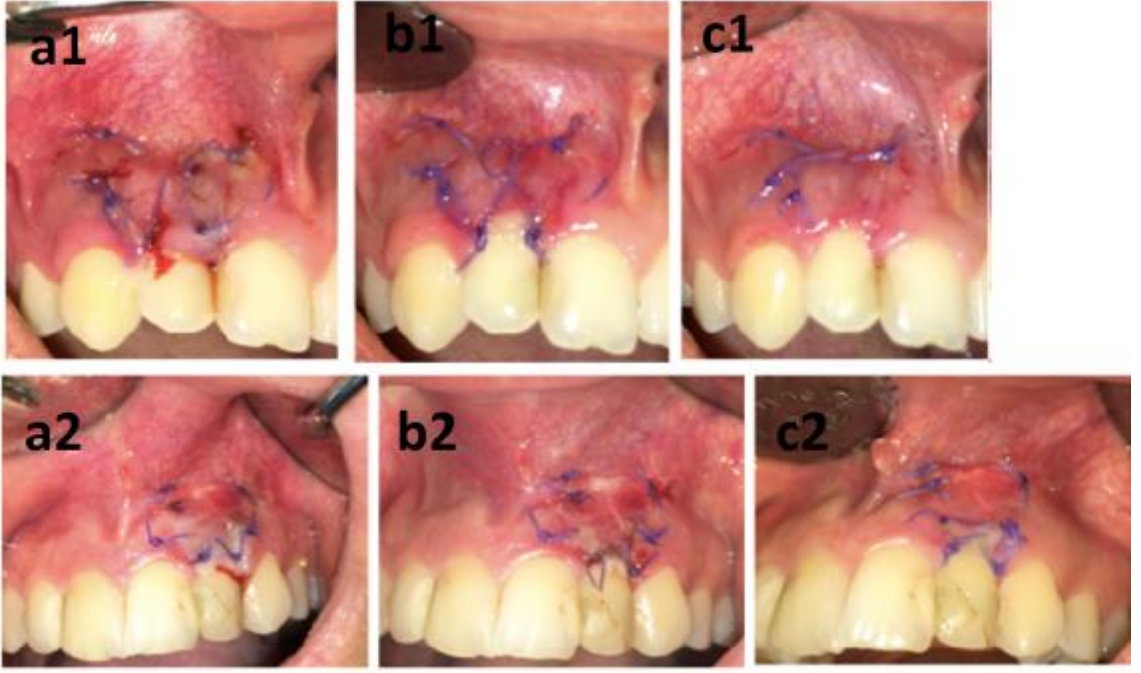
**Şekil 4.3.** Postoperatif 1., 3., 7. günlerde alınan toplam analjezik sayısı

VAS skorları, postoperatif 1. ve 3. günlerde lazer grubundaki hastaların kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az ağrı duyduğunu gösterdi (Sırasıyla  $P=0.009$  and  $P=0.008$ ,). 7. günde gruplar arası anlamlı fark görülmedi ( $P=0.232$ ) (Tablo 4.1, Şekil 4.4).

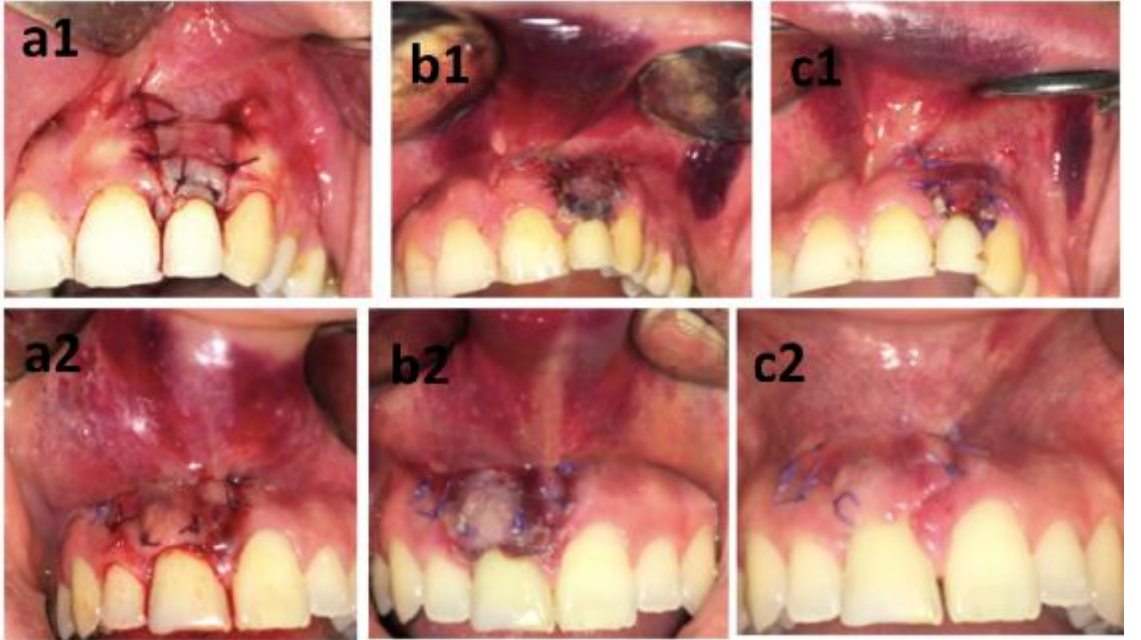


**Şekil 4.4.** Postoperatif 1., 3., 7. günlerde gruplar arasındaki ağrı skalası

Ekimoz bakımından postoperatif 1. günde iki grup arasında fark gözlenmedi ( $P=0.124$ ); fakat, postoperatif 3. ve 7. günlerde lazer grubunda ekimozların anlamlı derecede azaldığı görüldü (Sırasıyla  $P<0.001$  ve  $P=0.012$ ,) (Tablo 4.1, Şekil 4.5,4.6).



**Şekil 4.5.** Lazer grubundaki iki farklı hastaya ait, postoperatif 1., 3., ve 7. günlerdeki ağız içi görüntüleri: a1,a2) postoperatif 1.gün; b1,b2) postoperatif 3.gün; c1,c2) postoperatif 7.gün.



**Şekil 4.6.** Kontrol grubundaki iki farklı hastaya ait, postoperatif 1., 3., ve 7. günlerdeki ağız içi görüntüleri: a1,a2) postoperatif 1.gün; b1,b2) postoperatif 3.gün; c1,c2) postoperatif 7.gün.

Lazer grubunda OHIP-14 ve GOHA indekslerinde postoperatif 1. ve 3. günlerde kontrol grubuna göre anlamlı derecede daha iyi sonuçlar elde edildi, fakat 7. günde iki grup arasında anlamlı fark görülmedi (P değerleri Tablo 4.2 ve 4.3' de gösterilmiştir).

**Tablo 4.2.** Tüm tedavi gruplarında postoperatif 1., 3. ve 7. günlerde fonksiyonel limitasyon, ağrı ve rahatsızlık, psikolojik ve davranışsal etkiler ve toplam OHIP-14 skorlarının karşılaştırılması. Veriler ortalama  $\pm$  SS olarak ifade edildi.

<b>OHIP-14</b>	Postop 1.gün	Postop 3. gün	Postop 7. gün
<b>Fonksiyonel limitasyon</b>			
Lazer	1,75 $\pm$ 0,99	1,66 $\pm$ 0,88	1,07 $\pm$ 0,95
Kontrol	2,27 $\pm$ 0,89	2,14 $\pm$ 0,97	0,88 $\pm$ 0,91
<b>p</b>	<b>0,022</b>	<b>0,035</b>	<b>0,379</b>
<b>Ağrı ve rahatsızlık</b>			
Lazer	1,63 $\pm$ 0,82	1,28 $\pm$ 0,73	0,99 $\pm$ 0,63
Kontrol	2,11 $\pm$ 0,71	1,74 $\pm$ 0,86	0,89 $\pm$ 0,55
<b>p</b>	<b>0,01</b>	<b>0,018</b>	<b>0,509</b>
<b>Psikolojik etkiler</b>			
Lazer	1,13 $\pm$ 0,83	0,93 $\pm$ 0,84	0,71 $\pm$ 0,73
Kontrol	1,64 $\pm$ 0,81	1,43 $\pm$ 0,87	0,61 $\pm$ 0,66
<b>p</b>	<b>0,011</b>	<b>0,016</b>	<b>0,522</b>
<b>Davranışsal etkiler</b>			
Lazer	1,19 $\pm$ 0,74	0,97 $\pm$ 0,63	0,63 $\pm$ 0,61
Kontrol	1,69 $\pm$ 0,88	1,42 $\pm$ 0,73	0,53 $\pm$ 0,66
<b>p</b>	<b>0,012</b>	<b>0,007</b>	<b>0,512</b>
<b>Ortalama OHIP-14</b>			
Lazer	1,42 $\pm$ 0,85	1,32 $\pm$ 0,88	0,92 $\pm$ 0,66
Kontrol	1,88 $\pm$ 0,84	1,80 $\pm$ 0,79	0,83 $\pm$ 0,64
<b>p</b>	<b>0,026</b>	<b>0,018</b>	<b>0,544</b>

**Tablo 4.3.** Tüm tedavi gruplarında postoperatif 1., 3. ve 7. günlerde fonksiyonel limitasyon, ağrı ve rahatsızlık, psikolojik ve davranışsal etkiler ve toplam GOHAI skorlarının karşılaştırılması. Veriler ortalama  $\pm$  SS olarak ifade edildi.

GOHAI	Postop 1.gün	Postop 3. gün	Postop 7. gün
Fonksiyonel limitasyon			
Lazer	1,43 $\pm$ 0,85	1,08 $\pm$ 0,77	0,80 $\pm$ 0,49
Kontrol	2,00 $\pm$ 1,06	1,62 $\pm$ 1,12	1,03 $\pm$ 0,87
<b>p</b>	<b>0,015</b>	<b>0,023</b>	<b>0,175</b>
Ağrı ve rahatsızlık			
Lazer	1,63 $\pm$ 0,68	1,56 $\pm$ 0,79	1,16 $\pm$ 0,88
Kontrol	2,17 $\pm$ 0,94	2,05 $\pm$ 0,94	0,98 $\pm$ 0,82
<b>p</b>	<b>0,008</b>	<b>0,021</b>	<b>0,361</b>
Psikolojik etkiler			
Lazer	1,61 $\pm$ 0,99	1,38 $\pm$ 0,97	0,99 $\pm$ 0,97
Kontrol	2,16 $\pm$ 0,88	1,95 $\pm$ 0,99	0,81 $\pm$ 0,69
<b>p</b>	<b>0,014</b>	<b>0,017</b>	<b>0,377</b>
Davranışsal etkiler			
Lazer	1,62 $\pm$ 0,80	1,25 $\pm$ 0,67	0,88 $\pm$ 0,70
Kontrol	2,18 $\pm$ 0,90	1,76 $\pm$ 0,91	0,93 $\pm$ 0,77
<b>p</b>	<b>0,007</b>	<b>0,01</b>	<b>0,775</b>
Ortalama GOHAI			
Lazer	1,68 $\pm$ 0,67	1,49 $\pm$ 0,90	1,08 $\pm$ 0,78
Kontrol	2,22 $\pm$ 0,78	1,95 $\pm$ 0,73	0,92 $\pm$ 0,68
<b>p</b>	<b>0,003</b>	<b>0,02</b>	<b>0,367</b>

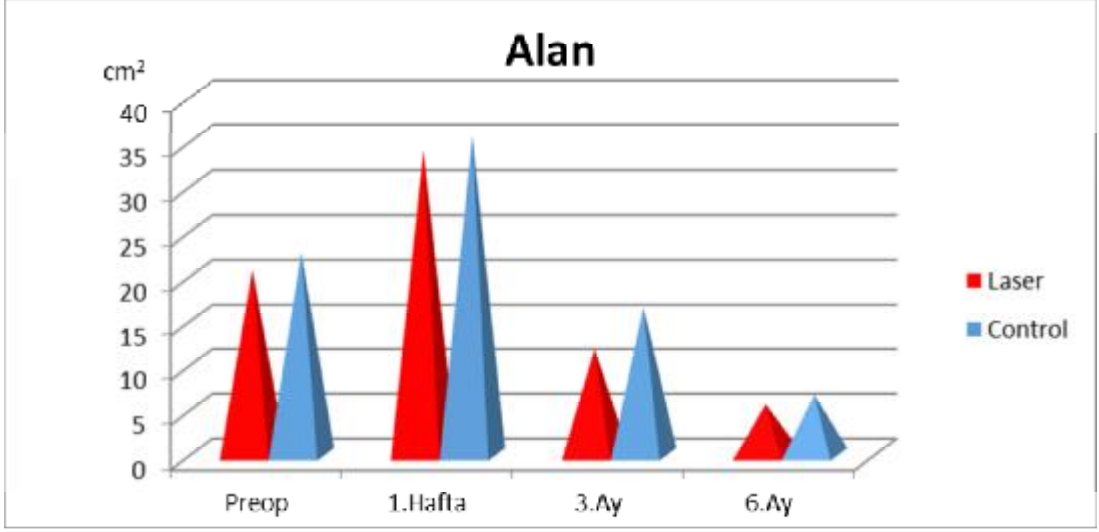
Lezyon alanı, periapikal indeks, kemik yoğunluğu ve lezyon hacmi, bakımından lazer grubunda kontrol grubuna kıyasla, postoperatif 3. ayda anlamlı derecede farklılık gözlemlendi (P değerleri Tablo 4.4 ve 4.5’de gösterilmiştir.) (Şekil 4.7-4.10).

**Tablo 4.4.** Takipler sırasında gruplar arasındaki defekt alanı (mm<sup>2</sup>) ve PAI skorlarının karşılaştırılması. Veriler ortalama  $\pm$  SS olarak ifade edildi.

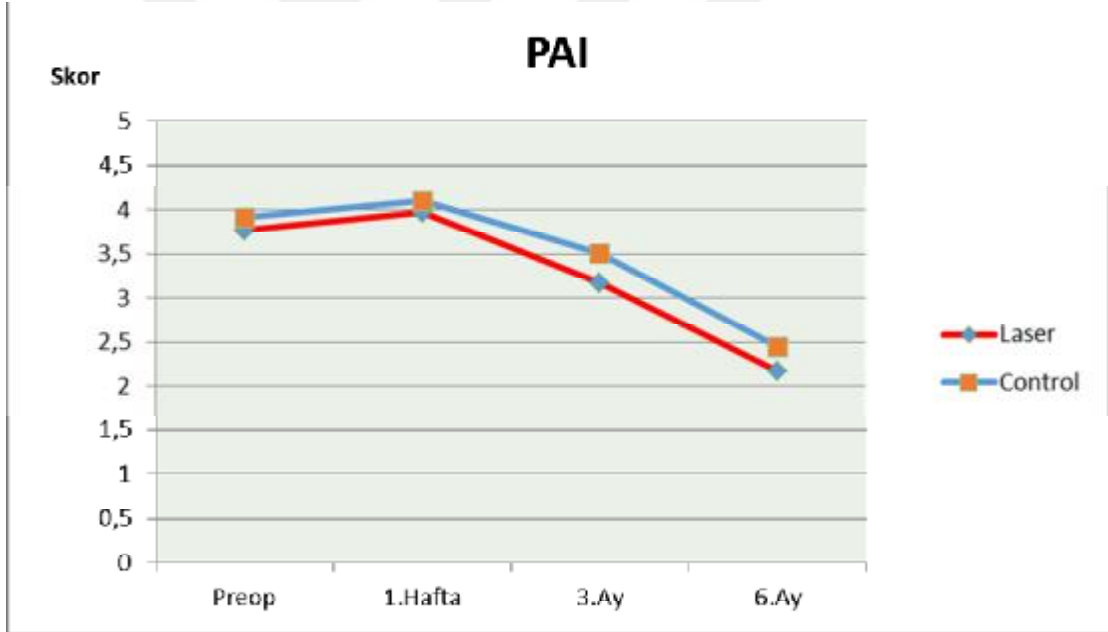
Radyolojik parametreler	N	Takipler			
		Preop	1. hafta	3. ay	6. ay
<b>Alan</b>					
Lazer	34	20,63 $\pm$ 5,74	33,94 $\pm$ 9,58	11,76 $\pm$ 6,31	5,57 $\pm$ 3,66
Kontrol	37	22,57 $\pm$ 6,87	35,53 $\pm$ 9,36	16,49 $\pm$ 9,04	6,61 $\pm$ 3,08
P		<b>0,202</b>	<b>0,481</b>	<b>0,014</b>	<b>0,197</b>
<b>PAI</b>					
Lazer	34	3,76 $\pm$ 0,50	3,97 $\pm$ 0,46	3,18 $\pm$ 0,72	2,18 $\pm$ 0,83
Kontrol	37	3,92 $\pm$ 0,43	4,11 $\pm$ 0,46	3,51 $\pm$ 0,61	2,46 $\pm$ 0,65
P		<b>0,167</b>	<b>0,212</b>	<b>0,035</b>	<b>0,114</b>

**Tablo 4.5.** Takipler sırasındaki gruplar arasındaki defekt hacmi (cm<sup>3</sup>) ve yoğunluk değerlerinin karşılaştırılması. Veriler ortalama  $\pm$  SS olarak ifade edildi.

Radyolojik parametreler	N	Takipler	
		Preop	3. ay
<b>Hacim</b>			
Lazer	34	0,13 $\pm$ 0,06	0,08 $\pm$ 0,04
Kontrol	37	0,15 $\pm$ 0,10	0,12 $\pm$ 0,08
P		<b>0,417</b>	<b>0,015</b>
<b>Densite</b>			
Lazer	34	176,23 $\pm$ 44,96	333,09 $\pm$ 69,52
Kontrol	37	185,00 $\pm$ 51,50	297,20 $\pm$ 59,24
P		<b>0,449</b>	<b>0,022</b>

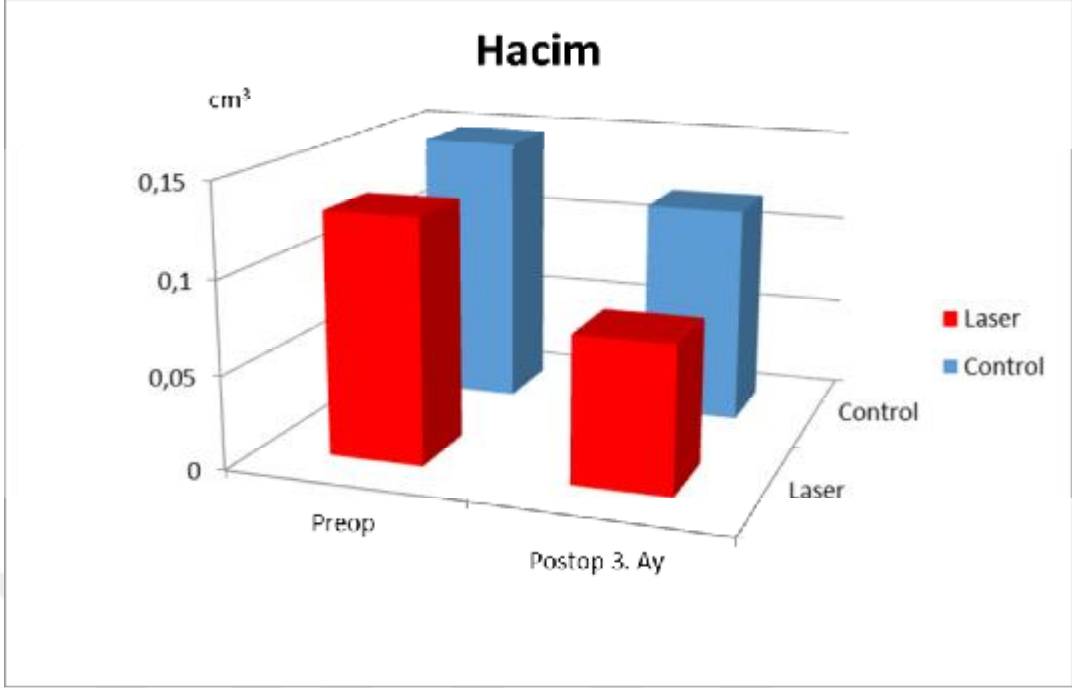


**Şekil 4.7.** Preop, postop 1. hafta, 3. ay ve 6. aylarda defekt alanı bakımından gruplar arasındaki dağılım.

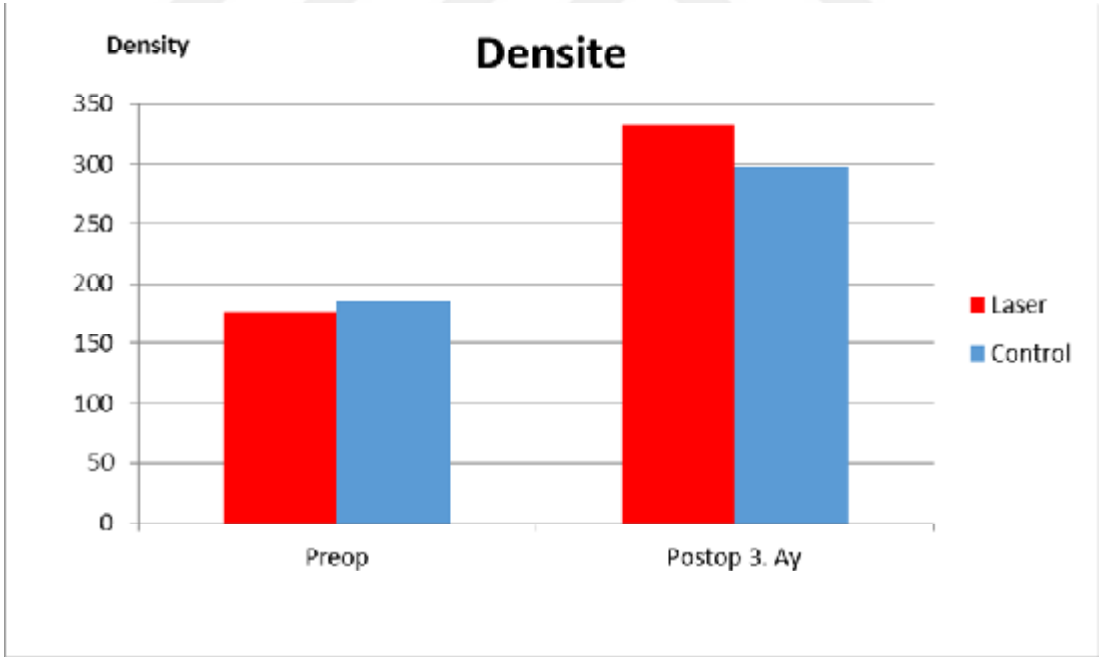


**Şekil 4.8.** Preop, postop 1. hafta, 3. ay ve 6. aylarda periapikal indeks açısından gruplar arasındaki dağılım





Şekil 4.9. Preop ve postop 3. ayda lezyon hacmi bakımından gruplar arası dağılım



Şekil 4.10. Preop ve postop 3. ayda kemik densitesi bakımından gruplar arası dağılım

## 5. TARTIŞMA

Yapılan güncel çalışmalar ile DYLT'nin yumuşak ve sert dokuda iyileşme sürecini olumlu yönde etkilediğinin kanıtlanmasıyla bu yöntem rejeneratif tıp ve diş hekimliğinde popülerite kazanmıştır [45,91]. DYLT amacıyla HeNe, GaAlAs, argon ve diyot lazer gibi çeşitli ışık kaynaklarından yararlanılmıştır.

Günümüzde konvansiyonel endodontik tedavi %85-95 oranında başarı göstermesine rağmen, klinik olarak bazı vakalarda başarısızlık görülebilmektedir. Endodontik tedavinin başarısız olması durumunda akla gelmesi gereken ilk seçenek endodontik tedavinin yenilenmesi olmalıdır. Ancak endodontik tedavinin yenilmesi mümkün değil ise asıl tedavi seçeneği endodontik cerrahi olmalıdır.

DYLT'nin olumlu etkilerinin gösterildiği birçok çalışma olmasına rağmen [92-95]; endodontik cerrahi sonrası DYLT'nin etkileri değerlendiren çok az sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışma endodontik cerrahi sonrası DYLT'nin etkilerini hem yumuşak hem de sert dokuyu inceleyerek, kemik dokusu üzerindeki etkilerini; KIBT kullanarak hem densite hem de hacim ölçerek değerlendiren, literatürdeki şu an için bilinen ilk ve tek çalışmadır.

Özçelik ve ark. [96] gingivektomi ve gingivoplasti operasyonları sonrası, operasyon bölgesine, 7 gün boyunca hergün 5 dakika olmak üzere, 588 nm dalga boyunda ve 120 mW çıkış gücünde, toplam 4 J/cm<sup>2</sup>'lik enerji ile diyot lazer uygulamışlardır. Çalışmalarının sonucunda postoperatif 3., 7. ve 15. günlerde yara iyileşmesinin DYLT uygulanan grupta kontrol grubuna kıyasla anlamlı derecede daha iyi olduğunu bulmuşlardır.

Amorim ve ark. [97] gingivektomi sonrası, operasyon bölgesine ameliyattan hemen sonra ve postoperatif 1., 3. ve 7. günlerde olmak üzere 80 saniye boyunca 685 nm dalga boyunda, 50 mW çıkış gücünde ve toplam 4 J/cm<sup>2</sup>'lik enerji ile diyot lazer uygulamışlardır. Klinik ve biyometrik değerlendirmeleri sonucunda DYLT uyguladıkları grupta yara iyileşmesinin anlamlı derecede daha iyi olduğunu belirtmişlerdir.

Guzzardella ve ark. [98] sıçanların femurlarında oluşturdukları kemik defektlerine, cerrahi izleyen 10 gün boyunca her gün, 780 nm dalga

boyundaki GaAIs ile 1 W, 300 Hz ile (doz 300 J/cm<sup>2</sup> olacak şekilde) dokuya 1 cm uzaklıktan, 10 dk süreyle DYLT uygulamışlardır. Histopatolojik olarak örneklerin 7., 14. ve 21. günlerdeki hücresel aktivitelerinin değerlendirilmesi kontrol grupları ve kendi içlerinde karşılaştırıldığında örnekler içinde en fazla trabeküler kemik ile dolma kapasitesinin 21. günde lazer uygulanan grupta olduğu tespit edilmiş ve DYLT'nin osteoblast aktivitesini artırarak osteosentezi hızlandırdığını vurgulamışlardır.

Denadai ve ark. [99] sıçanlarda benzer bir çalışma modelinde, kemik morfojenik proteinlerinin ve DYLT'nin (650 nm dalga boylu ve 50 mW gücünde GaAIs lazeri 4 J/cm<sup>2</sup> enerji dansitesinde, 80 sn süre ile) ayrı ayrı veya bir arada uygulanmasının iyileşme üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, bir arada kullanımın en fazla kemik rejenerasyonu sağladığını açıklamışlardır.

Khadra ve ark. [100] sıçan kalvaryumunda oluşturdukları kemik defektine 830 nm dalga boyundaki ve 75 mW çıkış gücündeki GaAIs lazer ile operasyonu izleyen 6 gün boyunca günde 1 kez olmak üzere 3 J'lük enerji ile stimülasyon gerçekleştirip, örnekleri 14. ve 28. günlerde incelemiştir. Araştırma sonucunda histolojik incelemelerde her iki dönemde Ca, P ve çözünmez protein birikiminin, angiogenezisin ve fibroblast gelişiminin lazer uygulanan gruplarda kontrol gruplarına göre daha fazla ve belirgin olduğunu izlemeleriyle, lazerin kemik maturasyonunu artırdığı sonucuna varmışlardır.

Her ne kadar DYLT'nin daha önce yapılan araştırmalar ile sert ve/veya yumuşak doku iyileşmesi üzerindeki olumlu etkisi kanıtlanmış ise de yapılan literatür taramasında DYLT'nin endodontik cerrahi sonrası etkilerinin araştırılmasına yönelik çalışmaların ve bu çalışmaların parametrelerinin sınırlı sayıda olduğu görülmektedir [5, 94, 95].

Payer ve ark.'nın [5] yapmış oldukları çalışmada; endodontik cerrahi sonrası 1., 3. ve 7. günlerde, tüm cerrahi alana 1 dakika boyunca 75mW gücünde ve 680 nm dalga boyunda diod lazer uygulaması yapılmış ve sadece klinik parametreler (ödem, inflamasyon, kanama, dehissens, ağrı) değerlendirilmiştir. Postoperatif ağrı, kontrol grubunda anlamlı olarak daha yüksek bulunmuş, diğer parametrelerde gruplar arasında fark görülmemiştir. Ancak, bizim çalışmamızda ise intraoperatif ve postoperatif 7 gün boyunca

hergün lazer uygulandı. Bu çalışmada, özellikle iyileşme döneminin erken döneminde, lazer grubunda hemen hemen tüm parametrelerde kontrol grubu ile karşılaştırıldığında anlamlı düzeyde daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Payer ve ark.'nın [5] çalışmasında üst ve alt kesici dişiler ve premolarlar çalışmaya dahil edilmiş ve ameliyatlar 4 cerrah tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu farklılıklar sonuçları etkileyebilir. Çalışmamızda standardizasyon sağlamak için yalnızca maksiller kesici dişler dahil edildi ve tüm ameliyatlar aynı cerrah tarafından yapıldı.

Kreisler ve ark.'nın [95] yapmış oldukları çalışmada endodontik cerrahi sonrası, operasyon bölgesine 150 saniye boyunca 809 nm dalga boyunda, 50 mW çıkış gücünde GaAlAs lazer uygulanmışlardır. DYLT'nin postoperatif ağrı üzerindeki etkisi değerlendirilmiş ve lazer grubunda daha az ağrı görülse de sadece postoperatif 1. günde anlamlı fark bulunmuştur. Çalışmalarında lazer tedavisi sadece 1 seans uygulanmış ve endodontik cerrahi yapılan bütün dişler çalışmaya dahil edilmiştir. Bizim çalışmamızda standardizasyon sağlanması açısından sadece maksiller anterior dişler üzerinde çalışıldı ve ameliyattan hemen sonra, ameliyat sonrası 7 gün boyunca hergün olmak üzere toplam 8 seans lazer tedavisi uygulandı. Çalışmamızda lazer grubunda kontrol grubuna göre ameliyat sonrası 1. ve 3. günlerde anlamlı derecede daha az ağrı gözlemlendi; 7. günde gruplar arasında anlamlı fark görülmedi.

Zaky ve ark.'nın [94] yapmış oldukları çalışmada maksiller anterior bölgedeki kist operasyonları sonrası haftada 3 kez olacak şekilde, toplam 6 seans lezyon alanına 1 dakika süresince, 50mW gücünde ve 870 nm dalga boyunda diod lazer ile DYLT yapılmış ve operasyon sonrası 1. günde ve 3. ayda dijital periapikal radyografi çekilerek kemik densitesindeki değişiklikler ölçülmüştür. Çalışmalarında lazer grubunun kemik densiteleri kontrol grubuna göre, 3. ayda istatistiksel olarak anlamlı derecede daha iyi bulunmuştur. Bizim çalışmamızda endodontik cerrahi sonrası DYLT'nin kemik dokusu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi için periapikal radyografiye ek olarak densite ve hacim ölçümü için KIBT kullanıldı. Kreisler ve ark.'nın çalışmalarının sonucuna benzer şekilde kemik densitesi, lezyon hacmi ve lezyon alanı bakımından 3.

ayda, lazer grubunda kontrol grubuna göre anlamlı derecede daha iyi sonuçlar elde edildi.

Bizim çalışmamızda defekt alanı paralel periapikal radyograf ile, defekt hacmi ve densitesi ise KIBT kullanılarak ölçüldü. Alan, hacim ve densite değerlendirmeleri de dahil olmak üzere yukarıda belirtilen özellikleri dikkate alarak; bugünkü çalışmamız endodontik cerrahiden sonra DYLT'nin kemik dokusu iyileşmesi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi üzerine özel vurgu yapılan daha önceki çalışmalarla farklılık göstermektedir.

Paralel teknikle alınmış bir periapikal film, kök boyunu ölçmek ve kök rezorbsiyonunu değerlendirmek için klinik altın standart olarak görülür [101, 102]. Ancak periapikal radyograflar, yöntem, yönlendirme ve ışınlamayla ilgili hatalara hassastır. Paralel tekniğin, açıortay tekniğine (Bisecting technique) göre ışınlama ve yöntem hatası daha az olmasına rağmen, ideal film ve x-ray tüp başlığı yerleşimini başarabilmek hala zordur [103]. Uzamış veya kısalmış radyografik görüntüler, vertikal film yerleştirme hatasının (Açı hataları, doğrultu hataları, filmin bükülmesi, vb) veya film tutucunun yanlış açılanmasının sonucu olabilir [103]. Derin dar damak, geniş torus, vb. anatomik varyasyonlar nedeniyle filmin yerleştirilmesi daha zor olabilir. Diş ile film arasındaki açı değişikliklerinin, periapikal filme dayalı yapılan doğrusal ölçümler üzerinde anlamlı bir etkisi vardır [103, 104]. 2 boyutlu radyografların doğası gereği, anatomik yapılar üst üste gelebilir ve bu da referans noktasının tanınmasını zorlaştırabilir.

Çeşitli çalışmalarda periapikal lezyonların saptanmasında radyografik ve tomografik değerlendirmenin etkinliği karşılaştırılmıştır [105-107]. Diş hekimliğinde hastalar KIBT uygulaması ile, tıbbi tomografilere göre daha düşük dozda X-ışınlarına maruz kalır. Endodontik cerrahi sonrası kemik onarımının radyografik ve tomografik yöntemlerle karşılaştırılması, bu amaçla KIBT'nin yeterli kullanımını belirleyebilir ve periapikal radyografik değerlendirmenin doğru yorumlanmasına katkıda bulunabilir.

Petersson ve ark.'na göre [108], konvansiyonel ve dijital periapikal radyografik teknikler, küçük kemik lezyonlarını saptamak için sınırlı kapasiteye sahip olmakla birlikte, normal periapikal koşulları tanımlamak veya değişimin

ileri aşamalarını değerlendirmek için artmış kapasiteye sahiptir; KIBT ise bu küçük değişikliklerin saptanması için daha duyarlıdır. Yazarlar, intraosseöz lezyonların hacmini ölçmek amacıyla, in vivo klinik analizlerde KIBT'nin en iyi araç olduğu sonucuna varmışlardır [108].

Grimard ve ark. [109], 2009 yılında, kemik greft alanlarında yapılan ölçümleri gözlemlenmişler, volümetrik konik ışınli bilgisayarlı tomografinin, vestibüler ve lingual kortikal kemiklerinin süper pozisyonunu ortadan kaldırarak kemik kusurlarının en kritik bölümlerini görselleştirmesine olanak tanıdığını ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak, bu çalışmanın sonuçları, volümetrik yöntemin endodontik cerrahiden sonra kemik tamirinin takibi için etkili olduğunu göstermiştir.

KIBT'nin periapikal defektler dahil olmak üzere çeşitli kemik defektlerini tanımlamada periapikal radyografiden üstün olduğu gösterilmiştir [106, 107, 110]. Bu çalışmada periapikal radyografi ile kemik defektinin alanı, KIBT ile kemik defektinin hacmi ve kemik densitesi ölçüldü. Bu çalışma endodontik cerrahi sonrası DYLT'nin yapıldığı literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak; DYLT'nin sert doku üzerindeki etkisinin periapikal radyografi ve KIBT ile radyografik olarak değerlendirildiği şu ana kadar bilinen tek çalışmadır.

Garcia ve ark. [93] hızlı maksiller genişletme sonrası midpalatal sutur üzerinde dört noktanın herbirinden 60 sn ve midpalatal suturun her iki yanından 30 sn olmak üzere retansiyon fazının 1., 7., 14., 28., 42., 56. ve 70. günlerinde InGaAlP lazer ile düşük yoğunluklu lazer tedavisi (660 nm, 100mW, 332mW/cm<sup>2</sup>) uygulamışlar ve midpalatal suturun iyileşmesini lazer tedavisinin ilk gününde ve 75. günde alınan KIBT ile değerlendirmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda DYLT'nin kemik iyileşme sürecini anlamlı olarak stimüle ettiğini bulmuşlardır.

Abd-Elaal ve ark. [6] mandibular distraksiyon osteogenezi sonrası, konsolidasyon periyodunun 1. gününden 24. gününe kadar, dört farklı noktadan, her noktaya 2 dk, toplam 12 seans GaAs lazer ile DYLT (905nm dalga boyunda, 500mW çıkış gücünde, toplam 20 J/cm<sup>2</sup>) uygulamışlar ve yeni kemik oluşumunu ultrason ve dijital panoramik radyografi ile değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak DYLT'nin kemik iyileşmesini anlamlı

derecede arttırdığını bulmuşlardır.

Kan ve ark. [10] tavşanlar üzerinde yapmış oldukları çalışmada, distraksiyon osteogenenezini sonrası DYLT'nin kemik iyileşmesi üzerindeki etkilerini radyolojik ve histolojik olarak değerlendirmişlerdir. Aktivasyondan hemen sonraki 6 gün boyunca hergün 808 nm dalga boyunda, 0.25 W çıkış gücünde,  $7.5 \text{ J/cm}^2$  enerji ile her noktadan 5 sn olmak üzere toplam 6 noktadan, GaAlAs lazer uygulamışlardır. DYLT'nin, kısa vadede (distraksiyon sonrası 28. gün) iyileşme kapasitesini arttırsa da uzun vadede (distraksiyon sonrası 56. gün) distraksiyon osteogenenezini hızlandırıcı anlamlı bir etkisinin olmadığını bulmuşlardır.

Cerqueira ve ark [111] koyun mandibulasında gerçekleştirdikleri araştırmada, DYLT uygulamasının ve zamanlamasının distraksiyon rejenerasyonu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma; aktivasyon döneminde DYLT uygulanan, konsolidasyon döneminde DYLT uygulanan ve kontrol grubunu olmak üzere üç grupta gerçekleştirilmiştir. İlgili denekler 830 nm dalga boyundaki GaAlAs lazer ile toplam 80 J olacak şekilde biyostimüle edilmiştir. 21. günde elde edilen kesitlerden yapılan histolojik gözlem sonucunda, lazer uygulanan gruplarda kontrol grubundan daha fazla yeni trabeküler kemik oluşumunu izlerken, özellikle konsolidasyon döneminde lazer uygulamanın ossifikasyon paterninde daha etkili olduğunu rapor etmişlerdir.

DYLT'nin erken ve geç dönemde distraksiyon osteogenenezini üzerindeki etkileri konvansiyonel radyografi, mikrotomografi, histolojik ve histomorfometrik analizlerle incelenmiş ve DYLT'nin iyileşmenin tamamlanmadığı kısa dönemde uzun döneme göre kemik iyileşmesi üzerinde daha etkin olduğu detaylı olarak gösterilmiştir. Bizim çalışmamızda da DYLT'nin kemik iyileşmesini erken dönemde hızlandırdığı sonucuna varıldı. Elde edilen sonuçlar kemik iyileşmesini olumlu yönde etkileyerek hızlandırmak ve uzun dönemin getirebileceği sorunları önlemek üzere DYLT'nin önemli bir destek tedavi olabileceğini göstermiştir.

DYLT'nin kemik iyileşmesindeki erken dönem olumlu etkileri yapılan in vivo ve in vitro orijinal çalışmalar ile de desteklenmiştir.

Kazem Shakouri ve ark [112] tavşan tibiasında osteotomi ile

oluşturdukları kırık modelinde, DYLT'nin iyileşme üzerine etkilerini incelemişlerdir. Operasyon sonrası 4. günden itibaren 4 hafta boyunca, GaAIAs lazer ile ( $4 \text{ J/cm}^2$ , 780 nm, 5 dk/gün) biyostimülasyon uygulamışlardır. Araştırma sonucunda DYLT uygulanan örneklerin erken dönemde zayıf biyomekanik özelliklere sahip olmalarına rağmen iyileşme kapasitesinin kontrol grubundan daha fazla olduğu rapor edilmiştir.

Barushka ve ark. [113] sıçan tibiasında oluşturdukları defektlere DYLT uygulamasından sonra biyokimyasal ve histomorfometrik analizler gerçekleştirmişlerdir. Alkalen fosfataz (ALP) aktivitesinin yaralanma sonrası en fazla 6. günde artış gösterdiğini, kalsiyum birikiminin ise 11. günde maksimum düzeye ulaştığını tespit etmişlerdir. Histolojik incelemelerinde ise lazer radyasyonuna maruz kalan örneklerde yaklaşık 5-6 günde ALP enziminin artışına bağlı olarak osteoblast ve osteoklast hücrelerinin popülasyonunda değişiklik izlenirken, bu sürenin kontrol grubunda en erken 10 gün olduğunu belirtmişlerdir. Lazer grubundaki örneklerin intramedullar kanallarının cerrahiden 6 gün sonra örgü kemik ile kaplandığını ve defektin kortikal kemik kısmının membranöz kemikleşme ile hızla dolduğunu belirterek, DYLT'nin kemik iyileşmesinde erken dönemde etkili olduğunu vurgulamışlardır.

Ozawa ve ark.'nın [114] gerçekleştirdiği *in vitro* deneyde, sıçan kalvaryumundan elde ettikleri osteoblast benzeri hücre kültürlerini, hücrelerin ekimini izleyen 1., 6., 12. ve 15. günlerde 830 nm dalga boyundaki GaAIAs lazer ile 5,5 cm uzaklıktan 10 dakika ( $3.82 \text{ J/cm}^2$  doz) ışınlamışlardır. 4., 8., 12., 16. ve 20. günlerde kültürlerde sayım gerçekleştirerek, ekilen hücrelerin proliferasyonunu, mineralizasyonu belirlemek için oluşan kemik nodüllerini, ALP aktivitesindeki değişiklikleri ve *in situ* hibridizasyon aşamasındaki osteokalsin mRNA pozitif hücreleri belirlemişlerdir. Araştırma sonucunda; lazer ile stimüle edilen kültürlerde, 1. ve 12. günler arasında kemik nodüllerinde belirgin bir artış bulunurken bu etkinin 13. günde hızla azalıp 14. günde kaybolduğu tespit edilmiş ve bu durum lazerin stimülatör etkisinin immatür prekürsörlerin farklılaşmasına yönelik proliferatif ve erken dönemde olması ile açıklanmıştır. Normal koşullarda kültür ortamında 3 haftada oluşan kemik nodülleri 13 günde oluşmuş, 1., 6. ve 12. günlerden sonra nodül miktarında belirgin artış



saptanmasına rağmen hem yüksek derecede farklılaşmış hücrelerin hem de mineralize nodüller çevresindeki farklılaşmış hücrelerin DYLT'den etkilenmediği gösterilmiştir. ALP ve osteokalsin osteoblast farklılaşma aktivitesini gösteren belirleyicilerdir. Normal koşullarda bu değerlerde hücre farklılaşmasının geç dönemlerinde değişiklik izlenirken, bu çalışmada lazer uygulamasından çok kısa zaman sonra hücre farklılaşmasında belirgin bir artış saptanmıştır. Bu sonuçlar osteoblast farklılaşmasının ve proliferasyonunun erken döneminde lazerin stimülatif etkisinin olduğunu göstermiştir. Bu kapsamlı hücre kültürü araştırması sonucunda Ozawa ve ark. [114] lazerin biyostimülasyonunda, uygulanan ışın dozunun yanı sıra ışınlamanın yapıldığı iyileşme fazının da çok önemli olduğunu, özellikle hücre aktivitelerinin (farklılaşma ve proliferasyon) erken döneminde daha etkin olduğunu ve mineralize bölgelerde ise bu etkinin azaldığını vurgulayarak, DYLT'nin erken dönemde neden etkili olduğunu hücresel düzeyde açıklamasını sağlamışlardır.

Bu çalışma ile DYLT'nin endodontik cerrahi sonrası yumuşak ve sert doku iyileşmesini hızlandığı ayrıca ağrı ve yaşam kalitesi bakımından, özellikle iyileşme periodunun erken döneminde olumlu etkilerinin olduğu sonucuna varılmıştır.

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Düşük yoğunluklu lazer uygulamasının endodontik cerrahi sonrası yumuşak ve sert doku iyileşmesi üzerine etkilerinin değerlendirildiği bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- 1) DYLT'nin inflamasyonu baskılayarak ödem, ekimoz ve ağrı oluşumunu azalttığı, dolayısıyla yaşam kalitesini arttırdığı görülmüştür.
- 2) DYLT'nin biyostimülasyon etkisi ile yara iyileşmesini hızlandırdığı görülmüştür.
- 3) DYLT'nin kemik rejenerasyonu ve appozisyon üzerinde uyarıcı bir etkisi olduğu ispatlanmıştır. Dahası, bu bulgular, daha ileri çalışmalarla açıklanan histolojik gözlemlerle büyük bir destek taşır [113, 114]
- 4) Çalışmamızın uzun döneme ait tüm analizlerinde gruplar arasında istatistiksel yönden fark olmaması DYLT'nin iyileşmenin geç periyodunda herhangi bir etkisinin olmadığını göstermiştir.

Gruplardaki hasta sayılarının artırılması ve farklı lazer kaynaklarının farklı enerji dozlarında kullanılması ile daha geniş ve kıyaslamalı deneysel çalışmalar planlanabilir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar büyük kistlerin ve tümörlerin enükleasyonundan sonra patolojik kemik kırılmasının önlenmesine yardımcı olacaktır. Bununla birlikte, bu çıkarımın teyit edilmesi için daha büyük defekt boyutlarına sahip hastalar ile araştırılması gerekir.

DYLT'nin kemik iyileşmesine katkıda bulunması dolayısıyla, osseointegrasyonu hızlandırabileceğinden dental implantların erken yüklenmesinde de yardımcı olabileceği hususunda araştırmalar planlanabilir.

## KAYNAKLAR

1. **Oliveira Sierra S, Melo Deana A, Mesquita Ferrari RA, Maia Albarello P, Bussadori SK, and Santos Fernandes KP**, Effect of low-level laser therapy on the post-surgical inflammatory process after third molar removal: study protocol for a double-blind randomized controlled trial. *Trials*, **2013**; 14:373.
2. **Park JB, Ahn SJ, Kang YG, Kim EC, Heo JS, and Kang KL**, Effects of increased low-level diode laser irradiation time on extraction socket healing in rats. *Lasers Med Sci*, **2015**; 30:719-26.
3. **Sella VR, do Bomfim FR, Machado PC, da Silva Morsoleto MJ, Chohfi M, and Plapler H**, Effect of low-level laser therapy on bone repair: a randomized controlled experimental study. *Lasers Med Sci*, **2015**; 30:1061-8.
4. **Korany NS, Mehanni SS, Hakam HM, and El-Maghraby EM**, Evaluation of socket healing in irradiated rats after diode laser exposure (histological and morphometric studies). *Arch Oral Biol*, **2012**; 57:884-91.
5. **Payer M, Jakse N, Pertl C, Truschneegg A, Lechner E, and Eskici A**, The clinical effect of LLLT in endodontic surgery: a prospective study on 72 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2005**; 100:375-9.
6. **Abd-Elaal AZ, El-Mekawii HA, Saafan AM, El Gawad LA, El-Hawary YM, and Abdelrazik MA**, Evaluation of the effect of low-level diode laser therapy applied during the bone consolidation period following mandibular distraction osteogenesis in the human. *Int J Oral Maxillofac Surg*, **2015**; 44:989-97.
7. **Coluzzi DJ**, Fundamentals of lasers in dentistry: Basic science, tissue interaction, and instrumentation. *J Laser Dent*, **2008**; 16:4-10.
8. **Daniell M and Hill J**, A history of photodynamic therapy. *ANZ Journal of Surgery*, **1991**; 61:340-348.
9. **Tumelty M**, *Principles and practice of laser dentistry*. **2011**, Nature Publishing Group.
10. **Kan B, Tasar F, Korkusuz P, Ersoy O, Cetinkaya A, Gur CZ, Celik H, and Meral G**, Histomorphometrical and radiological comparison of low-level laser therapy effects on distraction osteogenesis: experimental study. *Lasers in medical science*, **2014**; 29:213-220.
11. **Keller GS, Toft KM, Lacombe V, Lee P, and Watson JP**, *Lasers in aesthetic surgery*. **2001**: George Thieme Verlag.
12. **Goldman L**. *DERMATOLOGIC MANIFESTATIONS OF LASER RADIATION*. in *Federation proceedings*. **1964**.
13. **Goldman L, Gray JA, Goldman J, Goldman B, and Meyer R**, Effect of laser beam impacts on teeth. *The Journal of the American Dental Association*, **1965**; 70:601-606.
14. **Goldman L**, Chromophores in tissue for laser medicine and laser surgery. *Lasers in Medical Science*, **1990**; 5:289-292.

15. **Sun G and Tunér J**, Low-level laser therapy in dentistry. *Dental Clinics of North America*, **2004**; 48:1061-1076.
16. **Convissar RA**, *Principles and Practice of Laser Dentistry-E-Book*. **2015**: Elsevier Health Sciences. 251-274.
17. **Coluzzi DJ and Swick MD**, CE 1-Lasers in Dentistry. *COMPENDIUM-NEWTOWN-*, **2005**; 26:429.
18. **Coluzzi DJ, Convissar RA, and Roshkind DM**, Laser fundamentals. *Principles and practice of laser dentistry*, **2015**; 1:12-26.
19. **Myers T**, Lasers in dentistry, their application in clinical practice. *JADA*, **1991**; 122:47-50.
20. **Bohr N**, *The theory of spectra and atomic constitution: three essays*. **2011**: Cambridge University Press.
21. **Catone G and Alling C**, Laser application in Oral and Maxillofacial Surgery. **1997**. *WB Saunders Company, Philadelphia*.
22. **McKenzie A**, Physics of thermal processes in laser-tissue interaction. *Physics in medicine and biology*, **1990**; 35:1175.
23. **Knappe V, Frank F, and Rohde E**, Principles of lasers and biophotonic effects. *Photomedicine and laser surgery*, **2004**; 22:411-417.
24. **Springer T and Welch AJ**, Temperature control during laser vessel welding. *Applied optics*, **1993**; 32:517-525.
25. **Clayman L and Kuo P**, *Lasers in maxillofacial surgery and dentistry*. **1997**: Thieme Medical Publishers.
26. **Cernavin I, Pugatschew A, Boer N, and Tyas MJ**, Laser applications in dentistry: a review of the literature. *Australian dental journal*, **1994**; 39:28-32.
27. **Myers ML**, The effect of laser irradiation on oral tissues. *The Journal of prosthetic dentistry*, **1991**; 66:395-397.
28. **Powell G, Ellis R, Blankenau R, and Schouten J**, Evaluation of argon laser and conventional light-cured composites. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, **1995**; 13:315-317.
29. **Dubois M, Labgaa I, Dorta G, and Halkic N**, Endoscopic and surgical ampullectomy for non-invasive ampullary tumors: Short-term outcomes. *Bioscience trends*, **2016**; 10:507-511.
30. **Finkbeiner RL**, The results of 1328 periodontal pockets treated with the argon laser: Selective pocket thermolysis. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, **1995**; 13:273-281.
31. **KUTSCH VK**, Dental caries illumination with the argon laser. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, **1993**; 11:323-327.
32. **Klim JD, Fox DB, Coluzzi DJ, Neckel CP, and Swick MD**, The diode laser in dentistry. *Rev Wavelengths*, **2000**; 8:13-6.

33. **Smith M**, Laser assisted non-surgical periodontal therapy. *Principles and Practice of Laser Dentistry*. New York: Elsevier Health Sciences, **2010**; 27-52.
34. **Moritz A, Schoop U, Goharkhay K, Schauer P, Doertbudak O, Wernisch J, and Sperr W**, Treatment of periodontal pockets with a diode laser. *Lasers in surgery and medicine*, **1998**; 22:302-311.
35. **Sennhenn-Kirchner S, Klaue S, Wolff N, Mergeryan H, Borg von Zepelin M, and Jacobs HG**, Decontamination of rough titanium surfaces with diode lasers: microbiological findings on in vivo grown biofilms. *Clinical oral implants research*, **2007**; 18:126-132.
36. **Neill M and Mellonig J**, Clinical efficacy of the Nd: YAG laser for combination periodontitis therapy. *Practical periodontics and aesthetic dentistry: PPAD*, **1997**; 9:1-5.
37. **Deppe H and Horch H-H**, Laser applications in oral surgery and implant dentistry. *Lasers in medical science*, **2007**; 22:217-221.
38. **Coluzzi DJ**, Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dental Clinics of North America*, **2004**; 48:751-770.
39. **Keller U and Hibst R**, Effects of Er: YAG laser in caries treatment: a clinical pilot study. *Lasers in surgery and medicine*, **1997**; 20:32-38.
40. **Pogrel M, Muff D, and Marshall G**, Structural changes in dental enamel induced by high energy continuous wave carbon dioxide laser. *Lasers in surgery and medicine*, **1993**; 13:89-96.
41. **Abergel RP, Meeker CA, Lam TS, Dwyer RM, Lesavoy MA, and Uitto J**, Control of connective tissue metabolism by lasers: recent developments and future prospects. *Journal of the American Academy of Dermatology*, **1984**; 11:1142-1150.
42. **TUNÉR J, BECK-KRISTENSEN PH, ROSS G, and ROSS A**, Photobiomodulation in Dentistry. *Principles and Practice of Laser Dentistry-E-Book*, **2015**; 251-274.
43. **Amat A, Rigau J, Nicolau R, Aalders M, Fenoll MR, van Gemert M, and Tomàs J**, Effect of red and near-infrared laser light on adenosine triphosphate (ATP) in the luciferine–luciferase reaction. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, **2004**; 168:59-65.
44. **Karu TI**, *Ten Lectures on Basic Science of Laser Phototherapy*. **2007**: Prima Books.
45. **Walsh LJ**, The current status of low level laser therapy in dentistry, Part 1. Soft tissue applications. *Australian dental journal*, **1997**; 42:247-254.
46. **Pereira MCM, de Pinho CB, Medrado ARP, de Araújo Andrade Z, and de Almeida Reis SR**, Influence of 670nm low-level laser therapy on mast cells and vascular response of cutaneous injuries. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, **2010**; 98:188-192.
47. **Walsh L, Lavker R, and Murphy G**, Biology of disease: determinants of immune cell trafficking in the skin. *Laboratory investigation*, **1990**; 63:592-600.
48. **Siposan DG and Lukacs A**, Effect of low-level laser radiation on some rheological factors in human blood: an in vitro study. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, **2000**; 18:185-195.

49. **Tunér J and Hode L**, It's all in the parameters: a critical analysis of some well-known negative studies on low-level laser therapy. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, **1998**; 16:245-248.
50. **Meneguzzo DT, Lopes LA, Pallota R, Soares-Ferreira L, Lopes-Martins RÁB, and Ribeiro MS**, Prevention and treatment of mice paw edema by near-infrared low-level laser therapy on lymph nodes. *Lasers in medical science*, **2013**; 28:973-980.
51. **Takeda Y**, Irradiation effect of low-energy laser on alveolar bone after tooth extraction. Experimental study in rats. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, **1988**; 17:388-391.
52. **Rallis T**, Low-intensity laser therapy for recurrent herpes labialis. *The Journal of investigative dermatology*, **2000**; 115:131.
53. **Munoz Sanchez PJ, Capote Femenías JL, Diaz Tejada A, and Tunér J**, The effect of 670-nm low laser therapy on herpes simplex type 1. *Photomedicine and laser surgery*, **2012**; 30:37-40.
54. **Khadra M, Kasem N, Lyngstadaas SP, Haanæs HR, and Mustafa K**, Laser therapy accelerates initial attachment and subsequent behaviour of human oral fibroblasts cultured on titanium implant material. *Clinical oral implants research*, **2005**; 16:168-175.
55. **Kim YD, Kim SS, Hwang DS, Kim SG, Kwon YH, Shin SH, Kim UK, Kim JR, and Chung IK**, Effect of low-level laser treatment after installation of dental titanium implant-immunohistochemical study of RANKL, RANK, OPG: An experimental study in rats. *Lasers in surgery and medicine*, **2007**; 39:441-450.
56. **Kats A, Vilkova L, Barabash A, Malomud Z, and Ershova N**, Treatment of erosive-ulcerative forms of lichen planus with low-energy laser irradiation. *Vestnik khirurgii imeni II Grekova*, **1990**; 144:121.
57. **Youssef M, Ashkar S, Hamade E, Gutknecht N, Lampert F, and Mir M**, The effect of low-level laser therapy during orthodontic movement: a preliminary study. *Lasers in medical science*, **2008**; 23:27-33.
58. **Nakaji S, Shiroto C, Yodono M, Umeda T, and Liu Q**, Retrospective study of adjunctive diode laser therapy for pain attenuation in 662 patients: detailed analysis by questionnaire. *Photomedicine and Laser Therapy*, **2005**; 23:60-65.
59. **Pires Oliveira DA, de Oliveira RF, Zangaro RA, and Soares CP**, Evaluation of low-level laser therapy of osteoblastic cells. *Photomedicine and Laser Surgery*, **2008**; 26:401-404.
60. **Dörtbudak O, Haas R, and Mailath-Pokorny G**, Biostimulation of bone marrow cells with a diode soft laser. *Clinical oral implants research*, **2000**; 11:540-545.
61. **Hopkins JT, McLoda TA, Seegmiller JG, and Baxter GD**, Low-level laser therapy facilitates superficial wound healing in humans: a triple-blind, sham-controlled study. *Journal of Athletic training*, **2004**; 39:223.
62. **Piccione PJ**, Dental laser safety. *Dental Clinics of North America*, **2004**; 48:795-807.
63. **Block RM, Bushell A, Rodrigues H, and Langeland K**, A histopathologic, histobacteriologic, and radiographic study of periapical endodontic surgical specimens. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, **1976**; 42:656-678.

64. **Kuc I, Peters E, and Pan J**, Comparison of clinical and histologic diagnoses in periapical lesions. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, **2000**; 89:333-337.
65. Barnes I, *Surgical endodontics: By JL Gutman & JW Harrison. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 1991. pp 468.* 1992, Churchill Livingstone.
66. **Çalışkan MK**, *Endodontide tanı ve tedaviler. 2006*: Nobel Tıp Kitabevleri.
67. **Stockdale C**, *Endodontic surgery. 1st ed ed. 1992*, London: Quintessence Publishing (IL).
68. **Schamberg M**, The surgical treatment of chronic alveolar abscess. *Dent Cosmos*, **1906**; 48:15-24.
69. **Gutmann JL and Harrison JW**, *Surgical endodontics. 1991*: Ishiyaku EuroAmerica.
70. **Boucher Y, Sobel M, and Sauveur G**, Persistent pain related to root canal filling and apical fenestration: a case report. *Journal of endodontics*, **2000**; 26:242-244.
71. **Siqueira J**, Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *International endodontic journal*, **2001**; 34:1-10.
72. **Danin J, Linder LE, Lundqvist G, Ohlsson L, Ramsköld LO, and Strömberg T**, Outcomes of periradicular surgery in cases with apical pathosis and untreated canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, **1999**; 87:227-232.
73. **Kvist T and Reit C**, Results of endodontic retreatment: a randomized clinical study comparing surgical and nonsurgical procedures. *Journal of endodontics*, **1999**; 25:814-817.
74. **El-Swiah J and Walker R**, Reasons for apicectomies. A retrospective study. *Dental Traumatology*, **1996**; 12:185-191.
75. **Wada M, Takase T, Nakanuma K, Arisue K, Nagahama F, and Yamazaki M**, Clinical study of refractory apical periodontitis treated by apicectomy Part 1. Root canal morphology of resected apex. *International Endodontic Journal*, **1998**; 31:53-56.
76. **De Deus Q and Horizonte B**, Frequency, location, and direction of the lateral, secondary, and accessory canals. *Journal of Endodontics*, **1975**; 1:361-366.
77. **Moiseiwitsch JR**, Avoiding the mental foramen during periapical surgery. *Journal of endodontics*, **1995**; 21:340-342.
78. **Gilheany PA, Figdor D, and Tyas MJ**, Apical dentin permeability and microleakage associated with root end resection and retrograde filling. *Journal of Endodontics*, **1994**; 20:22-26.
79. **Weston G, Moule A, and Bartold P**, A comparison in vitro of fibroblast attachment to resected root-ends. *International endodontic journal*, **1999**; 32:444-449.
80. **Morgan LA and Marshall JG**, The topography of root ends resected with fissure burs and refined with two types of finishing burs. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, **1998**; 85:585-591.

81. **Kitagawa H, Scheetz J, and Farman A**, Comparison of complementary metal oxide semiconductor and charge-coupled device intraoral X-ray detectors using subjective image quality. *Dentomaxillofacial Radiology*, **2003**; 32:408-411.
82. **Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, and Schindler WG**, Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *Journal of endodontics*, **2007**; 33:1121-1132.
83. **Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, and Azevedo JR**, Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *Journal of endodontics*, **2008**; 34:273-279.
84. **Hatcher DC and Aboudara CL**, Diagnosis goes digital. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, **2004**; 125:512-515.
85. **Cevidanes LH, Styner MA, and Proffit WR**, Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, **2006**; 129:611-618.
86. **Ludlow JB, Davies-Ludlow L, Brooks S, and Howerton W**, Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofacial Radiology*, **2006**; 35:219-226.
87. **Stavropoulos A and Wenzel A**, Accuracy of cone beam dental CT, intraoral digital and conventional film radiography for the detection of periapical lesions. An ex vivo study in pig jaws. *Clinical oral investigations*, **2007**; 11:101-106.
88. **Vandenberghe B, Jacobs R, and Yang J**, Diagnostic validity (or acuity) of 2D CCD versus 3D CBCT-images for assessing periodontal breakdown. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, **2007**; 104:395-401.
89. **Sherrard JF, Rossouw PE, Benson BW, Carrillo R, and Buschang PH**, Accuracy and reliability of tooth and root lengths measured on cone-beam computed tomographs. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, **2010**; 137:S100-S108.
90. **Ozcelik O, Haytac MC, and Seydaoglu G**, Immediate post-operative effects of different periodontal treatment modalities on oral health-related quality of life: a randomized clinical trial. *Journal of clinical periodontology*, **2007**; 34:788-796.
91. **Stein E, Koehn J, Sutter W, Wendtlandt G, Wanschitz F, Thurnher D, Baghestanian M, and Turhani D**, Initial effects of low-level laser therapy on growth and differentiation of human osteoblast-like cells. *Wiener klinische Wochenschrift*, **2008**; 120:112-117.
92. **Ozturan S, Durukan SA, Ozcelik O, Seydaoglu G, and Haytac MC**, Coronally advanced flap adjunct with low intensity laser therapy: a randomized controlled clinical pilot study. *J Clin Periodontol*, **2011**; 38:1055-62.
93. **Garcia VJ, Arnabat J, Comesana R, Kasem K, Ustrell JM, Pasetto S, Segura OP, ManzanaresCespedes MC, and Carvalho-Lobato P**, Effect of low-level laser therapy after rapid maxillary expansion: a clinical investigation. *Lasers Med Sci*, **2016**; 31:1185-94.
94. **Zaky AA, El Shenawy HM, Harhsh TA, Shalash M, and Awad NM**, Can Low Level Laser Therapy Benefit Bone Regeneration in Localized Maxillary Cystic Defects? - A Prospective Randomized Control Trial. *Open Access Maced J Med Sci*, **2016**; 4:720-725.



95. **Kreisler MB, Haj HA, Noroozi N, and 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**; 33:38-41.
96. **Ozcelik O, Cenk Haytac M, Kunin A, and Seydaoglu G**, Improved wound healing by low-level laser irradiation after gingivectomy operations: a controlled clinical pilot study. *Journal of clinical periodontology*, **2008**; 35:250-254.
97. **Faria Amorim JC, Sousa GRD, Silveira LDB, Prates RA, Pinotti M, and Ribeiro MS**, Clinical study of the gingiva healing after gingivectomy and low-level laser therapy. *Photomedicine and Laser Therapy*, **2006**; 24:588-594.
98. **Guzzardella G, Fini M, Torricelli P, Giavaresi G, and Giardino R**, Laser stimulation on bone defect healing: an in vitro study. *Lasers in medical science*, **2002**; 17:216-220.
99. **Denadai AS, de Carvalho PdTC, dos Reis FA, Belchior ACG, Pereira DM, Dourado DM, Silva IS, and de Oliveira LVF**, Morphometric and histological analysis of low-power laser influence on bone morphogenetic protein in bone defects repair. *Lasers in medical science*, **2009**; 24:689-695.
100. **Khadra M, Kasem N, Haanæs HR, Ellingsen JE, and Lyngstadaas SP**, Enhancement of bone formation in rat calvarial bone defects using low-level laser therapy. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, **2004**; 97:693-700.
101. **Sameshima GT and Sinclair PM**, Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, **2001**; 119:505-510.
102. **Mirabella AD and Årtun J**, Prevalence and severity of apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *European Journal of Orthodontics*, **1995**; 17:93-99.
103. **Kazzi D, Horner K, Qualtrough A, Martinez-Beneyto Y, and Rushton V**, A comparative study of three periapical radiographic techniques for endodontic working length estimation. *International endodontic journal*, **2007**; 40:526-531.
104. **Brezniak N, Goren S, Zoizner R, Dinbar A, Arad A, Wasserstein A, and Heller M**, A comparison of three methods to accurately measure root length. *The Angle orthodontist*, **2004**; 74:786-791.
105. **Velvart P, Hecker H, and Tillinger G**, Detection of the apical lesion and the mandibular canal in conventional radiography and computed tomography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, **2001**; 92:682-688.
106. **Christiansen R, Kirkevang LL, Gotfredsen E, and Wenzel A**, Periapical radiography and cone beam computed tomography for assessment of the periapical bone defect 1 week and 12 months after root-end resection. *Dentomaxillofac Radiol*, **2009**; 38:531-6.
107. **Tanomaru FM, Jorge EG, Guerreiro-Tanomaru JM, Reis JM, Spin-Neto R, and Goncalves M**, Two- and tridimensional analysis of periapical repair after endodontic surgery. *Clin Oral Investig*, **2015**; 19:17-25.
108. **Petersson A, Axelsson S, Davidson T, Frisk F, Hakeberg M, Kvist T, Norlund A, Mejäre I, Portenier I, and Sandberg H**, Radiological diagnosis of periapical bone tissue lesions in endodontics: a systematic review. *International endodontic journal*, **2012**; 45:783-801.

109. **Grimard BA, Hoidal MJ, Mills MP, Mellonig JT, Nummikoski PV, and Mealey BL**, Comparison of clinical, periapical radiograph, and cone-beam volume tomography measurement techniques for assessing bone level changes following regenerative periodontal therapy. *Journal of periodontology*, **2009**; 80:48-55.
110. **Low KM, Dula K, Bürgin W, and von Arx T**, Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *Journal of endodontics*, **2008**; 34:557-562.
111. **Cerqueira A, Silveira RL, Oliveira MGd, Sant'ana Filho M, and Heitz C**, Bone tissue microscopic findings related to the use of diode laser (830nm) in ovine mandible submitted to distraction osteogenesis. *Acta cirurgica brasileira*, **2007**; 22:92-97.
112. **Shakouri SK, Soleimanpour J, Salekzamani Y, and Oskue MR**, Effect of low-level laser therapy on the fracture healing process. *Lasers in medical science*, **2010**; 25:73.
113. **Barushka O, Yaakobi T, and Oron U**, Effect of low-energy laser (He-Ne) irradiation on the process of bone repair in the rat tibia. *Bone*, **1995**; 16:47-55.
114. **Ozawa Y, Shimizu N, Kariya G, and Abiko Y**, Low-energy laser irradiation stimulates bone nodule formation at early stages of cell culture in rat calvarial cells. *Bone*, **1998**; 22:347-354.

## ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Kırklareli’nde doğdu. İlköğrenimini 2003 yılında Mut/İçel Gazi İlköğretim Okulu’nda ve lise öğrenimini 2006 yılında Karaman Milli Piyango Fen Lisesi’nde tamamladı. 2012 yılında Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’nden mezun oldu. 2013 yılında Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı’nda uzmanlık eğitime başladı. Uzmanlık eğitimi süresince Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’nde klinik ve akademik faaliyetlerde bulundu.

