

T.C.
ORDU ÜNİVERSİTESİ



DİREKT PULPA KUAFAJINDA DÜŞÜK SEVİYELİ LAZER TERAPİSİNİN ETKİSİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ

ADEM GÜNAYDIN

TEZ DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ ELİF BAHAR ÇAKICI

ORDU-2020

T.C.
ORDU ÜNİVERSİTESİ

**DİREKT PULPA KUAFAJINDA DÜŞÜK
SEVİYELİ LAZER TERAPİSİNİN ETKİSİ**

ADEM GÜNAYDIN

**DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI**

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ ELİF BAHAR ÇAKICI

ORDU-2020

T.C.
ORDU ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DİREKT PULPA KUAFAJINDA DÜŞÜK SEVİYELİ LAZER TERAPİSİNİN ETKİSİ

ADEM GÜNAYDIN

Tezin Verildiği Tarih:

Tezin Sözlü Savunma Tarihi:

Jüri Üyesi (Tez Danışmanı) : Dr. Öğr. Üyesi Elif Bahar ÇAKICI

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Kezban Meltem ÇOLAK

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Fatih ÇAKICI

Dekan : Prof. Dr. Varol ÇANAKÇI

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

ADEM GÜNAYDIN

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince ve tezimin her aşamasında büyük bir sabır ve titizlikle bana yardımcı olan ve yol gösteren, daima desteğini hissettiğim çok değerli danışman hocam **Dr. Öğr. Üyesi Elif Bahar ÇAKICI**'ya,

Her daim bilgi ve deneyimlerini paylaşarak yol gösteren kıymetli hocam **Dr. Öğr. Üyesi Fatih ÇAKICI**'ya,

Asistanlığım boyunca bilimsel ve mesleki anlamda gelişimimde büyük katkısı olan değerli hocalarım **Dr. Öğr. Üyesi Evren SARIYILMAZ** ve **Dr. Öğr. Üyesi Leyla Benan AYRANCI**'ya,

Hayatım boyunca maddi ve manevi hiçbir şekilde desteklerini esirgemeyen, bu günlere gelmeme vesile olan, dünyadaki en değerli varlıklarım olan **AİLEME**,

Çok sevdiğim, her zaman yanımda olan başta **Arş. Gör. Dt. Ahmet ÇETİNKAYA** ve **Arş. Gör. Dt. Büşra UYSAL** olmak üzere, Endodonti Anabilim Dalı'ndaki tüm asistan arkadaşlarıma,

Sonsuz Teşekkürlerimi Sunarım...

ÖZET

DİREKT PULPA KUAFAJINDA DÜŞÜK SEVİYELİ LAZER TERAPİSİNİN ETKİSİ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, düşük seviyeli lazerin direkt pulpa kuafajı sonrası termal uyarın ile ortaya çıkan postoperatif ağrı ve tedavi başarısı üzerine etkisini incelemektir.

Gereç ve Yöntem: Retrospektif olarak planlanan bu tez çalışması Ordu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'na 01.10.2017-01.10.2018 tarihleri arasında başvuran ve verilerinin kullanılmasına izin veren hastalar üzerinde yürütüldü. Çalışmamızdaki katılımcılar, direkt pulpa kuafajı tek bir operatör (G.A.) tarafından tamamlanmış olan hastaların oluşturduğu havuzdan seçilmiştir. Ordu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'ne başvuran ve direkt pulpa kuafajı tamamlanan toplam 123 hastaya ait 123 diş incelendi. Tedavisi yapılan hastaların ağrı seviyesi postoperatif 6.saat, 1.gün ve 1. hafta görsel analog skala (GAS) çizelgesi kullanılarak ölçüldü ve işlemlerin başarısı değerlendirildi. Lazer ve kontrol grubunda 42 hasta olacak şekilde dağılım yapıldı. Lazer grubundan 6 hasta ve kontrol grubundan 6 hasta verilerinin eksik olması nedeniyle çalışma dışı bırakıldı. Sonuç olarak daha önceden direkt kuafaj uygulanmış ve verileri kayıt altına alınmış toplam 72 hasta çalışmaya dâhil edildi.

Bulgular: Takip süreleri boyunca düşük seviyeli lazer grubunda (DSLTL) 1 hastada, kontrol grubunda ise 5 hastada direkt kuafaj başarısız olduğu için kanal tedavisi yapıldığı görüldü. 7. günde DSLTL grubunda kontrol grubuna göre anlamlı olarak daha az ağrı tespit edilmiştir (p=.040). Grup içi değerlere bakıldığında iki grupta da 7. güne doğru ağrı seviyelerinde azalma gözlenmiştir. Ağrı seviyelerindeki bu azalma lazer grubunda istatistiksel olarak anlamlı bulunurken (p=.000) kontrol grubunda anlamlı bulunmamıştır (p=.975).

Sonuç: Direkt pulpa kuafajı sonrasında soğuk uyarana karşı oluşan ağrıyı azaltmada DSLTL faydalı bir yöntemdir.

Anahtar Kelimeler: dental pulpa, postoperatif ağrı, neodmiyum yağ lazer, dentin duyarlılığı.

ABSTRACT

EFFECT OF LOW LEVEL LASER THERAPY ON DIRECT PULP CAPPING

Aim: The aim of this study is to investigate the effect of low-level laser on postoperative pain associated with thermal stimulation after direct pulp capping. Also, we aimed to investigate the effect of laser application on success after direct capping.

Materials and Methods: All the patients who received consent form in this retrospective study were retrieved from the records of patients attended for routine dental treatment at the Ordu University, Faculty of Dentistry, Department of Endodontics between 01.10.2017-01.10.2018. Study subjects were recruited from the pool of patients who performed direct pulp capping by single operator (G.A.). Total of 123 pre-treated teeth of 123 patients who referred to Ordu University, Faculty of Dentistry were examined. Follow-up examinations were carried out at postoperative 6th hours, 1st and 7th days with visual analog scale (VAS) and treatment outcome were assessed. Participants were allocated to the laser and control group which consist of 42 patients in each group. 6 patients were excluded from the study due to missing data in both groups. Thus, data from 72 patients who had been carried out direct pulp capping were assessed.

Results: Root canal treatment was performed 1 patient in the laser group and 5 patients in the control group due to the failure of direct pulp capping. After 7 days, significantly less pain was detected in the low-level laser therapy (LLLT) group than the control group ($p=.040$). In both groups, pain levels decreased to the 7th day. This decrease in pain levels was statistically significant in the laser group ($p = .000$), however, no significant decrease was found in the control group ($p = .975$).

Conclusion: LLLT is a useful method to reduce the pain provoked by thermal stimulus after direct pulp capping.

Key Words: dental pulp, postoperative pain, neodmiyum yag laser, dentin sensitivity.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

TEZ BİLDİRİMİ	I
TEŞEKKÜR.....	II
ÖZET.....	III
ABSTRACT	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLOLAR DİZİNİ	XI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XII
1.GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER	4
2.1. Direkt Pulpa Kuafajının Tarihçesi.....	4
2.2. Direkt Pulpa Kuafajı	4
2.2.1. Tanım.....	4
2.2.2. Direkt Pulpa Kuafajı Klinik Prosedürü.....	5
2.2.3. Direkt Pulpa Kuafajı Endikasyonları	5
2.2.4. Direkt Pulpa Kuafajı Kontraendikasyonları.....	5
2.2.5. Direkt Pulpa Kuafajı Başarı Kriterleri.....	6
2.2.6. Direkt Pulpa Kuafajında Komplikasyonlar	6
2.2.7. Direkt Pulpa Kuafajı Sınıflandırması	7
2.2.7.1. Sınıf 1 Pulpa Kuafajı.....	7
2.2.7.2. Sınıf 2 Pulpa Kuafajı.....	7
2.3. Direkt Pulpa Kuafajının Prognozunu Etkileyen Faktörler	8
2.3.1. Çürüğün Uzaklaştırılması.....	8

2.3.2. Bakteriyel Bulaşma.....	8
2.3.3. Pulpal Açılmanın Boyutu	8
2.3.4. Pulpal Kanama	9
2.3.5. Hastanın Yaşı.....	9
2.3.6. Pulpal Açılmanın Yeri.....	9
2.4. Direkt Kuafajda Kullanılan Materyaller	9
2.4.1. Mineral Trioksit Agregat (MTA)	9
2.4.2. Kalsiyum Hidroksit	11
2.4.3. Çinko Oksit Ojenol (ZOE)	12
2.4.4. Dentin Bağlayıcı Ajanlar	12
2.4.5. Işıklı Sertleşen Trikalsiyum Silikat Siman	13
2.4.6. Kalsiyum Fosfat/ Kalsiyum Sülfat Bifazik Siman.....	13
2.4.7. Bioseramikler	14
2.4.7.1. Kalsiyumla Zenginleştirilmiş Karışım	14
2.4.7.2. BioAggregate (Innovative Bioceramix, Vancouver, BC, Canada)	15
2.4.7.3. Biodentin (Septodont, Saint Maur des Fossés, France).....	15
2.4.7.4. Endosequence Kök Tamir Materyali (Brasseler, Savannah, GA)	16
2.4.8. Büyüme Faktörleri.....	17
2.4.8.1. Mine Matris Proteini (Emdogain) (Biora AB Malmö, Sweden)	17
2.4.8.2. Dentin Matris Proteini	17
2.4.8.3. Değişim Büyüme Faktörleri (TGF- β 1) ve İnsülin Benzeri Büyüme Faktör 2 (IGF-2)	18
2.4.9. Propolis.....	19
2.4.10. İlaçlar.....	19
2.5. Lazerler.....	20
2.6. Lazerin Tarihçesi	20
2.7. Lazerde Kavramlar	21

2.7.1. Enerji Akımı (Fluens= j/cm^2)	21
2.7.2. Enerji Densitesi (İrradians= w/cm^2)	21
2.7.3. Spot Büyüklüğü (Işın Çapı=mm)	21
2.7.4. Atım Süresi (μs veya ms)	21
2.7.5. Termal Gevşeme Zamanı	22
2.8. Lazer Işınının Özellikleri.....	22
2.9. Lazerin Hedef Dokulardaki Etkileri.....	22
2.10. Diş Hekimliğinde Lazer	23
2.11. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazer Türleri	23
2.11.1. Argon Lazerler.....	23
2.11.2. CO ₂ Lazerler	23
2.11.3. Diyot Lazerler	23
2.11.4. Er:YAG Lazerler (Erbium :Yttrium, Aluminum, Garnet)	24
2.11.5. Nd:YAG Lazerler (Neodymium :Yttrium-Aliminum, Garnet).....	24
2.11.6. Er,Cr:YSGG Lazerler (Erbium,Chromium :Yttrium, Scandium, Gallium, Garnet).....	24
2.12. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerlerin Avantajları	24
2.13. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerlerin Dezavantajları	25
2.14. Lazerin Diş Hekimliğinde Kullanım Alanları	25
2.14.1. Teşhis.....	25
2.14.2. Çürük Oluşumunun Önlenmesi ve Çürüğün Uzaklaştırılması	26
2.14.3. Dentin Hassasiyetinin Giderilmesi	26
2.14.4. Vital Pulpa Tedavileri.....	27
2.14.5. Cerrahide Lazer Kullanımı.....	27
2.14.6. Endodontide Lazer Kullanımı	27
2.14.6.1. Kök Kanallarının Dezenfeksiyonu	27
2.14.6.2. Smear Tabakasının Uzaklaştırılması	28

2.14.6.3. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi	28
2.14.6.4. İrrigasyon Solüsyonlarının Aktivasyonu.....	29
2.14.6.5. Endodontik Cerrahi	29
2.15. Düşük Seviyeli Lazer Terapisi.....	29
2.16. Düşük Seviyeli Lazerlerin Etki Mekanizması.....	30
2.17. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Hücreler Üzerindeki Etkisi	31
2.17.1. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Fibroblastlara Etkisi.....	31
2.17.2. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Epitel Hücrelerine Etkisi.....	31
2.17.3. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Kemik Hücrelerine Etkisi.....	31
2.17.4. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin İmmun Hücrelere Etkisi	32
2.17.5. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Nöronlara Etkisi.....	32
2.17.6. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Mikroorganizmalar Üzerindeki Etkisi ...	33
2.18. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Dokular Üzerine Etkisi	33
2.18.1. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Kas ve İskelet Sistemine Etkisi.....	33
2.18.2. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Vasküler Sisteme Etkisi	33
2.19. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Yara İyileşmesine Etkisi	33
3. GEREÇ VE YÖNTEM	34
3.1. Hasta Seçimi	34
3.1.1. Dişe Bağlı Çalışmaya Dâhil Edilme Ölçütleri	35
3.1.2. Hastaya Bağlı Çalışmaya Dâhil Edilme Ölçütleri.....	35
3.1.3. Çalışmadan Hariç Tutulma Ölçütleri	35
3.2. Klinik İşlemler	36
3.2.1. Düşük Seviyeli Lazer Grubu	37
3.3. Postoperatif Ağrı Değerlendirmesi	38
3.4. İstatistiksel Analiz	38
4. BULGULAR.....	40
5. TARTIŞMA.....	46

6. SONUÇ VE ÖNERİLER	58
KAYNAKLAR	59
EKLER	91
EK-1: Etik Kurul Kararı	91
ÖZGEÇMİŞ	92



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.a. Teşhis radyografisi

Şekil 3.1.b. Direkt kuafaj sonra alınan kontrol radyografisi

Şekil 3.1.c. Direkt kuafajdan 6 ay sonra alınan radyografide dentin köprüsünün izlenmesi

Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan Nd-YAG lazer cihazı

Şekil 4. 1. Katılımcıların çalışmaya dâhil olma sürecine ilişkin diyagram

Şekil 4. 2. Ağrı seviyelerinin zamana göre değişimi

Şekil 4. 3. Grup içi ağrı seviyelerinin zaman göre değişimi



TABLolar DİZİNİ

Tablo 4. 1. Demografik veriler ve çalışmada kullanılan dişler

Tablo 4. 2. Grupların preoperatif ve postoperatif mean rank değerleri

Tablo 4. 3. Gruplara göre tedavi başarıları oranları



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ATP	: Adenozin trifosfat
cm	: Santimetre
CO ₂	: Karbon dioksit
DSL _T	: Düşük Seviyeli Lazer Terapisi
Er,Cr:YAG	: Erbium, Chromium: Yttrium-Scandium-Gallium-Garnet
Er:YAG	: Erbium: Yttrium-Aluminum-Garnet
GaAlAs	: Galyum/Alüminyum/Arsenit
GAS	: Görsel Analog Skala
He-Ne	: Helyum Neon
Hz	: Hertz
IGF-2	: İnsülin Benzeri Büyüme Faktör-2
J	: Joule
KH	: Kalsiyum Hidroksit
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
MTA	: Mineral Trioksit Agregat
mW	: Miliwatt
Nd:YAG	: Neodymium doped: Yttrium-Aluminum-Garnet
nm	: Nanometre
Ort	: Ortalama
Post-op	: Postoperatif
Pre-op	: Preoperatif
Ss	: Standart sapma
TGF-β1	: Değişim Büyüme Faktörü-1
W	: Watt
µm	: Mikrometre
°C	: Santigrat

1.GİRİŞ

Diş çürüğü, dünya çapında; yaş, cinsiyet, meslek ve sosyoekonomik seviye fark etmeksizin birçok kişiyi etkilemektedir. Genelde yavaş olarak ilerleyen diş çürüğü bazı bireylerde hızlı bir şekilde diş harabiyetine neden olmaktadır. Diş dokularında hızlı bir yıkım ortaya çıkaran çürüklere derin dentin çürüğü denmektedir. Derin dentin çürükleri radyografilerde dişin $\frac{3}{4}$ veya daha fazlasının kaybı olarak da tanımlanabilmektedir (Bjørndal, 2008).

Tedavi edilmeyen derin dentin çürükleri ilerleyerek pulpal iltihaba neden olabilmektedirler. Pulpa iltihabı sonrasında nekroz, apse hatta diş kaybıyla sonuçlanan durumlar ortaya çıkabilir (Reeves ve Stanley, 1966; Bergenholtz ve Syed, 1982). Bu noktada vital pulpa tedavileri; pulpanın gelişiminin devam etmesini, savunma ve propiyoseptif fonksiyonların devamını sağlayan biyolojik temelli bir tedavi şekli sunmaktadır. Travmatik ve mekanik nedenlerle açığa çıkan bu pulpa dokusunu biyoyumlu materyaller ile kaplayarak canlılığını sürdürmesini sağlayabiliriz. Vital pulpa tedavilerinin amacı pulpanın canlılığının devam ettirilmesi ve biyolojik dengenin yeniden sağlanarak kalan pulpa dokusunda yapısal ve fonksiyonel özelliklerin korunmasıdır (W. Zhang ve Yelick, 2010). Direkt pulpa kuafajı ise derin dentin çürüğünün kaldırılması sırasında açığa çıkan pulpanın canlılığını korumak amacıyla yapılan bir vital pulpa tedavisidir (Mjör, 1988). Pulpanın mekanik veya travmatik olarak açığa çıktığı, spontan ağrı ve inflamasyon hikâyesi olmayan, kanamanın kontrol altına alınabildiği, radyografik olarak da herhangi bir patalojiye rastlanmayan süt ve genç sürekli dişlerde sıklıkla pulpa kuafajı uygulanmaktadır (Cohenca, ve Berg, 2013). Bazı durumlarda dişte klinik ve radyografik olarak bir belirti olmasa bile pulpa etkilenmiş olabilmektedir. Bundan dolayı pulpadaki inflamatuvar değişiklikleri belirlemek için hem klinik olarak hem de radyografik olarak kapsamlı bir değerlendirme yapmak şarttır.

Literatürde belirtilen direkt pulpa kuafajı başarı oranları birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Açığa çıkan pulpal alanın büyüklüğü, pulpal açılmanın konumu ve hastanın yaşı bu faktörler arasında sayılabilir (Yazdanfar ve Gutknecht, 2015b). Direkt pulpa kuafajında başarılı olabilmek için pulpada geri dönüşümsüz bir inflamasyonun olmaması, kanama kontrolünün iyi bir şekilde

sağlanması, pulpa kaplama materyalinin biyouyumlu olması ve sızdırmaz bir şekilde örtülemenin yapılması gerekmektedir. Direkt pulpa kuafajı işleminde açığa çıkmış pulpanın kapatılması için çeşitli materyaller önerilmiştir. Kalsiyum hidroksit (KH), mineral trioksit agregat (MTA) çinko oksit ojenol, cam iyonomer, rezin modifiye cam iyonomer ve adeziv sistemler pulpa kaplama materyali olarak kullanılmaktadır. Bunların içinden KH ve MTA en çok kullanılanlardandır (T. J. Hilton, 2009). Yapılan hayvan ve klinik çalışmalarda da gösterilmiştir ki; bu materyallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, antibakteriyel aktiviteleri ve biyouyumlulukları direkt pulpa kuafajında önemli rol oynamaktadır.

Son zamanlarda lazerler, endodonti pratiğinde çeşitli durumlarda sıkça kullanılmaktadır. Hemostaz ve dezenfeksiyondaki başarılarından dolayı direkt pulpa kuafajında da lazerler popülerlik kazanmıştır (M. T. Lee ve Bird, 2004). Geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında lazer destekli direkt pulpa kuafajının belirgin faydaları görülmektedir (Olivi ve ark., 2007). Lazerler aynı zamanda biyostimülasyon etkilerinden dolayı direkt pulpa kuafajında önerilmektedirler. Utsunomia ve ark. (1998) yaptıkları çalışmada, lazer uygulamasının açığa çıkmış köpek dişi pulpasında, lazer uygulanmayan gruba kıyasla daha erken fibröz matriks oluşumu ve daha erken dentin köprüsü oluşumu sağladığını göstermiştir. Moritz ve ark. (1998) lazer uygulamasıyla, kuafaj sırasında oluşan hematoma azalarak pulpa dokusu ve kaplama materyali arasında daha yakın bir temas sağlandığını belirtmişlerdir. Ayrıca lazer uygulamasının, odontoblastları uyararak tersiyer dentin oluşumunu indüklediği ve böylece ekspoz pulpa duvarında dentin köprüsü oluşumunu hızlandırdığı gösterilmiştir (Tate ve ark., 2006a). Cengiz ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada lazer destekli ve geleneksel pulpa kuafajını tedavi başarısı yönünden karşılaştırmıştır. Lazer ile tedavi edilen dişlerde belirgin olarak daha yüksek başarı oranları rapor edilmiştir. Santucci ve ark. (1999) ise çalışmasında KH kullanarak yapılan lazer destekli direkt pulpa kuafajında, lazer kullanılmayan gruba göre anlamlı olarak daha yüksek başarı oranı bildirmiştir. Diğer yandan, Hasheminia ve ark. (2008) MTA veya KH kullanılarak yaptıkları lazer destekli direkt pulpa kuafajı ile sadece KH kullanılarak yaptıkları pulpa kuafajını karşılaştırmış ve iyileşme süreçleri bakımından ikisi arasında bir fark bulamamışlardır.

Klinisyenler ve hastalar için direkt pulpa kuafajı; para, zaman ve efor kaybını azaltan minimal invaziv bir tedavi şeklidir. Kanal tedavisi ve diğer vital pulpa tedavileriyle karşılaştırıldığında direkt pulpa kuafajının uygulanması da daha kolaydır. Bu avantajlarının yanında direkt kuafaj sonrası özellikle soğuk uyarana ile ortaya çıkan postoperatif ağrı ise istenmeyen bir durumdur. Literatürde düşük seviyeli lazer terapisinin (DSLTL) direkt pulpa kuafajı sonrası termal uyarana meydana gelen ağrıya etkisini GAS ile değerlendiren bir çalışmanın olmadığı görülmektedir. Yürüttüğümüz bu çalışma retrospektif bir çalışma olarak tasarlanmıştır. Kohort çalışmaların alt türü olan retrospektif çalışmalarda, araştırmacı belirli bir noktadan geçmiş zamana doğru verileri gözler ve kaydeder. Retrospektif çalışmalar zamanın etkili kullanılması bakımından oldukça avantajlı çalışmalardır. Ayrıca eksik bilgilerin bulunması için de etkili bir araştırma türüdür. Ancak retrospektif çalışmalarda verilerin ölçümü geçmişte yapıldığı için sadece bir amaca yönelik inceleme yapılabilmektedir (Euser ve ark., 2009).

Çalışmamızın amacı, uygulanan düşük seviyeli lazerin direkt pulpa kuafajı sonrası termal uyarana ile ortaya çıkan postoperatif ağrıya etkisini incelemektir. Ayrıca lazer uygulamasının direkt kuafaj sonrası başarıya etkisinin araştırılması da amaçlanmıştır.

Çalışmamızdaki birinci H0 hipotezi; “maksiller ve mandibular büyük azı dişlerinde direkt kuafaj sonrası düşük seviyeli lazer uygulamasının termal uyarana ile ortaya çıkan ağrı üzerine etkisi yoktur” şeklinde oluşturulmuştur.

Çalışmamızdaki ikinci H0 hipotezi; “maksiller ve mandibular büyük azı dişlerinde direkt kuafaj sonrası düşük seviyeli lazer uygulamasının tedavi başarısı üzerine etkisi yoktur” şeklinde oluşturulmuştur.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Direkt Pulpa Kuafajının Tarihçesi

Açığa çıkmış pulpanın kapatılmasını ilk olarak Prusyalı bir diş hekimi olan PHilip Pfaff, 1756 yılında yapmıştır. Açığa çıkmış pulpanın üzerini folyo ile kaplamayı denemiştir. Bunu yaparken amacı aslında günümüzde yapılan pulpa kuafajı mantığıyla aynıdır. PHilip Pfaff açığa çıkmış pulpayı koruyucu bir madde ile kaplayıp onu dış etkenlerden korumayı hedeflemiştir (Baume ve Holz, 1981a).

PHilip Pfaff tarafından yapılan ilk pulpa kuafajından sonra birçok madde denenmiştir. Altın, fildişi, teneke, kloroperka, çinko oksiklorit, çinko polikarboksilat siman, alüminyum hidroksit, titanyum dioksit, KH, penisilin, çinko fosfat siman, silikat siman, flor solüsyonu ve kortikosteroid gibi çeşitli maddeler pulpa kuafajında kullanılmıştır (Komabayashi ve ark., 2016).

Günümüzde pulpa kaplama materyali olarak sıklıkla kullanılan KH ilk olarak 1852 yılında Harris tarafından formüle edilmiştir. 1920 yılında ise Herman, direkt pulpa kuafajı için tanıtmıştır (Santucci, 1999). KH'ten yıllar sonra ortaya çıkan MTA ise tanıtılan ilk kalsiyum silikat esaslı materyaldir. Torabinejad tarafından 1995 yılında tanıtılan MTA'nın, 1998 yılında FDA (Food and Drug Administration) tarafından onaylandıktan sonra kullanımı hızla artmıştır. Pulpa kuafajında, KH ile karşılaştırıldığında MTA; başarı oranı, sert doku oluşumu ve pulpal inflamasyon açısından daha üstün bulunmuştur (J. Camilleri ve Pitt Ford, 2006).

2.2. Direkt Pulpa Kuafajı

2.2.1. Tanım

Direkt pulpa kuafajı, çürük veya travma gibi etkenlerle pulpanın açığa çıktığı durumlarda, pulpanın biyoyumlu materyaller ile sızdırmaz bir şekilde kapatılması temeline dayanan bir vital pulpa tedavisidir. Direkt pulpa kuafajında amaç pulpanın canlılığının ve işlevinin devam ettirilmesidir. Direkt pulpa kuafajı; pulpanın gelişimini, savunma ve propiyoseptif fonksiyonların devamını sağlayan biyolojik temelli bir tedavi şekli sunmaktadır. Ayrıca direkt pulpa kuafajı, pulpektomi ve kanal

tedavisine göre daha kolay uygulanan bir işlem olmasından dolayı vital pulpa tedavilerinde tercih edilmektedir.

2.2.2. Direkt Pulpa Kuafajı Klinik Prosedürü

Direkt pulpa kuafajı yapılacak olan diş lokal anestezi uygulanır ve diş rubberdam ile izole edildikten sonra çürük tamamen uzaklaştırılır. Açığa çıkan pulpa yüzeyi serum fizyolojik ile yıkanır ve steril pamuk peletler ile kanama kontrolü sağlanır. Pulpadan gelen kanama kontrol altına alındıktan sonra hazırlanan pulpa kaplama materyali açığa çıkmış pulpa yüzeyine direkt olarak uygulanır ve sertleşmesini tamamladıktan sonra üzerine kalıcı restorasyon yapılarak işlem tamamlanır (Asgary ve ark., 2014).

2.2.3. Direkt Pulpa Kuafajı Endikasyonları

1. Açığa çıkmış olan pulpa vital olmalıdır.
2. Diş geri dönüşümlü pulpitis safhasında olmalıdır.
3. Dişte spontan ağrı olmamalıdır.
4. Dişte perküsyon testlerine duyarlılık olmamalıdır.
5. Pulpada görülen kanama 5 dakikadan fazla sürmemelidir.
6. Diş periodontal olarak sağlıklı olmalıdır.
7. Dişteki madde kaybı restore edilebilir olmalıdır.
8. Radyografik muayenede periradiküler dokularda patoloji bulgusu olmamalıdır.

2.2.4. Direkt Pulpa Kuafajı Kontraendikasyonları

1. Çürüğün pulpaya ulaştığı ve pulpanın uzun süreli ağız ortamıyla ilişkili olduğu durumlar.
2. Pulpada nekroz görülmesi.
3. Dişte spontan ağrı olması.
4. Perküsyon testlerine pozitif yanıt alınması.
5. Dişte geri dönüşümsüz pulpitis teşhisi olması.
6. Pulpanın açığa çıktığı durumda hiç kanama görülmemesi veya oluşan kanamanın 5 dakikadan uzun sürmesi.
7. İyileşmeyi olumsuz yönde etkileyecek sistemik hastalık hikayesinin olması.
8. Radyografik muayenede periapikal ve periradiküler bölgede patoloji görülmesi

9. İleri derecede periodontal hastalığın bulunması.
10. Pulpal açılmanın dişin ara yüzünde veya kole bölgesinde yer alması.

2.2.5. Direkt Pulpa Kuafajı Başarı Kriterleri

1. Direkt kuafaj sonrasında vitalite testlerine pozitif yanıt alınması.
2. Dişte şiddetli spontan ağrı görülmemesi.
3. Dişe uygulanan termal uyarılara karşı kısa süreli yanıt görülmesi.
4. Perküsyon ve palpasyon testlerine negatif yanıt alınması.
5. Direkt kuafaj sonrası apse ve sinüs yolu oluşumunun görülmemesi.
6. Radyografide periapikal patoloji ve radyolüseninin görülmemesi.
7. Periodontal ligament genişliğinin normal sınırlar içinde olması.

2.2.6. Direkt Pulpa Kuafajında Komplikasyonlar

İşlem sırasında meydana gelen pulpal açılma miktarının fazla olması prognozu olumsuz yönde etkileyecektir. Pulpal açılma büyük olduğunda pulpa dokusu tahribatı ve kanama fazla olacağı için daha şiddetli bir iltihabi reaksiyon oluşur. İşlem sırasında fazla basınç uygulanması pulpada önemli derecede hasara neden olacağı için tedavinin başarısını da etkileyecektir. Direkt pulpa kuafajı sırasında, açığa çıkmış canlı dentinin şiddetli hava ile kurutulması dentin kanallarındaki sıvının hızla dışarı çıkmasına neden olur. Kanallardan çıkan sıvı pulpa tarafından yerine konur. Bu aşamada pulpaya komşu mekanoreseptörler uyarılır ve ağrı oluşur (N. X. West ve ark., 2013). Bunun sonucunda hastaların işlem sonrası hissettikleri ağrı artabilir. Çürüğün temizlenmesi sırasında enfekte dentin parçacıkları pulpa dokusuna girip iltihabi bir reaksiyon başlatabilmektedir. Bunu önlemek için temiz frezler ile çalışılması ve kavitenin serum fizyolojik ile yıkanarak debrislerin uzaklaştırılması gerekmektedir. Direkt kuafajda pulpal açılma bölgesinde kanama sonrası oluşan pıhtının kalınlığı da tedaviyi etkilemektedir (Paula ve ark., 2018). Oluşan pıhtının kalınlığı fazla olduğu zaman, kaplama materyali ile pulpa dokusu arasında tam bir temas sağlanamaz ve mikrosızıntı meydana gelir. İşlem sırasında, açığa çıkmış pulpa bölgesine tükürük bulaşması da komplikasyonların görülmesine neden olabilir. Tükürük kontaminasyonu ile mikroorganizmalar doku içine girerek pulpitise neden olabilir.

Yukarıda bahsedilen durumlar işlem sonrası hastaların hissettikleri postoperatif hassasiyet üzerinde etkili olabilir. Direkt pulpa kuafajı sonrası sıklıkla görülen postoperatif hassasiyet ve rahatsızlıkların üstesinden gelmek her zaman kolay olmamaktadır. Restorasyonda bir başarısızlık olmasa bile hastalar, farklı seviyelerde ve yoğunlukta ağrıdan şikâyet etmektedir. Ortaya çıkan bu hassasiyet; kalan dentin miktarı, açığa çıkan dentin tübüllerinin sayısı ve çapı, pulpal durum gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Direkt kuafaj sonrası görülen postoperatif hassasiyet birkaç gün içinde azalmaktadır. Eğer bu hassasiyet 10 günden fazla devam ederse bunu azaltmak için birkaç yöntem önerilmektedir. Okluzyonun kontrol edilmesi, ışın cihazının gücünün kontrol edilmesi, restorasyonun değiştirilmesi ve kök kanal tedavisinin yapılması bu yöntemlerdendir (Dababneh ve ark., 1999; Sobral ve ark., 2005).

Bu yöntemlerin yanında, DSLT uygulanması postoperatif ağrıları azaltmada etkili bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Moosavi ve ark., 2015a) Bu yöntem, restorasyonların değiştirilmesi ve kök kanal tedavisi gibi girişimsel tedavileri azaltarak hem hasta hem de hekim için daha konforlu bir tedavi şekli sunmaktadır.

2.2.7. Direkt Pulpa Kuafajı Sınıflandırması

Klinikte hekimlere yol göstermesi açısından Bjørndal tarafından direkt pulpa kuafajı sınıflandırması yapılmıştır. Bjørndal pulpa kuafajını pulpal açılmanın meydana geliş şekline göre sınıf 1 ve sınıf 2 şeklinde iki kategoriye ayırmıştır (Bjørndal, 2018).

2.2.7.1. Sınıf 1 Pulpa Kuafajı

Sınıf 1 pulpa kuafajı, yüzeysel pulpayı içine alan komplike kron kırıklarında veya kazara oluşan pulpa açılmalarından sonra pulpanın biyouyumlu materyallerle kaplanması işlemidir. Bu durumlarda klinik olarak pulpada inflamasyon görülmez ve sağlıklı olarak kabul edilir. Ancak tedavinin başarılı olması için pulpal açıklığın 1 mm'den küçük olması ve koronal üçlüde yer alması önemlidir (Bjørndal, 2018).

2.2.7.2. Sınıf 2 Pulpa Kuafajı

Sınıf 2 pulpa kuafajı, derin çürük bulunan dişlerde çürük temizlendikten sonra açılan pulpa dokusunun kaplanması işlemidir. Pulpal açılma meydana geldiği zaman

linik olarak açılmanın meydana geldiği bölgenin altında inflamasyon beklentisi olmaktadır. İlgili dişte bazı belirtiler olabilir ancak Sınıf 2 pulpa kuafajının yapılabilmesi için dişte geri dönüşümsüz pulpitis belirtileri olmamalıdır. Tedavinin başarılı olmasında çürüğün tamamen uzaklaştırılması ve etkili bir dezenfeksiyon işleminin yapılması önemlidir (Bjørndal, 2018).

2.3. Direkt Pulpa Kuafajının Prognozunu Etkileyen Faktörler

2.3.1. Çürüğün Uzaklaştırılması

Çürüğün temizlemesi sırasında pulpa açığa çıkabilmektedir. Çürük temizlenirken pulpanın açıldığı durumlarda pulpada inflamasyon görülebilir. Pulpanın etrafındaki sağlam veya enfekte dentine göre bu inflamasyon lokalize veya yaygın olabilmektedir (Fuks, 2008). Çürük tamamen uzaklaştırılıp mekanik olarak pulpanın açıldığı durumlarda bile pulpanın enfekte olma ihtimali vardır. Bunu önlemek için çürük uzaklaştırılırken kavitenin serum fizyolojik veya oksijenli su ile yıkanması önerilir (Dumsha ve Hovland, 1985). Böylece enfekte dentin parçacıklarının pulpaya ulaşması engellenebilir.

2.3.2. Bakteriyel Bulaşma

Doğrudan bakteriyel temasın olması direkt pulpa kuafajlarındaki başarısızlığın temel sebebidir. Bakteriyel bulaşmanın söz konusu olduğu durumlarda pulpada iyileşme olmaz ve pulpal harabiyet görülür. Pulpa kuafajının başarısız olmaması için steril aletlerle çalışılması önem taşımaktadır. Yapılan restorasyonun sızdırmaz bir şekilde yapılması ve dişin iyi bir şekilde izole edilmesi de bakteriyel bulaşmanın önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Alaçam T., Alaçam A., 2000)

2.3.3. Pulpal Açılmanın Boyutu

Açığa çıkan pulpa alanının artması, pulpanın iyileşme potansiyelini olumsuz yönde etkilemektedir. Pulpal perforasyonun boyutu arttıkça bakteri bulaşma riski ve pulpada geri dönüşümsüz pulpa hasarı olasılığı artar (Alaçam T. ve Alaçam A., 2000).

2.3.4. Pulpal Kanama

Direkt pulpa kuafajının başarılı olabilmesi için pulpadan gelen kanamanın açık kırmızı renkte olması ve pamuk pelet ile kontrol altına alınabilmesi gerekmektedir. Pulpadan gelen kanamanın koyu renkte olması ve 5 dakikadan uzun sürmesi geri dönüşümsüz doku hasarına işaret etmektedir. Bu durumda direkt pulpa kuafajı yapılmamalıdır. Kanamanın durdurulması sırasında oluşan pıhtı da tedavinin başarısında etkilidir. Oluşan pıhtı pulpa ile örtüleme materyalinin temasını engeller ve bakteriler için de besiyeri oluşturarak inflamasyona neden olur (Çalışkan K., 2006)

2.3.5. Hastanın Yaşı

Genç daimi dişlerde damarlanma ve hücresel yapılar daha yoğun olduğundan bu durum direkt pulpa kuafajı sonrası iyileşmeyi hızlandırır. Ancak pulpanın yaşının yanı sıra çürük ve travma gibi nedenler dentin yapımına bağlı olarak pulpanın hacmini azaltır. Böylece pulpadaki hücre sayısı, kan damarları, odontoblast sayısı ve kalitesi de olumsuz yönde etkilenir. Bu durumlarda da pulpanın iyileşme süresi uzar. Dolayısıyla hastanın yaşından ziyade pulpanın fizyolojik yaşı tedavi prognozu açısından daha önemlidir (Ricketts, 2001).

2.3.6. Pulpal Açılmanın Yeri

Dişin okluzal yüzünde meydana gelen pulpa perforasyonlarında prognoz daha iyidir. Perforasyon servikalde olduğu zaman bölgede oluşan reaksiyoner dentin koronale giden kan akımını azaltır ve koroner pulpada nekroz meydana gelir. Bundan dolayı perforasyonun lokalizasyonu önem taşımaktadır (Ricketts, 2001).

2.4. Direkt Kuafajda Kullanılan Materyaller

2.4.1. Mineral Trioksit Agregat (MTA)

MTA, Mahmoud Torabinejad tarafından 1990'larda kanal dolgu materyali olarak tanıtılmıştır. 1995 yılında patenti alınmış ve ProRoot MTA adıyla ticari olarak piyasaya sürülmüştür. MTA'nın içeriğinde; trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum aluminat, trikalsiyum oksit, silikat oksit, kalsiyum sülfat dihidrat gibi bileşenler bulunmaktadır. MTA'ya radyoopasite sağlamak için bizmut oksit eklenmiştir. MTA'nın gri ve beyaz olmak üzere iki türü bulunmaktadır. Gri MTA ilk

üretilen tür olup dişlerde renklenmeye sebep olduğu için beyaz MTA piyasaya sunulmuştur. Her iki MTA çeşidinde de ağırlık olarak yaklaşık %75 Portland çimentosu, %20 bizmut oksit ve %5 alçı taşı bulunmaktadır (M. Torabinejad ve ark., 1993). Beyaz MTA'da gri MTA'dan farklı olarak tetrakalsiyum alüminoferrit maddesi bulunmamaktadır. MTA hazırlandıktan hemen sonra 10.2 pH değerine sahipken sertleşmesinden sonraki üç saatte 12.5 pH değerine ulaşmıştır (Tabarsi ve ark., 2010).

MTA aslında tip 1 Portland simanıdır. Radyolojik teşhisi kolaylaştırmak için içerisine bizmut oksit eklenmiştir. MTA ve Portland simanının benzer özellikler göstermesine rağmen iki materyalin karşılaştırıldığı çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda iki materyalin bizmut oksit dışında aynı yapısal özelliklere sahip olduğu ancak trikalsiyum alüminat oranının MTA'da daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Danesh ve ark.,2006).

Diş hekimliğinde MTA; kök ucu dolgu materyali olarak, pulpa kaplama materyali olarak, furkasyon perforasyon tamiri, rezorpsiyon tedavisi, kök ucunda bariyer oluşturulması, rejeneratif endodontik tedaviler gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. MTA, biyoyumluluğu, üstün örtüleme yeteneği, pulpal ve periradiküler dokuların rejenerasyonunu arttırması gibi olumlu özelliklerinden dolayı sıklıkla tercih edilmektedir (M. Torabinejad ve ark., 1995).

MTA'dan düzenli olarak salınan kalsiyum iyonlarının hücre proliferasyonu ve diferansiyasyonu üzerinde indükleyici etkisi olduğu düşünülmektedir (Takita ve ark., 2006; J. Camilleri, 2008)

Sertleşme süresinin uzun olması ve uygulanırken yaşanan zorluklar MTA'nın dezavantajlarıdır (Mandeep Kaur, 2014). Portland simanına üretim aşamasında gypsum eklenmiş bu durum da materyalin sertleşme süresini uzatmıştır. Gypsum, bileşimi kalsiyum sülfat olan alçı taşıdır. Gypsum içerikten çıkarıldığı zaman materyal daha plastize bir hal alarak hekime uygulama kolaylığı sağlanmış olur (Josette Camilleri ve ark., 2005).

Son yıllarda MTA ile yapılan çalışmalarda pulpa kuafajında kullanıldığında KH'e göre daha üstün özellikleri olduğu görülmüştür (Nair ve ark., 2008). KH'de bulunan yüksek alkali özelliği, antibakteriyel özellik, radyoopasite, dentinden matirks proteini ve büyüme faktörlerinin salınımını uyarma gibi etkilere MTA da sahiptir.

MTA, KH'e göre daha iyi bir örtücülük sağlar, biyouyumluluğu daha yüksek seviyededir ve oluşan inflamasyon da daha düşük miktardadır (T. J. Hilton ve ark., 2013). MTA ile yapılan direkt pulpa kuafajında dentin birikimi KH'e göre daha hızlıdır (Bogen ve ark., 2008). Ayrıca MTA'nın komşuluğunda oluşan dentin köprüsü daha kalın ve homojen yapıdadır (Briso ve ark., 2006). Çürükle açılmış pulpa vakalarında MTA ile yapılan pulpa kuafajında %93-%98 arasında başarı oranları bildirilmiştir (Farsi ve ark., 2006). KH'in pulpa kuafajı için en uygun madde olduğu düşünülürken günümüzde MTA bu tedavi için iyi bir alternatiftir (Yang ve ark., 2014).

2.4.2. Kalsiyum Hidroksit

KH; 2.1 g/cm³ yoğunlukta, suda az çözünen, kokusu olmayan beyaz renkli ince tanecikli bir tozdur. Farklı şekillerde hazırlanan örneklerinde 11.5 ile 13 arasında değişen pH değerine sahiptir. Suda çözüldüğü zaman kalsiyum (Ca) ve hidroksil (OH) iyonlarına ayrışarak ortamın alkali olmasını sağlar (Fava LRG, 1999). KH; bakterileri elimine etmek, asit nötralizasyonu, hemostatik etki, sert doku oluşumunu hızlandırmak, sınırlı nekroz oluşturmak gibi etkilere sahiptir (Dummett OC, 2002). Materyalin antibakteriyel etkisi; bakteri hücre duvarının yıkılması, CO₂ absorpsiyonu ile anaerob bakterilerin öldürülmesi ve bakteri endotoksinlerinin nötralize edilmesi gibi mekanizmalarla sağlanmaktadır (Accorinte ve ark., 2008). KH canlı pulpa dokusu üzerine uygulandığında pulpada yüzeysel, yavaş ve mikropsuz bir koagülasyon nekrozu oluşur. Bu nekroz tabakası alttaki enfekte olmamış pulpa dokusunun, fibroblastların ve diferansiye olmamış mezenkim hücrelerinin odontoblastlara dönüşmesini tetikler (Graham ve ark., 2006). Materyal pulpa ile temas ettiğinde enzimlerin çalışması durur ve tekrar çalışmaya başlaması 7 gün sonra olur. Dentin köprüsü oluşumu ise 21 günde olur ve enzimatik aktivitenin eski haline dönmesi ise 28 gün alır. Ayrıca dentinden büyüme faktörlerinin salınmasını arttırarak pulpanın açığa çıktığı bölgede dentin oluşumunu hızlandırır. Mineralizasyonun işlemi ise 12 ay boyunca sürmektedir (Gudkina ve ark., 2012). Zaman içinde çözünebilir olması, toksik etki göstermesi ve oluşumuna katkı sağladığı dentin köprüsünün boşluklu yapı göstermesi de KH'in olumsuz yanları arasında sayılabilir (Ghoddusi ve ark., 2014). Dişe uygulandığında reperatif dentin yapımını uyarır ancak tek başına dentinogenezisi uyarıcı etkisi yoktur. Diş ile restorasyon arasındaki sızıntıdan kaynaklı çözünme göstermesi, asit

uygulamasında bozulması, diş esnekliği üzerinde olumsuz etki göstermesi, dentine veya rezin restorasyonlara adezyonunun bulunmaması gibi istenmeyen özelliklerinden dolayı pulpa kuafajı işleminde alternatif materyaller kullanılmaya başlanmıştır (Foreman ve Barnes, 1990).

2.4.3. Çinko Oksit Ojenol (ZOE)

Çinko oksit ojenol; sedatif ve ağrı kesici özelliği bulunan, dentin yüzeyine yerleştirildiğinde mikroorganizmaların faaliyetlerini azaltan, toksik maddelerin pulpaya geçişini azaltarak pulpal inflamasyonun bulgularını sınırlayan bir materyaldir. Pulpal açılma meydana gelmeden dentine uygulanan siman, ojenol salınımı yaparak bakteri metabolizmasını inhibe eder. Ancak fazla miktarda ojenol serbest kalırsa pulpa hücreleri üzerinde toksik etkiler ortaya çıkar (Hume, 1986). Bu etkilerin yanında pulpadaki duyu sinirlerin inhibisyonu, inflamatuvar süreçlerin baskılanması ve lokal kan akımının artması gibi faydalı etkileri de bulunmaktadır. Simanın toz/likit oranı içeriğindeki ojenol miktarını çok az etkilemektedir (Hume, 1984). Uzun yıllardır diş hekimliğinde kullanılan bu materyalin fiziksel özelliklerini geliştirmek için çeşitli yöntemler denenmiştir. Baz/hızlandırıcı oranını değiştirmek, çinko oksit ojenolün içeriğindeki maddelerin ağırlıklarını değiştirmek veya içerisine yeni materyaller eklemek bu yöntemler arasında sayılabilir (Weiner, 2011). Çinko oksit ojenolün içerisine vazelin ve flor verniği eklenerek ve farklı toz/likit oranları kullanarak materyalin sıkıştırma kuvvetlerine karşı direncinin arttırılabileceği bildirilmiştir (Camps ve ark., 2004).

2.4.4. Dentin Bağlayıcı Ajanlar

Dentin bağlayıcı ajanlar, oluşturdukları hibrit tabakası sayesinde mikrosızıntıyı ve dentin hassasiyetini gidermektedirler. Biyouyumlu özellik de gösterdikleri için bu ajanların vital pulpa tedavilerinde pulpayı örtülemek için kullanılmaları düşünülmüştür (Alaçam T. ve Alaçam A., 2000). Ancak yapılan histolojik çalışmalarda ekspoz pulpa üzerine direkt uygulandıklarında bu alanda mikroabseler oluştuğu ve dentin köprüsüne rastlanmadığı rapor edilmiştir (Pérez ve ark., 2003). Dentin bağlayıcı ajanların pulpadaki hemostazı kötü yönde etkilediği ve kanamalara neden olduğu da bildirilmiştir. Ayrıca bu ajanların ışıkla polimerizasyonu sırasında açığa çıkan ısının tedavinin başarısını olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir

(Maddux ve ark., 2002). Deney grubu olarak bonding ajanların, kontrol grubu olarak KH bazlı simanın kullanıldığı çalışmada; bonding ajanlar 2-10 ay arasında pulpa üzerine uygulanmışlardır. Çalışmanın sonucuna göre KH içerikli siman bonding ajanlara göre daha iyi sonuçlar vermiştir (Baroudi ve ark., 2009).

2.4.5. Işıkla Sertleşen Trikalsiyum Silikat Siman

Bu simanın içeriği, tip 3 Portland simanı, beyaz radyoopak madde, beyaz hidrofilik kalınlaştırıcı ajan (silika-baryum zirkonat) ve rezinden oluşmaktadır. Zin olarak hidrofobik (UDMA, BisGMA, TriEDMA/TEDGMA) ve hidrofilik (HEMA, PEGDMA) monomerler kullanılmıştır. İçinde kalsiyum silikat olduğu için apatit kristallerinin oluşumunu indükler. Sertleşmeden sonraki üç güne kadar pH değeri 10-11 arasında iken, 7-14. günler pH 8-8.5'e düşer (Poggio ve ark., 2014; Küçükylmaz ve ark., 2015).

Işıkla sertleşen trikalsiyum silikat direkt pulpa kuafajlarında ve kompozit, amalgam gibi maddelerin altında örtüleme materyali olarak kullanılabilir. Ancak içeriğindeki resin monomerler pulpada iltihabi reaksiyonlara neden olabilmektedir (Gandolfi ve ark., 2012).

Işıkla sertleşen trikalsiyum silikat siman ticari olarak TheraCal LC preparatı şeklinde piyasada bulunmaktadır. Yapılan sitotoksitesite çalışmalarında Vitrebond ile karşılaştırıldığında TheraCal LC'nin biyouyumluluğunun daha iyi olduğu tespit edilmiştir (Hebling ve ark., 2009). Kalsiyum salınımının araştırıldığı bir çalışmada TheraCal LC, MTA ve Dycal karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre en fazla kalsiyum iyonu salınımı TheraCal LC'de görülmüştür (Takita ve ark., 2006). Aynı çalışmada en az çözünme gösteren materyal TheraCal LC bulunmuştur.

Gandolfi ve ark. TheraCal, ProRoot MTA ve Dycal'ın fiziksel özelliklerini karşılaştırdıkları bir çalışmada en fazla kalsiyum salınımı ve en düşük çözünme gösteren materyali TheraCal olarak belirtmişlerdir (Gandolfi ve ark., 2012).

2.4.6. Kalsiyum Fosfat/ Kalsiyum Sülfat Bifazik Siman

Osteojenik özelliği olduğunda dolayı kalsiyum fosfat siman diş hekimliğinde kullanılmaktadır. Dentinin inorganik kısmını oluşturan hidroksiapatit kalsiyum fosfatın son ürünüdür. Bu nedenle, kalsiyum fosfat simanın uygulandığı bölgede daha

hızlı dentin köprüsü oluşumu gözlenmiştir. Ancak sertleşme zamanının uzun olması, mekanik olarak zayıf özelliklere sahip olması, kaviteye yerleştirilmesinin zor olması ve inflamasyonu tetiklemesi nedeniyle vital pulpa tedavilerinde çok fazla tercih edilmemektedir (Gbureck, ve Barralet, 2005).

Kalsiyum sülfat siman ise, perforasyonların tamirinde, periradiküler lezyonların tedavisinde, oroantral fistüller ve periodontal defektli dişlerin tedavisinde membran olarak kullanılmaktadır. Kalsiyum sülfat siman direkt pulpa kuafajında da kullanılmaktadır. Pulpa kuafajında KH ile karşılaştırıldığında klinik başarı olarak ikisi arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Ruhé ve ark., 2006).

2.4.7. Bioseramikler

2.4.7.1. Kalsiyumla Zenginleştirilmiş Karışım

Kalsiyumla zenginleştirilmiş karışım diş hekimliğinde 2006 yılında endodontik dolgu materyali olarak tanıtılmıştır. Biyoseramik bir materyal olan kalsiyumla zenginleştirilmiş karışım; pulpa kuafajı, pulpatomi, kök ucu dolgu materyali, apikal bariyer oluşumu, perforasyon tamiri ve apeksifikasyon gibi uygulamalarda kullanılmaktadır (Abbas ve Asgary, 2010). Kalsiyum oksit, sülfür tiroksit, fosfor pentaoksit ve silikon dioksitten oluşan bir karışımdır. 10.7 pH'a sahip olan materyalin sertleşme süresi 50 dakika olarak belirtilmiştir (Utneja ve ark., 2015). Kalsiyumla zenginleştirilmiş karışımın uygulandığı bölgede distrofik kalsifikasyonların görülmüş olması kemik yapımını uyarıcı etkisinin olduğuna işaret etmektedir (Asgary ve ark., 2009). Ghajari ve ark. (2010) süt büyük azı dişlerinde MTA ve kalsiyumla zenginleştirilmiş karışım maddelerini direkt pulpa kuafajında kullanmışlardır. 20 aylık takip sonrasında iki materyal arasında anlamlı bir fark tespit edilememiştir.

Haghgoo ve ark. (2015) kalsiyumla zenginleştirilmiş karışım ve nano hidroksiapatit materyallerini direkt kuafajda kullanıp histolojik olarak incelemişlerdir. Çalışmanın sonucuna göre kalsiyumla zenginleştirilmiş karışım sert doku oluşumu açısından nano hidroksiapatitten daha iyi bulunmuştur.

MTA ve kalsiyumla zenginleştirilmiş karışım maddelerinin karşılaştırıldığı çalışmada, pulpa kuafajında kullanılan materyaller 2 ve 8 haftalık sürelerde incelenmiştir. Zarrabi ve ark.nın (2010) yaptıkları bu çalışmanın sonucuna göre her iki

örnekte de 8. haftadaki dentin köprüsünün 2. haftadaki dentin köprüsüne oranla daha kalın olduğu ve inflamasyonun daha az olduğu bildirilmiştir.

2.4.7.2. BioAggregate (Innovative Bioceramics, Vancouver, BC, Canada)

Biyoagregat kalsiyum-silikat-fosfat içerikli seramik partiküllerden oluşan biyouyumlu bir materyaldir. Biyoagregat, MTA'nın modifiye edilmiş halidir bundan dolayı klinik olarak MTA'nın uygulandığı yerlerde uygulama alanına sahiptir.

Biyoagregatın MTA ile karşılaştırıldığı çalışmalarda, pulpal ve periodontal hücreler üzerindeki etkileri bakımından ikisi arasında bir fark bulunmamıştır. Biyoagregat pulpa ve periodontal dokudaki hücreler üzerinde toksik bir etkiye sahip değildir (Chang ve ark., 2014). Park ve ark. (2010) biyoagregatın kimyasal bileşenlerini incelemiş ve içeriğinde MTA'dan farklı olarak bizmut oksit yerine tantalum oksit bulunduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca biyoagregatın ana bileşen olarak kalsiyum silikat oksit ve kalsiyum silikat içerdiğini rapor etmişlerdir. Zhang ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada MTA ve biyoagregat tozunun *E. faecalis* üzerinde benzer bakterisidal etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Son yapılan çalışmalarda biyoagregatın hücre farklılaşmasını ve mineralizasyonu etkilediği gösterilmiştir. Yan ve ark. (2010) 7 gün boyunca biyoagregata maruz kalmış hücrelerde alkalik fosfat seviyelerinin arttığını tespit etmişlerdir.

2.4.7.3. Biodentin (Septodont, Saint Maur des Fossés, France)

Biodentin, kök kanalı perforasyon tamirinde, apikal retrograd dolgularda, apeksifikasyonda ve vital pulpa tedavilerinde kullanılan oldukça biyouyumlu, kalsiyum silikat esaslı bir biyoaktif materyaldir. Toz ve likit sisteminden oluşan materyal ana bileşen olarak trikalsiyum silikat içerir (Josette Camilleri, 2013). Ana bileşenin yanında kalsiyum karbonat, zirkonyum oksit, dikalsiyum silikat, kalsiyum oksit, demir oksit içermektedir (Goldberg M ve ark., 2009). Toz ve likit karıştırıldıktan sonra polimerizasyon aşamalı olarak meydana gelir ve bu süreç portland çimentosu ile benzerdir. Ancak biodentinde polimerizasyon daha kısadır. Biodentinde ilk sertleşme süresi 12 dakikadır ancak sertleşmenin tamamlanması 45 dakika sürmektedir (Mallia ve Camilleri, 2013).

Biodentin, tersiyer dentin oluşumunu hızlandırır ve pulpa ile temasında reperatif dentin oluşumu indüklenir (Chang ve ark., 2014). Biyodentin diş hekimliğinde geniş kullanım alanına sahiptir. Derin kavitelere, apeksifikasyonda, apeksogenezis işleminde, furkasyon perforasyonlarında, lateral kök perforasyonlarında, kök ucu dolgu materyali olarak, direkt ve indirekt pulpa kuafajında, kısmi pulpatomide, apikal eksternal kök rezorpsiyonlarında ve servikal eksternal kök rezorpsiyonlarında biodentin kullanılmaktadır (Rajasekharan ve ark., 2014).

Nowicka ve ark. (2013) biyodentinin MTA ile karşılaştırıldığında daha üstün özelliklere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ancak daha fazla miktarda kullanım gerektirdiğini ve teknik olarak uygulamasının daha zor olduğunu bildirmişlerdir.

Koubi ve ark. (2013) biodentin kullanarak yaptıkları randomize kontrollü çalışmada 116 adet sınıf 1 ve sınıf 2 restorasyonu 3 yıl süreyle takip etmişler ve kontrollerde klinik olarak bir komplikasyona rastlanmadığını raporlamışlardır. 1 yıllık kontrollerde dişlerin vitalitelerinin devam ettiği ancak anatomik form bozukluğu, marjinal adaptasyon ve proksimal kontakların deformasyonu tespit edilmiştir.

Rada ve ark. (2013) biyodentini derin çürüklerde, Dammaschke ve ark. (2012) direkt pulpa kuafajında, Strassler ve Levin (2012) ise servikal ve apikal kök rezorpsiyonunda kullanmışlardır. Çalışmalarının sonunda klinik ve radyografik belirti olmadan başarılı bir iyileşme rapor etmişlerdir.

2.4.7.4. Endosequence Kök Tamir Materyali (Brasseler, Savannah, GA)

Endosequence diğer bioseramik materyaller ile benzer kullanım alanına sahiptir. Perforasyon tamiri, apikal cerrahi ve pulpa kuafajı gibi klinik uygulama alanlarına sahiptir (Stojicic ve Haapasalo, 2011). Hidrofilik özellikte, radyopak ve alüminyum içermeyen yüksek pH'a sahip bir materyaldir (Damas ve ark., 2011).

Yapılan çalışmalarda, fibroblast hücreleri üzerindeki sitotoksitesinin MTA ile benzer olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Hirschman ve ark., 2012). Hansen ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada, kök rezorpsiyonlarını taklit eden defektlerde ProRoot MTA'nın Endosequence'a göre daha yüksek pH'a sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ma ve ark. (2011) yaptıkları başka bir çalışmada da Endosequence'ın ProRoot MTA ile benzer biyouyumluluk özelliği gösterdiğini rapor etmişlerdir.

2.4.8. Büyüme Faktörleri

2.4.8.1. Mine Matriks Proteini (Emdogain) (Biora AB Malmö, Sweden)

Mine matriks proteini materyalinin esas içeriği amelogenin maddesidir. Amelogenin maddesi preameloblastlardan salgılanır odontogenezis sırasında dental papilladaki odontoblastların farklılaşmasını sağlar (Ghoddusi ve ark., 2014). Materyale piyasada enjektör içinde visköz bir jel olarak ulaşılabilir (Voegel ve Frank, 1993). Emdogain taşıyıcı olarak propilen glikol aljinat içermektedir. Propilen glikol aljinat düşük ısıda visköz halde bulunurken vücut sıcaklığında viskozitesi azalmakta ve emdogain salınımı meydana gelmektedir (Deutsch, 1989).

Nakamura ve ark. (2001) emdogain ve KH'in pulpa kuafajındaki etkilerini karşılaştırmışlardır. Uygulamadan 4 hafta sonra emdogain grubunda kavite sınırları boyunca yeni oluşmuş dentin izlenirken inflamasyon tespit edilmemiştir. KH grubunda ise yeni oluşan dentin daha az miktarda görülmüştür.

Olsson ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada emdogain ve KH kullanarak direkt pulpa kuafajı yapmışlardır. Tedaviden sonraki 6 haftalık süreçte emdogain uygulanan dişlerde daha az postoperatif ağrı olduğu bildirilmiştir. Oluşan yeni sert doku da bir hat şeklinde değil perforasyon alanı boyunca görülmüştür.

Garracho-Rangel ve ark. (2009) emdogain ve KH'i hastalar üzerinde direkt pulpa kuafajı yaparak karşılaştırmışlardır. Tedaviden sonraki 1,6 ve 12. aylarda yaptıkları kontrollerde iki materyal arasında anlamlı fark tespit edememişlerdir.

2.4.8.2. Dentin Matriks Proteini

Dentin matriks proteini, çeşitli yumuşak dokularda lokalize olan mineralize dentin matriksinde bulunan ve sert diş dokularının mineralizasyonunda rol oynayan yüksek oranda fosforile edilmiş asidik bir non-kollajen proteindir (Almushayt ve ark., 2006). Dentin matriks proteini, dentin oluşumu sırasında kök hücrelerinin odontoblast benzeri hücrelere farklılaşmasını uyarır ve dentinin mineralizasyonunda etkin rol oynar. KH'le kıyaslandığında daha kaliteli bir dentin köprüsü oluşumu sağladığı bildirilmiştir (Shigetani ve ark., 2015).

Çalışmalarda, dentin matrisi proteininin, hidroksiapatit kristallerinin birleşmesi yoluyla dentin mineralizasyonunu düzenlediğini ve ayrıca pulpa hücrelerinin odontoblast benzeri hücelere farklılaşmasını indüklediğini bildirilmiştir (Abd-Elmeguid ve ark., 2012).

2.4.8.3. Değişim Büyüme Faktörleri (TGF- β 1) ve İnsülin Benzeri Büyüme Faktör 2 (IGF-2)

TGF- β 1, TGF- β süper ailesinden olan pulpa-dentin kompleksi yaralanmalarında ana düzenleyici büyüme faktörüdür (Tziafas, Belibasakis ve ark., 2001). Bu büyüme faktörü aynı zamanda diş gelişiminden de sorumludur (Matthews ve Smith, 1999). Yaralanma esnasında subodontoblast hücrelerinden salınan TGF- β 1 odontoblast benzeri hücrelerin proliferasyonunu düzenlemektedir (Shiba ve ark., 1998). İnsülin benzeri büyüme faktörü diş mineralize dokularındaki öncü hücrelerinin farklılaşmasında etkilidir (Götz ve ark., 2006). Ayrıca bu büyüme faktörü; minenin mineralizasyonunun tetiklenmesinde, dental pulpa hücrelerinin farklılaşmasında ve tamir dentini oluşumunda önemli role sahiptir (Chen ve ark., 2010; Abreu ve ark., 2013).

Goldberg ve ark. (2004) büyüme faktörlerinin odontoblastların farklılaşmasını indükleyerek, pulpa tamiri sırasında dentin köprüsü oluşumunu sağladıklarını veya geniş mineralizasyon alanları oluşturduklarını bildirmiştir.

Shiba ve ark. (1998) ise TGF- β 1'in dental pulpanın tamiri sırasında; hücre proliferasyonu, hücre göçü ve Tip 1 kollajen sentezi olmak üzere üç temel etkisinin olduğunu ileri sürmüştür.

Shi ve ark. (2001) IGF-2'nin dental pulpa hücrelerinden hem gen hem de protein düzeyinde salındığını ancak fonksiyonunun tam anlamıyla bilinmediğini rapor etmişlerdir.

Büyüme faktörleri pulpa hücrelerinin odontojenik farklılaşmasını ve dentin yapımını uyardıkları için pulpa kuafajında da kullanılması düşünülmüştür. Ancak bu maddeler fazla miktarda dentin yapımına neden olabilmektedir. Ayrıca büyüme faktörlerinin depolanmasının zorluğu ve maliyetlerinin yüksek olması vital pulpa tedavilerinde kullanımlarını sınırlamaktadır (J.G. Kim ve ark., 2013).

2.4.9. Propolis

Propolis; bal arıları tarafından yapılan, reçine kaynaklı antimikrobiyal ve antienflamatuar etkisi bulunan bir maddedir. İçerik olarak; %50 reçine ve bitkisel balsam, %30 balmumu, %10 esansiyel ve aromatik yağlar, %5 polen ve %5 diğer maddelerden meydana gelir. Propolisin içinde bulunan en etkili ajan olan flavonoidler; antioksidan, antibakteriyel, antifungal, antiviral ve antienflamatuar etkilere sahiptir. Propolisler, TGF- β üretimini ve pulpa hücrelerinin kollajen sentezi üretimini uyardıkları için pulpa kuafajında da kullanılmaktadır (Ahangari ve ark., 2012).

Yapılan çalışmalara göre 2 mg ve daha fazla miktardaki propolis dental pulpa fibroblastları için toksik etkiye sahiptir (Al-Shaher ve ark., 2004). Scheller ve ark. (1978) ise propolisin dental pulpada kollajen sentezini uyardığını ve pulpa inflamasyonunu azalttığını bildirmiştir.

2.4.10. İlaçlar

Statin, kolesterol sentezinde hız sınırlayıcı bir enzim olan 3-hidroksi-3-metilglutaril koenzim A redüktazın spesifik bir inhibitörüdür (Dimmeler ve ark., 2001). Statın, aterosklerozun önlenmesi ve tedavisinde kolesterol düşürücü bir madde olarak yaygın şekilde kullanılır (Sakoda ve ark., 2006). Hiperlipidemi tedavisinde kullanılan statinler antienflamatuar özellikte olduklarından ve pulpa hücrelerinin odontojenik farklılaşmasını indüklediklerin dolayı pulpa kuafaj materyali olarak kullanılmaktadırlar. Statinler ve KH ile yapılan çalışmalarda, statin kullanımında enflamasyon görülmediği ve KH'e kıyasla daha az sert doku yapımı olduğu gösterilmiştir (S.-Y. Lee ve ark., 2012; Asl Aminabadi ve ark., 2013).

Simvastatin ile tedavi edilen dental pulpa kök hücrelerinin, in vitro şartlarda odontojenik farklılaşma gösterdiği rapor edilmiştir (Okamoto ve ark., 2009).

Aslaminabadi ve ark. (2016) direkt pulpa kuafajında 1, 5, ve 10 μ mol konsantrasyonlarında simvastatin jel ile KH'i karşılaştırmıştır. Dentin oluşumu ve inflamasyon oranlarına bakıldığında KH grubunda dentin oluşumunun daha fazla olduğu belirtilmiştir. Çalışmada yüksek konsantrasyonda simvastatin kullanıldığında daha düşük oranlarda dentin oluşumu ve daha yüksek oranlarda inflamasyon rapor edilmiştir.

Aslaminabadi ve ark.nın (2013) yaptıkları başka bir çalışmada; simvastatin ve üçlü antibiyotik patı kombinasyonu ile yapılan direkt kuafajda MTA'ya benzer etkiler görülmüştür.

2.5. Lazerler

İngilizcede 'Light Amplification by the Stimulated Emission Of Radiation' kelimelerinin baş harflerinin kısaltılmasıyla lazer sözcüğü ortaya çıkmıştır. Lazer, Türkçede uyarılmış radyasyonun yoğunlaştırılması ile güçlendirilmiş ışık demeti olarak tanımlanabilir. Lazerler günümüzde birçok hastalığın teşhis ve tedavisinde kullanılmaktadır (Alster ve Lupton, 2001). Lazer cihazları bir ışık güçlendiricisi olarak çalışmaktadır. Cihazın çalışma prensibi, dışarıdan bir uyarı ile aynı dalga boyuna sahip, aynı fazda ve aynı yönde bir ışık demeti akımı oluşmasına dayanmaktadır. Lazer cihazında bulunan aktif maddeler katı, sıvı ve gaz halde bulunur ve lazer cihazının türünü de belirlerler (Andreas Moritz ve ark., 1998; Coluzzi, 2000).

2.6. Lazerin Tarihçesi

Lazer kavramı ilk olarak 1916 yılında Albert Einstein'ın bir maddenin uyarılarak radyasyon yayabileceği fikrini sunmasıyla ortaya çıkmıştır. 1960 yılında Theodore Maiman "ruby laser" denilen, lazer fonksiyonu olan ve lazer cihazı olarak çalışan bir alet tanıtmıştır. Kromiyum oksit ile kaplı alüminyum oksitten meydana gelen bu cihaz ile ilk defa deneysel lazer ışığı üretilmiştir. 1961 yılında Javan ilk gaz kaynaklı lazer olan Helyum-Neon lazeri geliştirmiştir. Patel 1963 yılında karbondioksit (CO₂) lazeri, Geusic 1964'te Neodymium: yttrium aluminum garnet (Nd: YAG) lazeri, Bridges 1964'te argon lazeri tanıtmışlardır (Parker, 2007). 1971'de ilk olarak Weichman ve Johnson endodontide lazeri kullanmışlardır. İn vitro koşullarda, yüksek enerjili kızılötesi CO₂ lazer kullanarak apikal forameni örtülemeye çalışmışlardır. 1980'li yılların sonunda "vurumlu (pulsasyonlu)" lazer ışınları keşfedilmiş, böylece zarar görmüş dokular uzaklaştırılırken sağlıklı dokuların zarar görmeden kalması sağlanmıştır (Kuhn KJ, 1998).

Diş hekimliğinde lazer, Dr. Terry Myers'in 1989 yılında "Amerikan Dental Lazer (Nd-YAG)" i üretmesiyle daha sık kullanılmaya başlanmıştır. Keller ve Hibst tarafından 1989 yılında yapılan çalışmalar Erbium: yttrium aluminum garnet (Er-

YAG) lazerin mine, dentin ve kemik üzerinde daha etkin olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır. 1997 yılında ise erbium,chromium: yttrium, scandium,gallium,garnet (Er,Cr:YSGG) lazerler piyasaya sürülmüştür (Parker, 2007).

2.7. Lazerde Kavramlar

2.7.1. Enerji Akımı (Fluens= j/cm^2)

Birim alana düşen enerji miktarını ifade etmektedir. Lazer sistemlerinde genel olarak birim ölçütü cm^2 'dir. Enerji akımı terimi güç veya enerjinin yoğunluğu olarak da ifade edilebilir (Shokrollahi, 2016).

2.7.2. Enerji Densitesi (İrradians= w/cm^2)

Dokuda belirli bir bölgeye verilen gücü ifade eder. Densite, dokuyu buharlaştırma, kesme veya koagüle etme gücünü ifade eder. Dokuyu keserken yüksek enerji densitesi gerekirken, dokudaki kanamayı durdurmak için düşük densite gerekir (Wheeland RG, 2005).

2.7.3. Spot Büyüklüğü (Işın Çapı= mm)

Lazerin spot büyüklüğü ışık demetlerinin çapıyla orantılı olarak değişmektedir. Lazerin spot büyüklüğü birim alana düşen enerji miktarı ve enerji densitesiyle doğrudan ilişkilidir. Birim alana düşen enerji miktarı (enerji akımı) ve enerji densitesi spot büyüklüğünün yarıçapının karesi ile ters orantılıdır. Ayrıca spot büyüklüğü dokuda lazer ışığının dağılımını da etkiler. Spot büyüklüğü küçük olduğu zaman dokuya daha fazla ışın nüfuz eder (L. Carroll ve HumpHreys, 2006).

2.7.4. Atım Süresi (μs veya ms)

Lazer ışığı devamlı dalgalar veya aralıklı dalgalar meydana getirebilir. Devamlı dalgaya sahip lazerler sabit ışık demetleri oluşturur ve doku hasarına neden olabilir. Aralıklı atım yapan lazerler ise selektif olarak doku hasarı oluşturabilir (Ergenekon G, 2001).

2.7.5. Termal Gevşeme Zamanı

Lazer ışınları dokular tarafından emildiğinde, oluşan ısı tüm komşu dokulara iletilir ve ısı kaybı olur. Bu şekilde ısının azalması termal gevşeme olarak ifade edilir. Termal gevşeme süresi hedef dokunun büyüklüğüne göre farklılık gösterebilmektedir (Stratigos ve Dover, 2000).

2.8. Lazer Işınının Özellikleri

- **Eş fazlılık:** Lazer ışınlarında fotonlar aynı şekilde hareket etmektedir. Fotonların en üst seviyeye çıkmaları ve en alt seviyeye inmeleri aynı zamanda gerçekleşir. Bunun sonucunda hedef doku üzerindeki etkileri daha fazla olmaktadır.
- **Paralellik:** Lazer ışığındaki fotonlar paralel şekilde hareket ettiğinden dağılmadan yol alabilirler. Bu sayede çok küçük noktalara odaklanabilirler.
- **Tek renklilik:** Lazer ışığı tek bir dalga boyuna sahip fotonlardan oluşmaktadır. Aynı etken maddeye sahip elektronlar enerjiyle uyarıldıklarında bir üst seviyeye geçiş yaparlar. Böylece homojen ve eşit kalitede bir ışık demeti ortaya çıkmaktadır (Sulewski, 2000).

2.9. Lazerin Hedef Dokulardaki Etkileri

Lazerin hedef dokular üzerinde oluşturduğu etkiler dört temel başlıkta incelenebilir. Dokularda oluşan bu etkiler dokunun özelliklerine ve lazerin dalga boyuna bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Lazerin uygulanan dokuda ilk oluşturduğu etki yansımadır. Lazer, hedef doku üzerine uygulandığında hiçbir etki yaratmadan yayılır. Yansıyan ışın dar bir demet şeklinde olduğu zaman delici özellikte olabilir ve istenmeyen dokularda istenmeyen etkiler oluşturabilir. Bu yüzden lazer kullanımında bu noktaya özellikle dikkat edilmelidir.

Lazerin dokudaki ikinci etkisi ise emilmedir. Lazer uygulamalarında lazerin doku tarafından emilmesi hedeflenen bir durumdur. Lazer ışığının emilme kapasitesi dokunun su içeriğine, pigmentasyonuna ve lazerin dalga boyuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Lazerin dokulardaki üçüncü etkileşimi transmisyondur. Transmisyon, lazer enerjisinin dokudan hiçbir etki oluşturmadan geçmesi anlamına gelir.

Lazer ışınının son etkisi ise saçılmadır. Bu etkileşim lazerin enerjisini azalttığı ve yararlı etkilerini kısıtladığı için istenmeyen bir durum olarak karşımıza çıkar. Lazer ışınlarının saçılması komşu dokularda ısı artışına neden olarak termal hasar oluşma riskini artırır (Frentzen ve Koort, 1990; Fox ve ark., 1992; Huth ve ark., 2005).

2.10. Diş Hekimliğinde Lazer

Yakut (ruby) lazer diş hekimliğinde ilk olarak 1964 yılında diş sert dokularında kullanılmaya başlanmıştır. Nd:YAG lazer ise ilk defa 1985 yılında diş çürüklerini uzaklaştırmak için (Absten GT, 1988), sonraki yıllarda ise yumuşak dokularda kullanılmıştır. Kemik dokusunda ise lazer ilk olarak 1997 yılında denenmiştir.

2.11. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazer Türleri

2.11.1. Argon Lazerler

488 nm ve 514 nm dalga boyunda olmak üzere argon lazerlerde iki dalga boyu vardır. 488 nm dalga boyu genellikle kompozit rezin işlemlerinde, diş beyazlatmada ve çürükten koruma uygulamalarında kullanılır. Argon lazerler, hemoglobün, melanin ve diğer pigmentler tarafından emilir (Shokrollahi ve ark., 2004).

2.11.2. CO₂ Lazerler

10600 nm dalga boyuna sahip, dalga tipi olarak hem atımlı hem de devamlı dalga özelliği gösteren bir lazer çeşididir. Kanama durdurucu özelliği ve bakterisid özelliği olduğu için yumuşak doku cerrahisinde kullanılmaktadır. CO₂ lazer sert dokusunda fosfat iyonları tarafından emilir. İnorganik yapılarda ısı artışı yaparken organik yapılarda karbonizasyona neden olur. Dokuya nüfuz etme derinliği, güce bağlı olarak değişmekle birlikte genelde 0.5 mm'dir (Aoki ve ark., 2004).

2.11.3. Diyot Lazerler

Dalga boyları 800-980 nm arasında değişen sert ve yarı iletken lazerlerdir. Galyum, arsenid, alüminyum, indiyum gibi elementlerden oluşur. Çoğunlukla

hemoglobin ve diğer pigmentler tarafından emilir. Kullanım alanı daha çok yumuşak doku cerrahisidir.

2.11.4. Er:YAG Lazerler (Erbium :Yttrium, Aluminum, Garnet)

2940 nm dalga boyuna sahip ve suda en iyi şekilde emilen lazerlerdir. Sert dokularda 1997 yılında, yumuşak dokuda 1999 yılında ve kemik cerrahisinde de 2004 yılında kullanılmaya başlanmıştır (Yiğit Ş.B., 2007). Er:YAG lazerlerde enerji su molekülü ve hidröz yapılar tarafından emilir ve ısıdan dolayı bu yapılarda buharlaşma meydana gelir. Sert dokularda ise oluşan su buharı doku içindeki basıncı artırır ve patlayıcı genişleme meydana gelir. Bu duruma da su aracılığı ile patlayıcı ablasyon denmektedir (Watanabe ve ark., 1996).

2.11.5. Nd:YAG Lazerler (Neodymium :Yttrium-Aliminum, Garnet)

Dalga boyu 1064 nm olup iyonize olmayan bir lazerdir. İyonize olmadığı için dokularda karsinojenik ve mutojenik bir etki göstermez. Başlangıçta büyük eksizyonları gerçekleştirmek için kullanılmış olsalar da fiber optik kabloların geliştirilmesiyle sterilizasyon ve örtüleme işlemlerinde de kullanılmaktadırlar.

2.11.6. Er,Cr:YSGG Lazerler (Erbium,Chromium :Yttrium, Scandium, Gallium, Garnet)

Bu lazerlerin dalga boyu 2780 nm olup sadece sert dokularda kullanılırlar. Er:YAG lazerler gibi su molekülleri tarafından yüksek miktarda emilir. Dokulardaki etkileri de Er:YAG lazerlerle benzer şekildedir (Aoki ve ark., 2004).

2.12. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerlerin Avantajları

(Kuru B, 2005)

1. Tedavi sırasındaki ağrı, ses ve titreşim gibi rahatsız edici faktörler daha az seviyededir.
2. Anestezi ihtiyacı ya hiç yoktur ya da minimum seviyededir.
3. İşlem süreleri geleneksel tedavilere göre daha azdır.
4. Cerrahi işlemler sırasında oluşan kanama daha az olduğu için operasyon sahası daha net görülebilir.

5. Lazer ışını sadece çalışma alanına uygulandığı için komşu dokularda hasar riski azdır.
6. Lazer uygulaması sırasında oluşan ısı sayesinde sterilizasyon sağlanmış olur.
7. Yara büzülmesi daha az seviyededir ve skar dokusu oluşumu daha azdır.
8. Cerrahi işlemler sonrasındaki ağrı ve şişlik durumları geleneksel yöntemlere göre daha az olmaktadır.

2.13. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerlerin Dezavantajları

(Kuru B, 2005).

1. Lazer cihazlarının maliyetleri yüksektir.
2. Lazerlerin kullanılması için teknik bilgi ve beceri gerekir.
3. Lazerle yapılan cerrahi işlemlerde yara iyileşmesi bistüri ile yapılan işlemlerdeki yara iyileşmesine göre daha uzun sürer.
4. Mukoza ve periostun kaldırılması gereken durumlarda kemik hasarı oluşabilir.
5. Lazerler dokuya temas etmeden çalıştığı için hekim lazerin dokuya ne kadar nüfuz ettiğini anlayamaz.
6. Dokudan saçılan lazer ışınları çevre dokulara ve yardımcı personele zarar verebilir

2.14. Lazerin Diş Hekimliğinde Kullanım Alanları

2.14.1. Teşhis

Diş hekimleri çürükleri tespit etmek için ayna ve sond kullanarak gözle muayene yapmaktadır. Ancak ara yüzlerde oluşan çürükler ve okluzal yüzeyde kavitasyon oluşturmadan ilerlemiş olan çürükler bu yöntemle tespit edilememektedir (Verdonschot ve ark., 1992).

1990'lı yıllarda yapılan çalışmalar kırmızı ışığın yakın infrared bölgede floresans oluşturduğunu ortaya koymuştur. Hibst ve Gall (1998) yürüttükleri çalışmada 665 nm dalga boyunda lazer ışını ve 680 nm'de filtreler kullanmış ve daha yüksek dalga boylu sinyaller oluşturmuşlardır. Bu bilgiler ışığında ise Diagnodent (KaVo, Biberach/Riss, Germany) isimli bir cihaz geliştirilmiştir. Ancak Başeren ve Gökalp (2003) yaptıkları çalışmada sadece diagnodent kullanılarak yapılan

muayenenin çürükleri tespit etmek için yeterli olmadığını ve ek teşhis yöntemlerine ihtiyaç duyulduğunu raporlamışlardır.

Çalışma prensibi pulpadaki kan akımının ölçülmesine dayanan ‘Lazer Doppler Flowmetri’ diğer canlılık testleriyle kıyaslandığında daha güvenilirdir. Çünkü bu yöntemde sinirsel değil vasküler yanıt elde edilmektedir (Evans ve ark., 1999) Özellikle travmaya uğramış dişlerden daha zor yanıt alındığı için Lazer Doppler Flowmetri bu durumlarda oldukça faydalıdır (Roebuck ve ark., 2000) Ancak yüksek maliyetinin olması ve klinikte uygulamasının zor olması nedeniyle çok yaygın kullanılmamaktadır.

2.14.2. Çürük Oluşumunun Önlenmesi ve Çürüğün Uzaklaştırılması

Lazer uygulamasıyla diş dokularının çürüğe karşı direncinin arttırılabileceği gösterilmiştir (Yamamoto ve ark., 1980). Fried ve ark. (1997) diş sert dokularında lazer kullanarak yaptıkları çalışmada, mine ve dentinde çürük oluşumunun önlenmesinin yanında çürüğün uzaklaştırılmasında da lazerlerin etkili olduğunu bildirmişlerdir. Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerlerin çürük uzaklaştırılırken kullanılması, temassız şekilde çalışmalarından dolayı titreşim gibi olumsuz etkileri ortadan kaldırır ve hastalara daha konforlu bir tedavi imkanı sağlar (Dommsich ve ark., 2008). Lazer uygulanan yüzeylerde smear tabakasının olmadığı ve çürük uzaklaştırma işlemi esnasında lazer uygulanmasıyla restoratif yüzeylerin aynı zamanda steril edilebildiği de belirtilmiştir (Krause ve ark., 2008).

2.14.3. Dentin Hassasiyetinin Giderilmesi

Dentin hassasiyeti tedavisinde kullanılan lazerler iki grupta incelenebilir:

- Düşük enerjili He-Ne (Helyum-Neon) ve Ga-Al-As (Galyum-Alüminyum-Arsenid) lazerler
- Orta enerjili Nd:YAG, CO₂, Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerler

Dentin hassasiyetinin tedavisinde kullanılan lazerlerin etkisi güç ayarı ve dalga boyuna göre değişiklik göstermektedir (Kantorowitz ve ark., 1998). Matsumoto ve ark. (1985) dentin duyarlılığı olan hastalarda 0.5-3 dakika süreyle 30 mW Ga-Al-As lazer uygulamasının başarı oranını %85-100 olarak bildirmiştir. Renton-Harper ve Midda (1992) ise hastalara 0.5-2.5 saniye arasında 10 W Nd:YAG lazer uygulaması

yapmış ve dentin duyarlılığında %90 üzerinde etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Aşırı dentin duyarlılığın giderilmesinde her lazer için ayrı bir mekanizma geçerli olsa da bu mekanizma tam olarak bilinmemektedir (Rochkind ve ark., 1987).

2.14.4. Vital Pulpa Tedavileri

Direkt pulpa kuafajında kullanılan lazerler, açılan pulpadaki küçük kan damarlarını koagüle ederek kanama kontrolü sağlamaktadır. Ayrıca lazerler sayesinde direk pulpa kuafajı yapılacak alanın sterilizasyonu da sağlanmaktadır.

Lazerin kullanıldığı ilk pulpa kuafajı Shoji (1985) tarafından köpekler üzerinde yapılmıştır. Dang ve ark. (1998) yine köpekler üzerinde yaptıkları direkt pulpa kuafajında CO₂ lazer kullanmışlar ve lazer uygulanan dokuda herhangi bir hasar olmadığını bildirmişlerdir. Moritz ve ark. (1998) açığa çıkmış pulpaya 0.1 saniye 1 W CO₂ lazer uygulaması yapıp üzerini KH ile kapatmışlardır. 1 yıllık takip sonunda sadece KH uygulanan kontrol grubunda %69 oranda, lazer kullanılan grupta %89 oranda bir semptom olmadığını rapor etmişlerdir.

2.14.5. Cerrahide Lazer Kullanımı

Yumuşak doku cerrahilerinde daha çok CO₂ ve Nd:YAG lazerler tercih edilirken, Er:YAG lazerler hem yumuşak dokularda hem sert dokularda kullanılabilirler. Periodontal cerrahide; depigmentasyon, flep operasyonları, frenektomi, malign lezyonların tedavisi ve periimplantitis tedavisi gibi işlemlerde lazerlerden faydalanılmaktadır. Ayrıca kemikte yapılan her türlü cerrahi girişimde, diş çekimi sonrası yara iyileşmesinde ve implant uygulamalarında lazerler sıklıkla kullanılmaktadır (Yiğit ŞB, 2007).

2.14.6. Endodontide Lazer Kullanımı

2.14.6.1. Kök Kanallarının Dezenfeksiyonu

Kök kanal sisteminin temizlenmesi için çeşitli dalga boylarına sahip lazerler sıklıkla kullanılmaktadır. Nd:YAG, diyot ve Er:YAG lazerlerin rutin yapılan endodontik işlemlerin yanında kullanıldıklarında kök kanallarının sterilizasyonunda önemli rol oynadıkları belirtilmiştir (Folwaczny ve ark., 2002). Berkiten ve ark. (2000) 2.4 W gücünde kullandıkları Nd:YAG lazerin, Prevotella intermedia üzerinde %100,

Streptococcus sanguis üzerinde ise %85 etkili olduğunu göstermişlerdir. Ancak lazerlerin kök kanallarında kullanılmasının çevre dokularda ısı artışı gibi olumsuz etkiler oluşturduğu da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu olumsuz etkilerden kaçınmak için lazerin kanal içerisinde kullanımlarında uygun güç ayarları seçilmesi önem taşımaktadır.

2.14.6.2. Smear Tabakasının Uzaklaştırılması

Kök kanal şekillendirmesi sırasında kanal duvarlarında organik ve mineralize yapıda olan smear tabakası oluşur. Oluşan bu tabaka dentin kanallarını tıkayarak geçirgenliği azaltır ve mikroorganizmaların hareketlerini sınırlayabilir. Ancak smear tabakası bakteriler için bir besiyeri oluşturarak zararlı olabilmektedir (Fogel ve Pashley, 1990). Lazerler ise smear tabakasının uzaklaştırılması ve dentin yüzeyinin eritilerek tıkanma sağlanmasında kullanılmaktadırlar. Yapılan çalışmalarda kök kanal şekillendirmesinden sonra uygulanan Nd:YAG lazerin apikal sızıntıyı önemli oranda azalttığı rapor edilmiştir (Park ve ark., 2001)

2.14.6.3. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında kanal duvarı boyunca oluşan debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında lazerler kullanılmaktadır. Dentini uzaklaştırmak ve kök kanallarını şekillendirmek için lazerlerin fiber optik uçları kullanılmaktadır. 200-400 µm çapında olan bu uçlar 20-40 no'lu eğelere eşdeğer olup şekillendirme işlemlerinde etkili olmaktadır (Mohammadi ve ark., 2009). Inamoto ve ark. (2009) yaptıkları araştırmada, Er:YAG lazerin kök kanalı şekillendirilmesinde etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Shoji ve ark. (2000) Er:YAG lazerin kök kanalı şekillendirmesinde kullanılabileceğini ve süre açısından da avantaj sağlayabileceğini belirtmişlerdir. Kök kanallarının şekillendirilmesinin yanında yanı Er:YAG ve Nd:YAG lazerler kök kanalındaki gütta-perkayı uzaklaştırırken de kullanılabilmektedir (Takashina ve ark., 2002; Tachinami ve ark., 2010). Yu ve ark. (2000) Nd:YAG lazer kullanarak yaptıkları bir in vitro çalışmada dişlerin %70'ten fazlasında gütta-perkayı kanaldan uzaklaştırmada ve %55'ten fazlasında da kırık aleti kanaldan uzaklaştırmada başarılı olmuşlardır. Anjo ve ark. (2004), Nd:YAG lazerin kök kanal dolgusunu uzaklaştırmada geleneksel yöntemlere göre daha avantajlı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca gütanın kanaldan çıkarılmasının daha kısa sürdüğünü rapor etmişlerdir.

2.14.6.4. İrrigasyon Solüsyonlarının Aktivasyonu

Lazerle yapılan irrigasyon aktivasyonunda, kök kanalının irrigasyon solüsyonu ile doldurulmasının ardından sıvının yüksek hızla dalgalanarak kök kanalında kavitasyonel etki oluşturulur (Blanken ve ark., 2009). DiVito ve ark. (2012) Er: YAG lazer kullanarak 20 ve 40 sn boyunca %17'lik EDTA ile irrigasyon yapılarak kök kanallarında oldukça etkin bir temizleme oluştuğunu ve SEM görüntülerinde açık dentin tübüllerinin tespit edildiğini bildirmişlerdir. Groot ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada Er:YAG lazerin irrigasyon solüsyonunda meydana getirdiği kavitasyonu değerlendirmişler ve kök kanalının apikal kısmındaki dentin debrislerinin uzaklaştırılmasında, lazerle aktivasyonun pasif ultrasonik irrigasyon veya manuel irrigasyon yöntemine göre daha etkili olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

2.14.6.5. Endodontik Cerrahi

Apikal rezeksiyon işlemi, kök kanal tedavisinin başarısız olduğu durumlarda uygulanan kökün apikal bölgesinin uzaklaştırıldığı ve çevre dokuların temizlendiği cerrahi bir işlemdir. Apikal rezeksiyon işleminde, lazerin koagülasyon etkisiyle operasyon alanında kanama daha az olur ve net bir görüş sağlanabilir. Ayrıca lazerin etkisiyle rezeksiyon sahasında sterilizasyon sağlanabilir. Yapılan çalışmalarda CO₂ lazerin kökün apikal bölgesinde dentin tübüllerinin tıkanması ve sterilizasyon amacıyla kullanılabileceği bildirilmiştir (Miserendino ve ark., 1988).

2.15. Düşük Seviyeli Lazer Terapisi

Terapötik lazerler olarak da bilinen düşük seviyeli lazerler non-invaziv tiptedirler. Bu tipteki lazerler için; soft lazer, tıbbi lazer, biyostimülatör lazer, yumuşak lazer veya soğuk lazer gibi ifadeler de kullanılmaktadır. Düşük seviyeli lazerler genel olarak doku iyileşmesini hızlandırmak, inflamasyonu, ağrıyı ve ödemi azaltmak için kullanılmaktadır (Sun ve Tunér, 2004).

DSL'T'nin lazer kullanılan diğer tedavi yöntemlerinden en büyük farkı dokularda ısı ve ablyasyon etkisinin olmamasıdır. DSLT enflamasyon ve ağrıyı, ışığın etkisini kullanarak ve doğrudan hedef hüclereri uyurarak azaltır.

Düşük seviyeli lazerler; 1mW ile 10 W arasında değişen güçlerde 30-60 saniye kullanılırlar. Postoperatif ağrı için tek seans yeterli olurken, kronik ağrılar için çok seans uygulama gerekebilmektedir (J. D. Carroll ve ark., 2014).

Düşük seviyeli lazerler ilk olarak Dr. Theodore tarafından 1960 yılında kullanılmıştır. Mester ve ark. (1971) düşük seviyeli lazerlerin karsinojenik etkileri üzerine farelerle çalışma yapmış ve herhangi bir karsinojenik etki saptayamamıştır. Master çalışmalarının sonunda lazer ışını uygulanmış yaraların daha hızlı şekilde iyileştiğini görmüştür.

Düşük seviyeli lazerlerin kliniklerde rutin olarak kullanılmaya başlanması 1980'li yıllarda olmuştur. İlk olarak 30 mW ve altı cihazlar ile kullanılmaya başlanmış ancak daha sonraki yıllarda daha yüksek çıkış gücüne sahip cihazlar piyasaya sürülmüştür.

Düşük seviyeli lazerlerin biyostimülasyon etkisi üzerine yapılan çalışmalarda ilk kullanılan lazer 694 nm dalga boyuna sahip yakut (ruby) lazerdir. Daha sonraları 632.8 nm dalga boyunda ve 1-5 mW gücündeki Helyum-Neon lazerler kullanıma sunulmuştur. 904 nm dalga boyunda ve 1-4 mW gücündeki Galyum-Arsenid diyot lazerler 1980'li yılların başında geliştirilmiştir. 1980'li yılların sonunda ise GaAlAs (Galyum-Alüminyum-Arsenid) lazerler piyasa çıkmıştır (Posten ve ark., 2005).

2.16. Düşük Seviyeli Lazerlerin Etki Mekanizması

Düşük seviyeli lazerlerin etki mekanizması fotokimyasal teoriyle açıklanmaktadır. Vücut hücreleri üzerine direkt olarak gönderilen düşük seviyeli lazer, hücrelerdeki fotoreseptörler sayesinde mitokondriye iletilerek adenosin trifosfat (ATP) sentezinin artmasını sağlar (Karu, 1989; Sun ve Tunér, 2004).

Düşük seviyeli lazerlerin doku üzerinde en önemli etkilerinden biri yara iyileşmesinin hızlandırılmasıdır. Lazer uygulanan fibroblastlarda uygulanmayanlara göre sitoplazmik veziküllerdeki elektron yoğunluğunun daha fazla olduğu saptanmıştır (Greguss, 1984).

Düşük seviyeli lazerlerin ağrı kesici etkisi ATP üretiminin artması ve oksidatif stresin azalması gibi etkilerin sonucu olmaktadır. Yapılan bir derleme çalışmasına göre, ağrı reseptörleri lazer ışığını absorbe ettiğinde iletim yavaşlar ve aksiyon

potansiyellerinin amplitüdü düşer. Bunun sonucunda da, A delta ve C lifleri üzerinde inhibitör etki oluştuğu rapor edilmiştir (Chow ve ark., 2011).

DSLTL uygulanan hastalarda görülen lokal etkinin yanında, ortaya çıkan moleküler metabolitler ile hematojen yolla sistemik etkiler de görülebilir. Örnek olarak; iki elinde de yanık bulunan hastanın bir eline uygulanan lazer tedavisi diğer elini de etkileyecektir ancak ortaya çıkan etki doğrudan lazer uygulanan ele göre daha az miktarda gerçekleşecektir (Oberoi ve ark., 2014).

2.17. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Hücreler Üzerindeki Etkisi

2.17.1. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Fibroblastlara Etkisi

Yapılan in vitro çalışmalarda düşük seviyeli lazer uygulamasının fibroblastlar üzerinde proliferasyonu artırıcı etkisi kanıtlanmış ve yüksek doz lazer uygulamasında proliferasyon baskılansa da düşük dozlarda (2-4 J/cm²) fibroblastların uyarıldığı görülmüştür (Walsh, 1997). Bunun yanında düşük seviyeli lazerler fibroblast olgunlaşmasını ve hareketlerini hızlandırarak doku iyileşmesi sırasında gerilme dayanımına katkı sağlar (Blecher ve Bentley, 1992).

2.17.2. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Epitel Hücrelerine Etkisi

Düşük seviyeli lazerin epitel hücrelerini uyarmasıyla doku iyileşmesi de hızlandırılmış olur. Düşük seviyeli lazerin epidermal keratinositlerin hareketliliğini arttırdığı in vitro şartlarda gösterilmiştir (Rood ve ark., 1992). Bu artış sayesinde düşük seviyeli lazerin uygulandığı doku bölgesi daha hızlı bir iyileşme göstermiştir.

2.17.3. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Kemik Hücrelerine Etkisi

Belirli bir doz aralığında düşük seviyeli lazer uygulaması, osteoblast hücrelerinin farklılaşmasını, proliferasyonunu ve kalsifikasyonunu in vitro şartlarda arttırmaktadır. Uygulanan düşük seviyeli lazer, hücreler sadece aktif büyüme dönemindeyken etkisini gösterir. Çalışmalarda düşük seviyeli lazerin kalsifikasyonu

hızlandırdığı ve kalsiyum depolanmasını arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır (Yamada, 1991).

Fareler üzerinde diş çekimi sonrası iyileşmenin incelendiği bir çalışmada, çekim bölgesine bir hafta süreyle Ga-Al-As (Galyum-Aluminyum-Arsenid) lazer uygulanmıştır. Çalışmaya göre düşük seviyeli lazer fibroblastların proliferasyonunu hızlandırmanın yanında kemik matriksinin oluşumunu da indüklemiştir (Takeda, 1988). Düşük seviyeli lazer insanlarda diş çekimi sonrası çekim bölgesine uygulandığında iyileşme sırasında granülasyon dokusunun oluşumunu hızlandırmıştır (Wahl ve Bastänier, 1991).

2.17.4. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin İmmun Hücrelere Etkisi

Düşük seviyeli lazerin insan lökositlerinin fagositoz ve kemotaksi özellikleri üzerinde olumlu etkileri vardır. Düşük seviyeli lazerin immün sistem hücrelerini direkt ve seçici bir şekilde etkileyebildiği öne sürülmüştür (Tadakuma, 1993). Ancak şu an, düşük seviyeli lazerin immün sistemin yenilenmesini ve etkinliğinin artırılmasını sağladığı yönünde bir bilgi yoktur. Yapılan çalışmalarla travma sonrası iyileşme döneminde makrofajların fagositik aktivitelerinin düşük seviyeli lazer ile artırıldığı kanıtlanmıştır (Ana Carolina Araruna Alves ve ark., 2013).

2.17.5. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Nöronlara Etkisi

Düşük seviyeli lazerin nöronlar üzerindeki etkisi; hasarlı sinir dokusundan araşidonik asit türü inflamatuvar medyatörlerin üretiminin azaltılması şeklinde olmaktadır. Ayrıca hasarlı bölgeye uygulanan lazer yaralanma sonrası nöron oluşumu ve yenilenmesini artırır. Hayvan modelleriyle yapılan çalışmalarda düşük seviyeli lazerin hasarlanmış sinirde akson büyümesini indüklediği gösterilmiştir. Bu etkinin görülebilmesi için 10 gün süreyle 4.5 J düşük seviyeli lazer uygulaması yapılması gerektiği belirtilmiştir (Mester ve ark., 1991).

Diş hekimliği pratiğine bakıldığında, cerrahi işlemler sonrası görülen inferior alveolar sinir hasarında düşük seviyeli lazer kullanımı sinir yenilenmesinde ve paretezilerin giderilmesinde yararlı olmaktadır (Khullar ve ark., 1996).

2.17.6. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Mikroorganizmalar Üzerindeki Etkisi

Düşük seviyeli lazer bakterilerin hücre duvarını parçalamak için yeterli enerjiye sahip değildir. Bu yüzden düşük seviyeli lazerler sterilizasyon amacıyla kullanılmamaktadırlar. 'Lethal Laser Photosensitization' olarak ifade edilen yöntemde bakteriler çeşitli boya ile boyanıp düşük seviyeli lazer enerjisinin hücre duvarında toplanması sağlanır. Tek bir noktada toplanan bu enerjiyle bakteriler yok edilebilmektedir (Wilson, ve Pearson, 1995).

2.18. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Dokular Üzerine Etkisi

2.18.1. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Kas ve İskelet Sistemine Etkisi

Yapılan çalışmalar düşük seviyeli lazerin; kas yaralanmaları, sinovitis ve kronik bel ağrılarında etkisiz olduğunu göstermiştir. Ancak düşük seviyeli lazer uygulaması kas yorgunlukları, karpal tünel sendromu ve lateral epikondilit rahatsızlıklarında olumlu etkilere sahiptir (Sun ve Tunér, 2004).

2.18.2. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Vasküler Sisteme Etkisi

İn vitro şartlarda düşük seviyeli lazer uygulamasının vasküler düz kasların izometrik kasılması sırasındaki gerginliği hızlı bir şekilde azalttığı gözlenmiştir. Klinik şartlarda da aynı etki deri altı damarlarda da gözlenebilir. Vasküler düz kasların gevşemesi inflamasyon sonucu oluşan gerginliği azaltarak analjezik etki oluşturabilmektedir (Gal ve ark., 1992).

2.19. Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Yara İyileşmesine Etkisi

Düşük seviyeli lazerin düşük dozlarda uygulanmasının yara iyileşmesi üzerinde hızlandırıcı etkiye sahiptir. Yüksek dozda yapılan uygulamalarda baskılayıcı etki

ortaya çıkmaktadır. Fareler üzerinde yapılan çalışmalara göre operasyon sonrasında günlük olarak uygulanan düşük seviyeli lazer kollajen oluşumunu ve skar dokusunun dayanıklılığı arttırmıştır (Hall ve ark., 1994).

Düşük seviye lazer uygulamasının en belirgin avantajları; artmış granülasyon dokusu, hızlanmış epitelizasyon, fibroblast proliferasyonu artışı ve damar oluşumunun artması olarak sayılabilir. Günlük olarak uygulanan lazerden azami fayda sağlanırken, aralıklarla uygulanan lazerin etkinliği azalmaktadır (Bisht ve ark., 1994).

Derinin iyileşmesini incelemek için 125 hastayla yapılan çalışmada, düşük seviyeli lazer uygulanan hastalarda derideki yara iyileşme sürecinde dayanıklılığın arttığı tespit edilmiştir (Smith ve ark., 1992).

Farelerin ağız içi mukozasına uygulanan düşük seviyeli lazer yara iyileşmesini hızlandırmıştır (Mok ve ark., 1988). İnsanlardaki aftöz lezyonların iyileşmesinde de düşük seviyeli lazerin etkili olduğu görülmüştür (Neiburger, 1995).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu tez çalışması Ordu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'na 01.10.2017-01.10.2018 tarihleri arasında başvuran ve verilerinin kullanılmasına izin veren hastalar üzerinde yürütüldü. Çalışma için Ordu Üniversitesi Klinik Araştırmaları Etik Kurulu'nun 29.08.2019 tarihli toplantısından 2019/122 karar numarasıyla onay alındı. Etik kurul belgesi ek 1. de sunulmuştur.

Çalışmamızdaki katılımcılar, direkt pulpa kuafajı tek bir operatör (G.A.) tarafından tamamlanmış olan hastaların oluşturduğu havuzdan seçilmiştir. Tedavisi yapılan DSLT ve kontrol grubu hastalarının ağrı seviyesi postoperatif 6.saat, 1.gün ve 1. hafta görsel analog skala (GAS) çizelgesi kullanılarak ölçüldü ve işlemlerin başarısı değerlendirildi.

3.1. Hasta Seçimi

Ordu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'ne başvuran ve direkt pulpa kuafajı yapılan toplam 123 hastaya ait 123 diş incelendi. Her hastada bir tane olacak

şekilde tedavi edilen dişler çalışma için kullanıldı. Aşağıda belirtilen dâhil edilme ölçütlerine uygun olan dişler çalışma için seçilmiştir.

3.1.1. Dişe Bağlı Çalışmaya Dâhil Edilme Ölçütleri

- Mandibular ve maksiller daimi büyük azı dişleri
- Periodontal olarak sağlıklı dişler (3mm'den fazla sondalama derinliği olmamalı)
- Pulpal açılmanın 0.5-1.0 mm arasında olduğu dişler
- Sadece dişin okluzal yüzünde meydana gelen pulpal açılmalar
- Pulpayı içine alan çürüğü bulunan dişler

3.1.2. Hastaya Bağlı Çalışmaya Dâhil Edilme Ölçütleri

- Sistemik olarak sağlıklı olan kişiler
- Yazılı onam formunu imzalamış katılımcılar
- 15-45 yaş arası hastalar
- Son iki hafta içinde ağrı kesici veya antibiyotik ilaç kullanmamış hastalar
- Verileri eksiksiz ve doğru bir şekilde kayıt altına alınan hastalar
- Romatoid artrit, bronşial astım, hemolitik anemi, akut lösemi gibi kortikosteroid almayı gerektirecek sistemik hastalığı bulunmayan kişiler
- İmmüsupresif ilaç kullanmayan ve antibiyotik profilaksisi gerekmeyen hastalar

3.1.3. Çalışmadan Hariç Tutulma Ölçütleri

- İkinci bir anesteziye ihtiyaç duyan hastalar
- Dişte daha önce yapılmış restorasyon varlığı
- Psikiyatrik veya sedatif ilaç kullanan hastalar
- Birden fazla dişine direkt kuafaj uygulanmış olan hastalar
- Dişinde ağrısı bulunan ve bu ağrıyı lokalize edemeyen hastalar
- İşlemlerden sonraki 1 hafta içinde ağrı kesici ilaç kullanan hastalar
- Takipleri süresince verilerinde eksiklik meydana gelen hastalar
- Aşağıda belirtilen klinik işlemlere uygun olmadan tedavi edilmiş dişler

3.2. Klinik İşlemler

Hastalardan sistemik ve dental anamnez alındı. Perküsyon ve palpasyon testleriyle klinik muayene yapıldıktan sonra pulpanın canlılığı soğuk testiyle doğrulandı. İlgili dişin periodontal muayenesi ve radyografik değerlendirmesi (Şekil 3.1.a) yapıldı. Tüm bu bilgilerle birlikte hastanın yaş ve cinsiyet bilgileri de kaydedildi.

Katılımcıların tamamının direkt pulpa kuafajı işlemi tek bir operatör tarafından (G.A.) tek seansta tamamlandı. İşleme başlamadan önce hastalara işlem hakkında bilgi verildi ve GAS çizelgesi anlatıldı. Hastalardan 10 cm'lik bir çizgiden oluşan çizelge üzerine ağrı seviyelerinin şiddetine göre işaretleme yapmaları istendi. Direkt pulpa kuafajından önce ağrı seviyesini belirlemek için işlem yapılacak dişlere soğuk testi yapılarak preoperatif ağrı seviyeleri kaydedildi. Soğuk testi yapılacak dişler rulo pamuk ile izole edildi. Soğutucu spreyci pamuk peletler aracılığıyla dişlerin bukkal yüzeylerinin orta üçlüsüne uygulandı.

Daha sonra 2 ml %4 artikain ve 1:100.000 epinefrin içerikli (Ultracain DS Fort; Aventis İlaç A.Ş. İstanbul, Türkiye) lokal anestezi solüsyonu ile anestezi yapıldı. Üst çenedeki dişlere posterior alveolar sinir blokajı, alt çenedeki dişlere inferior alveolar sinir blokajı yapıldı. Direkt pulpa kuafajı yapılacak diş rubber-dam ile izole edildi. Su soğutması altında rond frezlerle (Meisinger, Almanya) çürük uzaklaştırıldı ve dolgu kavitesi hazırlandı. Çürük tamamen temizlendikten sonra pulpanın açığa çıktığı durumlarda kanama kontrolü için pamuk pelet 5 dakika kavitede bekletildi. Pulpal kanamamın 5 dakikadan fazla sürmesi ve açılmanın büyüklüğünün 1mm'den fazla olması durumlarında da pulpa kuafajı yerine kanal tedavisi uygun görüldü. Direkt pulpa kuafajına engel bir durum olmadığı anlaşıldığında işleme devam edildi. Dolgu kavitesi serum fizyolojik ile yıkandı ve pamuk peletler ile kurutuldu. Üretici firmanın talimatları doğrultusunda hazırlanan MTA (ProRoot; Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) pulpal açılmanın olduğu noktanın üzerine direkt olarak uygulandı ve hazırlanan cam iyonomer (3M ESPE, St Paul, MN) MTA'nın üzerine yerleştirildi. Tek aşamalı bir bond sistemi (Tokuyama Dental Co., Tokyo, Japan) kaviteye 20 saniye boyunca uygulanıp 5 saniye hafif hava ile kurutulduktan sonra 20 saniye ışınlandı. Restorasyon direkt kompozit rezin (3M ESPE, St Paul, MN) kullanılarak inkremental yöntemle tek

seansta tamamlandı. Rubber-dam çıkarıldıktan sonra yükseklik kontrolleri yapıldı varsa yüksek olan yerler sarı kuşak lobut frezle (Meisinger, Almanya) düzeltildi ve polisaj yapıldı. Tedaviden sonra hastalardan kontrol amaçlı radyografiler alındı (Şekil 3.1.b). Tüm hastalara GAS çizelgesi verildi ve işlemden 6 saat sonra, dişin soğukla teması sırasında hissettikleri ağrı seviyelerini işaretlemeleri istendi. Şiddetli spontan ağrı olması durumunda ağrı kesici alabilecekleri söylendi. İşlemden 6 ay sonra kontrol radyografileri alındı (Şekil 3.1.c).



Şekil 3.1.a. Teşhis radyografisi



Şekil 3.1.b. Direkt kuafajdan sonra alınan kontrol radyografisi



Şekil 3.1.c. Direkt kuafajdan 6 ay sonra alınan radyografide dentin köprüsünün (ok ile gösterilen) izlenmesi

3.2.1. Düşük Seviyeli Lazer Grubu

Hastaların bir kısmına restorasyonların tamamlanmasının hemen ardından Nd-YAG lazer ($\lambda=1064$ nm, 100 mJ, 10 Hz, 1-W) [Deka smart file, DEKA, İtalya] 60 saniye boyunca dişlerin bukkal yüzünden 1 mm uzaktan olacak şekilde uygulandı (Şekil 3.2). Bu işlem sırasında Nd-YAG lazerin biyostimülasyon ucu kullanıldı. Uygulama sırasında hasta ve klinisyene koruyucu gözlükler takılarak önlem alındı. Lazer uygulamasından sonra hastalara GAS çizelgesi verildi ve 6 saat sonra evde işaretleme yapmaları konusunda bilgilendirildi.



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan Nd-YAG lazer cihazı

3.3. Postoperatif Ağrı Değerlendirmesi

Çalışmaya katılan her hastaya işlem tamamlandıktan sonra postoperatif ağrı seviyelerini belirtmeleri için GAS çizelgesi verildi. Hastalara işlemden sonraki 6.saatte ağrı seviyelerine göre işaretleme yapmaları söylendi. Ayrıca her hasta işlemden sonraki birinci gün ve birinci hafta kontrole çağırıldı. Hastalar kontrole geldiklerinde soğuk testi uygulaması yapılarak ağrı seviyeleri GAS çizelgesiyle kaydedildi. Skala üzerine yapılan işaretlemeler cetvel ile ölçüldü ve sayısal veriler excel (Microsoft Corporation, USA) programına aktarıldı. Ağız içi muayene yapılarak ilgili dişlere perküsyon ve palpasyon testleri uygulandı. Çalışmaya dâhil edilen dişlerden bite-wing radyografiler alınarak dentin köprüsü oluşumu, periapikal lezyon varlığı ve pulpa kuafajının başarısı değerlendirildi. Kontroller sırasında dişte şiddetli spontan ağrı, şişlik, sinüs yolu oluşumu, perküsyon ve palpasyona aşırı hassasiyet, periapikal lezyon oluşumu ve nekrotik pulpa varlığı tespit edildiğinde bu dişler kayıt altına alındı ve kanal tedavileri yapıldı.

3.4. İstatistiksel Analiz

Tanımlayıcı veriler üzerinden normallik ve homojenlik varsayımlarının sağlanıp sağlanmadığı kontrol edildi. Shapiro-wilk testine göre; preoperatif, postoperatif 6.saate, 1.gün ve 7.gündeki verilerin normal dağılımadığı görüldü. Verilerin istatistiksel analizinde Friedman, Wilcoxon ve Mann Whitney U testleri kullanıldı. Grupların

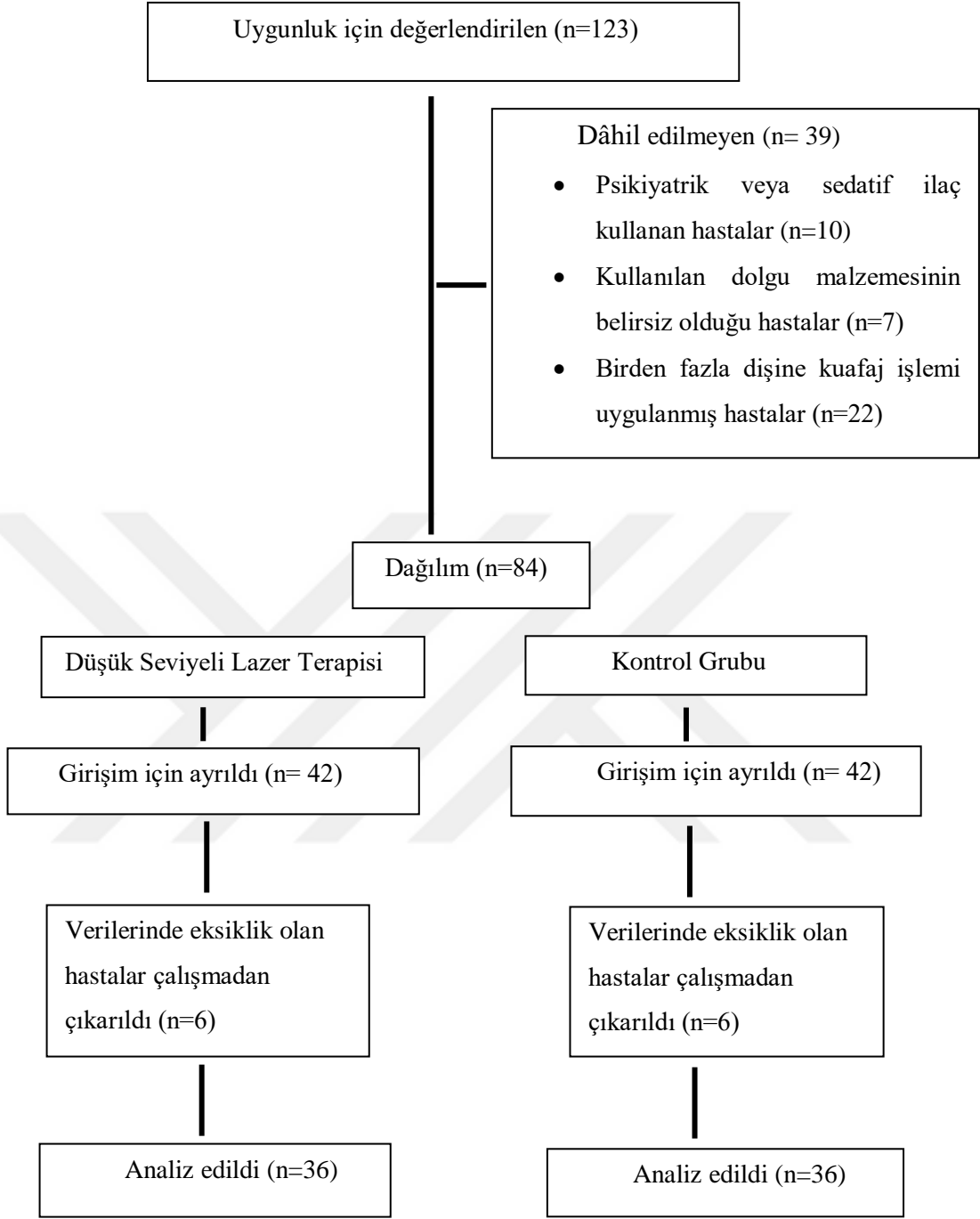
tedavi başarısının karşılaştırılmasında ise Ki-kare testi kullanıldı. İstatistiksel analizler IBM SPSS 22.0 (SPSS versiyon 22.0; SPSS, Inc., Chicago, IL, Amerika) programında yapıldı. Testler %95 güven aralığında değerlendirildi ($p=.05$).



4. BULGULAR

Çalışmamızda 01.10.2017 ve 01.10.2018 tarihleri arasında Ordu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'na başvuran ve direkt pulpa kuafajı uygulanan 123 hasta değerlendirildi. Dâhil edilme kriterlerine uymadığı için 39 hasta çalışma dışı bırakıldı. Uygun şartları sağlayan 84 hasta çalışmaya dâhil edildi.

Lazer ve kontrol grubunda 42 hasta olacak şekilde dağılım yapıldı. Takipler süresince lazer grubundan 6 hasta ve kontrol grubundan 6 hasta verilerinin eksik olması nedeniyle çalışma dışı bırakıldı. Böylece daha önceden direkt kuafaj uygulanmış ve kayıt altına alınmış toplam 72 hastanın verileri değerlendirildi. Hastaların çalışmamıza dâhil edilme süreçleri şekil 4.1'de gösterilmektedir.



Şekil 4. 1. Katılımcıların çalışmaya dâhil olma sürecine ilişkin diyagram

Katılımcıların yaş ortalamaları, gruplara göre kadın ve erkek sayısının dağılımı gibi demografik verilerle birlikte çalışmada kullanılan dişlerin türü ve sayısı tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4. 1. Demografik veriler ve çalışmada kullanılan dişler

	DSLIT Grubu (Ort ± Ss)	Kontrol Grubu (Ort ± Ss)	P Değeri
Yaş	23,27 ± 1,37	19,63 ± 0,81	.030
Cinsiyet			.099
Kadın	23 (%63,9)	20 (%55,6)	
Erkek	13 (%36,1)	16 (%44,4)	
Diş Numarası			.096
16 numara	3	2	
17 numara	2	3	
26 numara	5	5	
27 numara	4	4	
36 numara	5	5	
37 numara	5	4	
46 numara	6	7	
47 numara	6	6	

İki grup arasında; preoperatif (p=.061), postoperatif 6. saat (p=.129) ve 1.gün ağrı seviyeleri (p=.295) bakımından anlamlı fark bulunamamıştır. Ancak 7. günde iki grup arasında ağrı seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (p=.040).

Grup içi değerlere bakıldığında iki grupta da 7. güne doğru ağrı seviyelerinde azalma gözlenmiştir. Ağrı seviyelerindeki bu azalma lazer grubunda istatistiksel olarak anlamlı bulunurken (p=.000) kontrol grubunda anlamlı bulunmamıştır (p=.975). Lazer grubunda tespit edilen bu anlamlı fark sırasıyla; preoperatif ile postoperatif 6. saat, preoperatif ile 1.gün, preoperatif ile 7. günler arasındadır (p=.001, p=.002, p=.000).

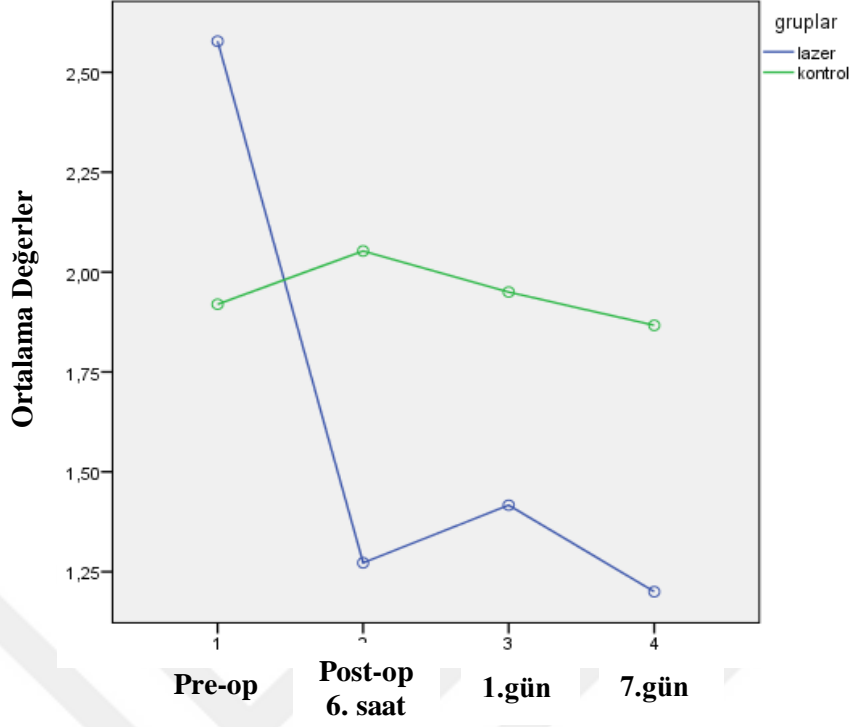
Düşük seviyeli lazer uygulaması yapılan grup içinde sırasıyla; postoperatif 6. saat ile 1. gün, 1. gün ile 7. gün ve postoperatif 6. saat ile 7. gün ağrı seviyeleri arasında

anlamli bir fark bulunamamıştır (p=.561, p=.347, p=.910). Gruplara ait preoperatif ve postoperatif ağrı seviyelerine ilişkin mean rank değerleri tablo 4.2’de gösterilmiştir.

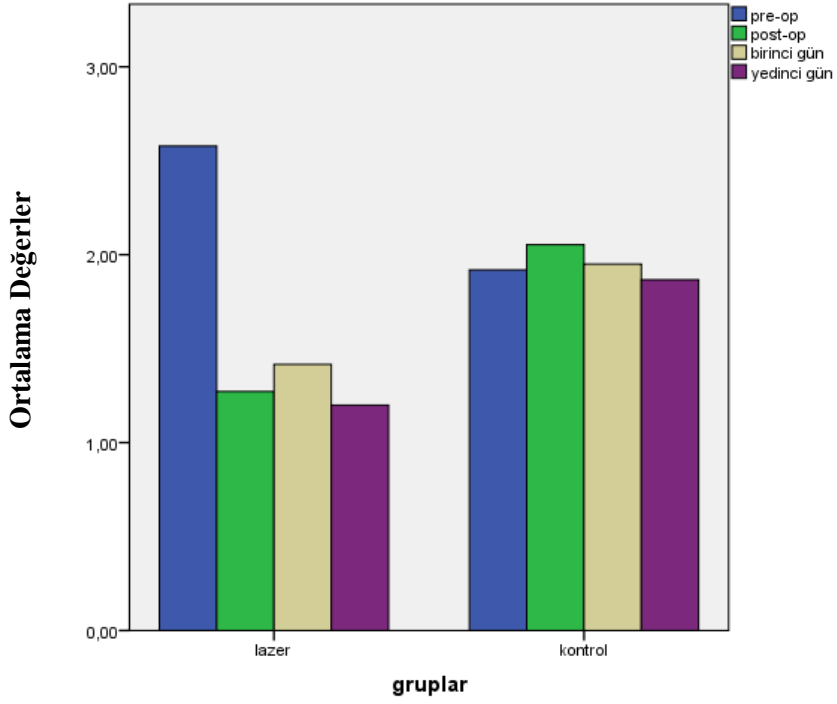
Tablo 4. 2. Grupların preoperatif ve postoperatif mean rank değerleri

	Pre-op Mean Rank	Post-op 6. Saat Mean Rank	1. Gündeki Mean Rank	7. Gündeki Mean Rank	P Değeri
DSLTT Grubu	3,39	2,10	2,33	2,18	.000*
Kontrol Grubu	2,49	2,53	2,56	2,43	.975
P Değeri	.061	.129	.295	.040*	

Düşük seviyeli lazer grubunda preoperatif ağrı seviyesi kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Ancak iki grup arasında preoperatif ağrı değerlerinde anlamlı fark yoktur (p=.061). Düşük seviyeli lazer grubunda grup içi ağrı seviyesindeki değişim anlamlı bulunurken (p=.000) kontrol grubunda, grup içindeki ağrı seviyesinin değişimi anlamlı bulunmamıştır (p=.975). İki gruptaki ağrı seviyelerinin zamana göre değişimi şekil 4.2 ve şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 2. Ağrı seviyelerinin zamana göre değişimi



Şekil 4. 3. Grup içi ağrı seviyelerinin zaman göre değişimi

6 ay sonra alınan radyograflerde; lazer grubunda 4, kontrol grubunda 3 olmak üzere toplam 7 hastada dentin köprüsü izlenmiştir. Hastaların verilerine bakıldığında DSLT grubundaki 1 hastada direkt kuafaj uygulandıktan sonra şiddetli gece ağrıları olduğundan kanal tedavisi uygulandığı görüldü. Kontrol grubunda ise 3 hastada perküsyonda şiddetli ağrı, 2 hasta da şiddetli gece ağrısı olduğundan kanal tedavisi yapıldığı tespit edildi. DSLT grubundaki başarı oranı %97,2 iken kontrol grubundaki başarı oranı %86,1 olarak bulunmuştur. İki grubun tedavi başarısı karşılaştırıldığında aralarında anlamlı fark bulunamamıştır (p=.201). Grupların tedavi başarı oranları tablo 4.3'de gösterilmiştir.

Tablo 4. 3. Gruplara göre tedavi başarıları oranları

	N	Başarılı	Başarısız	P Değeri
Düşük Seviyeli Lazer Grubu	36	35 (%97,2)	1 (%2,8)	.201
Kontrol Grubu	36	31 (%86,1)	5 (%13,9)	

5. TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, MTA kullanılarak direkt pulpa kuafajı yapılmış toplam 72 alt ve üst daimi büyük azı çalışmaya dâhil edilmiştir. Tedavisi yapılan hastalardan 36 tanesine DSLT yapılmış olup diğer 36 hasta ise kontrol grubu olarak alınmıştır. DSLT uygulanan hastalar ile kontrol grubundaki hastaların verileri karşılaştırıldığında; iki grup arasında 7. gündeki ağrı seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir. Dolayısıyla, “maksiller ve mandibular büyük azı dişlerinde direkt kuafaj sonrası düşük seviyeli lazer uygulamasının termal uyaran ile ortaya çıkan ağrı üzerine etkisi yoktur” şeklinde kurduğumuz birinci H_0 hipotezi reddedilmiştir. İki grup arasında direkt kuafaj tedavisinin başarısı açısından anlamlı bir fark bulunmadığından “maksiller ve mandibular büyük azı dişlerinde direkt kuafaj sonrası düşük seviyeli lazer uygulamasının tedavi başarısı üzerine etkisi yoktur” şeklinde kurduğumuz ikinci H_0 hipotezi kabul edilmiştir.

Çalışmamız retrospektif bir çalışma olarak planlanmıştır. Kohort çalışmaların bir alt dalı olan retrospektif çalışmalar ile randomize kontrollü çalışmalar birbirine dizayn olarak benzerdir. İkisinde de bir etkiye maruz kalan grup ile maruziyet olmayan grup karşılaştırılır. Ancak zararlı olduğu bilinen bir maruziyetin kohort çalışma ile deneklere uygulanıp sonuçların karşılaştırılması etik olmayacaktır. Bu yüzden randomize kontrollü klinik çalışmalarda genellikle tedavi edici veya önleyici bir etki araştırılır. Ancak randomize kontrollü çalışmalar, özel şartlar gerektirebildiği için genel popülasyona uygulanamayabilir. Ayrıca bu çalışmaların maliyeti kohort çalışmalara göre daha yüksektir. Kohort çalışmalar genel popülasyona uygulanabilmekte ve etik sorunlar daha az yaşanmaktadır (Rothman K., 2016). Randomize kontrollü çalışmalar ile retrospektif kohort çalışmalar arasındaki önemli bir fark da randomizasyondur. Retrospektif çalışmaların olağan akışında randomizasyon mümkün değildir. Bu durum çalışmamızın sınırlılıkları içerisinde.

Bu tez çalışmasında, direkt kuafaj sonrası termal uyaranla oluşan ağrıları GAS çizelgesi ile kayıt altına alınan hastaların verileri değerlendirildi. Termal uyaranlara karşı hassasiyetin değerlendirildiği bir çalışmada Moosai ve ark. (2015), 31 hastada 62 adet dişi çalışmaya dâhil etmişlerdir. Tüm dişlere sınıf 5 kavite açılmış ve kompozit restorasyonun yerleştirilmesinden hemen önce bir gruba DSLT uygulanmış diğer

gruba ise plasebo olarak lazer uygulanmıştır. Daha sonra katılımcıların ağrı skorları GAS çizelgesi ile değerlendirilmiştir. Araştırmacılar DSLT uygulanmış hastalarda anlamlı olarak daha az postoperatif hassasiyet ve rahatsızlık rapor etmişlerdir. Bizim çalışmamızda da lazerin uygulanma şekli farklı olmakla beraber, DSLT uygulanan grupta 7. günde anlamlı olarak daha az ağrı tespit edilmiştir ($p=.040$). Her iki grupta da işlemden 7 gün sonraki ağrı seviyeleri, işlem öncesinde kaydedilen ağrı seviyelerine göre daha az bulunmuştur. Kontrol grubunda 7 gün içindeki ağrı seviyesinin azalması istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken ($p=.975$), lazer grubunda 7 gün içindeki ağrı seviyesinin azalması anlamlı bulunmuştur ($p=.000$). Bu zamana kadarki çalışmalar; direkt kuafajda kullanılan materyalin türü, uygulanan lazerin tipi, gücü, uygulanma süresi, yeri ve şekli, kullanılan dişlerin türü açısından değerlendirilmiştir. Fakat direkt kuafaj sonrası termal uyarılar ile ortaya çıkan ağrıyı değerlendiren bir çalışma bulunamamıştır. Bundan dolayı çalışmamızda elde ettiğimiz veriler başka bir çalışma ile karşılaştırılamamaktadır.

Lazer uygulamasında genellikle iki yöntem tercih edilmektedir. Birinci yöntemde lazerler, direkt yara yüzeyine uygulanarak hemostatik ve antiseptik etki oluşturulur. İkinci yöntemde ise kullanılan düşük güçteki lazerler ile dokular uyarılarak biyostimülasyon etkisi elde edilir (Javed ve ark., 2017a). Farklı tip ve parametrelerde lazerlerin kullanıldığı bazı çalışmalarda, araştırmacılar birinci yöntemi kullanmış ve lazeri direkt açık yara yüzeyine uygulamışlardır. Moritz ve ark. (1998) CO₂ lazer kullanarak yaptıkları çalışmada 200 diş direkt kuafaj uygulamışlardır. 100 diş CO₂ lazer kullanılarak direkt kuafaj yapılırken, 100 diş KH ile geleneksel direkt kuafaj uygulanmıştır. İşlemlerden 1 hafta sonra hastalar kontrol için çağırılmışlardır. 12 ay boyunca da her ay yapılan tedaviler kontrol edilmiştir. 12 ayın sonunda CO₂ lazer ile tedavi edilen grupta başarı oranı %89 bulunurken lazer kullanılmayan grupta başarı oranı %68 olarak rapor edilmiştir. İki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir. Santucci ve ark. (1999) yaptıkları retrospektif çalışmada 83 hastanın 93 dişini değerlendirmişlerdir. 29 diş KH ile direkt pulpa kuafajı yapılmış, 64 diş ise Vitrebond ve Nd-YAG lazer kullanılarak direkt pulpa kuafajı yapılmıştır. 54 aylık takiplerde Vitrebond ve Nd-YAG lazer kullanılarak yapılan tedavilerde anlamlı olarak daha yüksek başarı oranları elde edilmiştir. Yazdanfar ve ark. (2015), 5 hastaya rezin modifiye cam iyonomer kullanarak, 5 hastaya ise rezin modifiye cam

iyonomer ve diyod lazer kullanarak direkt pulpa kuafajı yapmış ve tedavilerin başarılarını karşılaştırmışlardır. 1 yıllık takip sonunda lazer kullanılan grupta başarı oranı %100 iken lazer kullanılmayan grupta %60 olarak bulunmuştur. İki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir. Cengiz ve Yılmaz (2016), Er, Cr:YSGG kullanarak yaptıkları çalışmada 60 hastanın 60 dişini değerlendirmişlerdir. Hastaları 4 eşit gruba ayırarak 1.grupta açığa çıkmış pulpa yüzeyine KH uygulaması, 2. gruba KH ve lazer uygulaması, 3. gruba TheraCal uygulaması, 4 gruba ise ThraCal ve lazer uygulaması yapılmıştır. Hastalar 1 hafta, 1 ay, 3 ay ve 6 aylık sürelerde takip edilmiştir. Çalışmanın bulgularına göre, sadece TheraCal ve KH kullanılan gruplarda sırasıyla başarı oranı %66,6 ve %73,3 olarak bildirilmiştir ve aralarında anlamlı fark yoktur. İki lazer grubunda da %100 başarı oranı bildirilmiştir. Lazer uygulanan ve uygulanmayan gruplar arasında anlamlı fark rapor edilmiştir. Olivi ve ark. (2007) 25 hastanın 25 dişine Er-YAG lazer kullanarak KH ile direkt kuafaj yapmışlardır. Hastaları iki gruba ayırarak lazeri farklı güç parametreleri ve farklı sürelerde uygulamışlardır. Tedavilerin toplam başarı oranı %84 olarak rapor edilmiştir. Diğer çalışmaların aksine, araştırmacılar başarı oranları açısından iki grup arasında anlamlı bir fark bulamamıştır. Çalışmamızın bulgularına göre gruplardan bağımsız olarak direkt kuafaj başarı oranı %91,6 olarak bulunmuştur. DSLT grubunda direkt kuafaj tedavisinin başarı oranı %97,2 iken, kontrol grubunda tedavi başarı oranı %86,1 olarak tespit edilmiştir. Tedavi başarı oranı açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p=.201$). Lazerin uygulanma şekli iki grup arasında başarı oranlarında anlamlı fark çıkmamasında etkili olmuş olabilir. Bizim çalışmamızda diğer çalışmalardan farklı olarak lazer, açık yara yüzeyine değil, mine ve dentinin dış yüzeyinden uygulanmış böylece pulpa dokusunun biyostimülasyonu hedeflenmiştir. Bu şekilde uygulamanın amacı ise, direkt kuafaj sonrası sıklıkla görülen termal uyarılara karşı hassasiyet durumunda dolguya müdahale edilmeden DSLT ile hassasiyetin azaltılabileceğini ortaya koyarak hekimlere yol göstermektir.

Lazerin biyostimülasyon etkisi fotokimyasal teoriyle açıklanmaktadır. Buna göre; düşük seviyeli lazer ışığı hücrelerde bulunan fotoreseptörler tarafından emilerek mitokondriye iletilir. Bu iletim sonucunda sitokrom c oksidaz aracılığıyla ATP üretimi artar ve oksidatif stres azalır (Passarella ve ark., 1984). DSLT'nin lenfatik drenajı

arttırarak ödemi azalttığını ileri süren çalışmalar da bulunmaktadır (Stergioulas ve ark., 2004). DSLT'nin analjezik etkisi ise opioidler üzerinden açıklanabilir. Opidler, inflame ve normal periferel dokularda bulunan opioid reseptörlerine bağlanarak analjezik etki oluştururlar (Antonijevic ve ark., 1995). İnsanlarda yapılan plasebo kontrollü bir çalışmada boyun ve omuz bölgelerine lokal olarak uygulanan DSLT'nin periferel plazma örneklerinde adrenokortikotropik hormon ve β -endorfin seviyesinin artması sonucu analjezik etki oluşturduğu bildirilmiştir (Laakso ve ark., 1967). Laakso ve ark. (1994) myofasiyal ağrı noktalarında DSLT'nin etkisini değerlendirmişler ve tedavi öncesiyle sonrasındaki endorfin seviyelerini karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucuna göre düşük seviyeli lazer uygulaması sonrası endorfin seviyesi anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur. DSLT sonrası ağrı seviyelerindeki azalma endorfin miktarının artmasıyla açıklanabilir.

Lazerin farklı güç parametrelerinde ve farklı sürelerde uygulanması da tedavi sonuçları üzerinde etkili olabilmektedir. Bazı araştırmacılar DSLT'nin 700-1070 nm dalga boyundaki cihazlar ile 250-500 mW güçte yapılabileceğini bildirmişlerdir (Migliorati ve ark. 2013; Heidari ve ark. 2018). Buna karşın Kara ve ark. (2018) yaptıkları hücre kültürü çalışmasında, Nd-YAG lazeri farklı güçlerde kullanarak DSLT yapmışlardır. Lazeri 0.5, 1, 2 ve 3 W güçte çalıştırmışlar ve hücre proliferasyonu için en uygun değerini 1 W olduğunu rapor etmişlerdir. Bizim çalışmamızda lazer uygulamasının hedefi olan pulpa dokusu mine ve dentin ile çevrelenmiştir. Düşük güçteki lazer ışınlarının kalsifik mine ve dentin dokusunu geçip pulpayı etkilemesinin zor olacağını düşündüğümüzden çalışmamızdaki Nd-YAG lazer, Kara ve ark. nın yaptıkları çalışma referans alınarak 1 W'ta 60 saniye boyunca uygulanmıştır.

Kuafaj tedavisinin prognozunda DSLT'den bağımsız olarak çeşitli faktörler etkili olmaktadır. Bu faktörlerin arasında en önemlilerinden birisi kullanılan pulpa kaplama materyalinin cinsidir. Kuafaj tedavilerinde yüksek başarı elde etmek için kullanılan pulpa kaplama materyalleri dentin-pulpa kompleksinde rejenerasyonu tetiklemeli, odontoblast benzeri hücrelerin farklılaşmasını sağlamalı, antibakteriyel, biyouyumlu ve non-toksik olmalıdır (Asgary ve ark., 2014). Direkt pulpa kuafajında kullanılan bir materyal olan KH, tüm pulpa kaplama materyalleri arasında altın standart olarak düşünülmektedir (T. J. Hilton ve ark., 2013). Ancak örtüleme

yeteneğinin tatmin edici olmaması, zamanla çözünme göstermesi, tünel defektlerinin görülmesi ve biyoyumluluğunun iyi olmaması nedeniyle direkt kuafajdaki başarısı tartışmalıdır. Yapılan bir klinik çalışmada, KH'in 10 yıllık başarı oranı %13 olarak rapor edilmektedir (Barthel ve ark., 2000a). Farklı bir çalışmada ise mekanik olarak veya çürükle açılmış pulpalar üzerine yapılan direkt kuafajda MTA ve KH'in başarısı karşılaştırılmıştır. 2 yıllık takiplerde MTA grubunda %80 başarı oranı elde edilirken, KH grubunda bu oran %68 olarak bulunmuştur (T. J. Hilton ve ark., 2013). MTA ve KH'in direkt kuafaj üzerindeki başarısının karşılaştırıldığı başka bir çalışmada 3 yıllık gözlem süresinde MTA'nın başarı oranı %85 iken KH'te başarı oranı %52 olarak bulunmuştur. Aradaki bu fark istatistiksel olarak anlamlı olarak rapor edilmiştir (Kundzina ve ark., 2017). Bu çalışmaların yanı sıra bazı çalışmalarda KH'in MTA kadar iyi klinik sonuçlara sahip olduğu bildirilmiştir (Iwamoto ve ark., 2006; Tuna ve Olmez, 2008). Son yıllarda; transkripsiyon faktörlerinin salınımının arttırılması, dentin köprüsü oluşumunun indüklenmesi, yüksek biyoyumluluk, pH değerinin daha uzun süre alkali seyretmesi, daha az sızıntının görülmesi, daha iyi bir örtücülük sağlaması gibi özelliklerinden dolayı MTA direkt pulpa kuafajında tercih edilmektedir (Mahmoud Torabinejad ve Pitt Ford, 1994; Mahmoud Torabinejad ve ark., 1995; Fridland ve Rosado, 2003). MTA, kısa ve uzun klinik takiplerde direkt kuafajda %67 ile %97 arasında başarı oranına sahiptir. (Bogen ve ark., 2008; Cho ve ark., 2013) Çalışmamızda standardizasyonu sağlamak için direkt kuafaj işlemlerinde MTA uygulanan dişler seçilmiştir. Uzun dönem başarı oranlarına bakıldığında KH'ten daha başarılı sonuçlara sahip olmasından dolayı direkt kuafaj materyali olarak MTA tercih edilmiştir. Çalışmamızın sonuçlarına bakıldığında, DSLT ve kontrol gruplarında tedavi başarısı açısından anlamlı bir fark bulunmazken, termal uyarılara karşı hassasiyet 7. günde DSLT grubunda anlamlı olarak daha az bulunmuştur. Ölçümü yapılan 4 farklı zaman diliminin 3'ünde (pre-op, post-op 6. saat, 1.gün) iki grup arasında ağrı seviyeleri bakımından anlamlı fark olmamasında MTA'nın sertleşme mekanizması etkili olmuş olabilir. MTA sertleşirken nemli bir ortama ihtiyaç duyar (Gancedo-Caravia ve Garcia-Barbero, 2006). MTA, sertleşmesi sırasında ortamdaki nemi çekerek direkt kuafaj sonrası erken dönemde görülen hiperemiyi baskılayabilir. Bundan dolayı her iki grupta da MTA'nın sertleşmesinin tamamlandığı ilk günlerde ağrı ortaya çıkmayabilir. Ancak 7. günde, MTA sertleşmesini tamamlayıp pulpada

oluşan hiperemi tekrar ortaya çıktığında, lazer uygulaması bu ağrıyı azaltmış olabilir. İki grup arasında 7. günde istatistiksel bir fark oluşması bu şekilde açıklanabilir.

Direkt pulpa kuafajı başarısının değerlendirilmesinde dentin köprüsü oluşumu önem taşımaktadır. Radyografik olarak dentin köprüsünün izlenmesi sıklıkla başarılı bir pulpal iyileşmeye işaret etmektedir (Parolia ve ark., 2010). Yürütülen çalışmalarda, inflamasyon varlığında dentin köprüsü oluşumunun olumsuz etkilendiği ve lazer uygulamasının bu inflamasyonu azalttığı gösterilmiştir (Jayawardena ve ark., 2001). Melcer ve ark. (1987) ekspoz pulpa üzerine CO₂ lazer uygulamış ve 3 sonra yeni oluşan kalsifiye dentin dokusu gözlemlemişlerdir. Köpek dişleri kullanılarak yapılan başka bir çalışmada, Er-YAG lazer ekspoz pulpa üzerine uygulanmış ve 6-8 hafta sonra yeni kalsifiye dentin dokusu oluşumu rapor edilmiştir (Hibst, 1991). Dentin köprüsü oluşumu başarılı bir tedaviyi işaret etse de direkt kuafajın başarısının değerlendirilmesinde tek kriter değildir. Çünkü dentin köprüsünün oluşumu; pulpa kaplama materyalinin cinsi, mekanik hasarın derecesi, kavite preparasyonu sırasında oluşan debris miktarı, inflamasyon varlığı ve bakteriyel sızıntı gibi faktörlerden etkilenmektedir (Alaçam T., Alaçam A., 2000). Çalışmamızda lazer grubunda 4, kontrol grubunda ise 3 hastada dentin köprüsü radyografik olarak izlenmiştir.

Pulpa kuafajında kullanılan materyalin yanında; yaş, cinsiyet, dişin tipi ve lokalizasyonu, pulpal açılmanın yeri (okluzal, aksiyel vb.), pulpal açılmanın türü (mekanik, travmatik, çürük), pulpal açılmanın boyutu, pulpanın durumu gibi faktörler direkt pulpa kuafajının başarısını etkileyebilir (Mente ve ark., 2010b; Cho ve ark., 2013; Çalışkan ve Güneri, 2017).

Daha zengin hücresel aktiviteye ve daha iyi yenilenme kapasitesine sahip oldukları için genç hastalarda direkt pulpa kuafajının daha başarılı olduğu bildirilmiştir (Goharkhay, ve Sperr, 1998). Bazı araştırmacılar, 40 yaşından genç hastalarda direkt pulpa kuafajının anlamlı olarak daha başarılı olduğunu ileri sürmüşlerdir (Dammachke ve ark., 2010; Arany ve ark., 2014). Marques ve ark. (2015) artan yaşla beraber direkt kuafaj başarısının azaldığını rapor etmişlerdir. Bazı araştırmacılar da yaş ile tedavi başarısı açısından bir ilişki olmadığını bildirmişlerdir (Matsuo ve ark., 1996; Mentel ve ark., 2010b). Çalışmamızda yaş ile postoperatif ağrı ve tedavi başarısı açısından anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir ($p > .05$).

Direkt kuafaj tedavisinin değerlendirildiği çalışmalarda cinsiyetin tedavinin prognozu üzerine bir etkisi bulunmamıştır (Mente ve ark., 2010b; Jang ve ark., 2015). Bu çalışmalarla paralel şekilde, yürüttüğümüz çalışmada da cinsiyetin direkt kuafaj sonrası ağrı ve tedavi başarısı üzerine bir etkisi bulunmamıştır ($p>.05$).

Dişin lokalizasyonu ve türü de direkt kuafaj tedavisinin sonucu üzerinde etkili olabilir. Direkt pulpa kuafajında posterior dişlerin anterior dişlerden daha başarılı sonuçları olduğunu ileri süren araştırmacıların yanında (Horsted ve Fejerskov, 1985) bu faktörlerin tedavi üzerinde bir etkisinin olmadığını belirten araştırmacılar da vardır (Cho ve ark., 2013; T. J. Hilton ve ark., 2013). Alt ve üst çenede bulunan dişlerin direkt kuafaj tedavisi açısından bir farklılık göstermediği çalışmalarda bildirilmiştir (Barthel ve ark., 2000b). Çalışmamızda alt ve üst çenede yapılan direkt kuafajlarda postoperatif ağrı ve başarı açısından anlamlı fark bulunmamıştır ($p>.05$). Çalışmada seçilen dişlerin tamamı posterior dişler olduğu için farklı diş bölgelerinin yaptığımız tedavi üzerine etkisi değerlendirilememiştir.

Direkt pulpa kuafajının prognozunu etkileyen bir başka faktör de pulpal açılmanın miktarıdır. Bazı araştırmacılar direkt kuafaj yapılabilmesi için pulpal açılma miktarının 1 mm'den az olması gerektiğini ileri sürmüşlerdir (Haskell ve ark., 1978; Horsted ve ark., 1985). Bu araştırmacıların aksine, pulpal açılma miktarının 1 mm'den fazla olduğu durumlarda da direkt pulpa kuafajı yapılabileceğini ileri süren araştırmacılar vardır (Miles ve Peters, 2010b). Bu çalışmada pulpal açılma boyutunun 1 mm'yi geçmediği dişler ele alınmıştır.

Pulpal açılmanın meydana geliş şeklinin pulpa kuafajı üzerinde etkisinin olup olmadığı konusunda çeşitli hipotezler ortaya atılmıştır. Bazı yazarlar pulpal açılmanın nasıl meydana geldiğinin önemsiz olduğunu savunurken (Mente ve ark., 2010c) bazıları da çürükle meydana gelen pulpal açılmada travma sonucu gerçekleşen açılmaya göre daha düşük başarı oranları olduğunu savunmuştur (Baume ve Holz, 1981b). Bizim çalışmamızda çürüğün temizlenmesi sonucu meydana gelen pulpal açılmaya sahip dişler kullanılmıştır.

Pulpal açılmanın lokalizasyonunun kuafaj başarısı üzerine etkisiyle ilgili çeşitli görüşler mevcuttur. Bazı çalışmalarda okuzal yüzde meydana gelen pulpal açılmalarda, aksiyel yüzdeki açılmalara göre daha yüksek başarı oranları bildirilmiştir

(Mahmoud Torabinejad ve ark., 1994; Barthel ve ark., 2000a). Bu çalışmaların tersine bazı çalışmalar pulpal açılmanın meydana geldiği yerin önemli olmadığını rapor etmişlerdir (Mente ve ark., 2014b; Jang ve ark., 2015; Marques ve ark., 2015; Çalışkan ve Güneri, 2017). Aksiyel bölgedeki çürüğün uzaklaştırılmasının zor olması, aksiyel bölgede pulpanın daha zor kapatılması ve bu bölgenin izolasyonunun okluzal yüze göre daha zor olması gibi nedenlerden dolayı aksiyel yüzde meydana gelen pulpa perforasyonuna sahip dişler çalışmamızda kullanılmamıştır.

Pulpa perforasyonun olduğu bölgedeki kanama, pulpanın enflamasyonu hakkında bize bilgi vermektedir. Eğer pulpal kanama 5-10 dakikadan fazla sürüyorsa bu durum ileri seviye bir pulpa iltihabını işaret etmektedir. Bu durumda direkt pulpa kuafajı yerine pulpatomi veya pulpektomi işlemleri tercih edilebilir (Mente ve ark., 2014b). Pulpadaki kanamayı kontrol etmek için ise çeşitli kanama durdurucu ajanlar kullanılmaktadır. Sodyum hipokloritin (NaOCl) çeşitli konsantrasyonları, %2'lik klorheksidin, %30 hidrojen peroksit, ferrik sülfat, distile su veya serum fizyolojik emdirilmiş pamuk peletler kanama kontrolü için kullanılmaktadır (Cho ve ark., 2013; Marques ve ark., 2015; Jang ve ark., 2015; Kundzina ve ark., 2017). Yapılan klinik çalışmalarda salin ile pulpal kanamanın başarılı bir şekilde kontrol altına alındığı bildirilmiştir (Hemavathi ve ark., 2018). Bu yüzden yaptığımız bu klinik çalışmada kanama kontrolü için salin tercih edilmiştir.

Koronel restorasyon da tedavi başarısı açısından önemlidir. Willerhausen ve ark. (2011) sınıf 1 restorasyonların direkt pulpa kuafajında daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişler, buna karşın Mentel ve ark. (2010) restorasyonun büyüklüğünün tedavi üzerinde bir etkisinin olmadığını savunmuştur. Bizim yaptığımız bu çalışmada sınıf 1 ve sınıf 2 tip restorasyonlar değerlendirilmiştir.

Yapılan çalışmalarda direkt kuafaj sonrası final restorasyonun tek seferde yapılmasının anlamlı derecede yüksek başarı oranlarına sahip olduğu rapor edilmiştir (Mente ve ark., 2014a). Bu çalışmalarla paralel olacak şekilde, bazı araştırmacılar direkt pulpa kuafajı sonrası daimi restorasyonun geciktirilmesinin başarısızlık riskini arttırdığını ileri sürmüşlerdir (Barthel ve ark., 2000a; Mentel ve ark., 2014b). Çalışmamızdaki tüm restorasyonlar kompozit rezin kullanılarak tek seansta tamamlanmıştır. Ancak MTA'nın sertleşmesini etkileyeceği için rezin kompozitler

taze hazırlanmış MTA üzerine direkt uygulanamamaktadır. Ayrıca asitleme ve yıkama işlemleri de MTA'nın çözünmesine neden olup fiziksel özelliklerini olumsuz etkileyecektir (Nandini ve ark., 2007). Bu durumda geleneksel cam iyonomer simanlar kısmen sertleşmiş olan MTA üzerine yerleştirilerek restorasyonların tek seansta yapılmasına imkan tanımaktadır (Ballal ve ark., 2008). Cam iyonomerler; flor salınımı yapmaları, biyouyumlulukları, dentin ve mineye kimyasal bağlanmaları gibi özelliklerinden dolayı özellikle derin kavitelere daimi dolguların altında kaide materyali olarak tercih edilmektedirler (Sidhu, 2010). İndirekt kuafajda cam iyonomer ile biodentin materyalinin karşılaştırıldığı bir çalışmada iki materyal için de yüksek başarı oranı rapor edilmiş, cam iyonomer ile biodentin arasında klinik açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır (Hashem ve ark., 2019). Yapılan bir çalışmada MTA ile cam iyonomerin olumsuz etkileşiminin olmadığı, cam iyonomerin MTA'nın sertleşmesi üzerinde veya MTA'nın cam iyonomerin fiziksel özellikleri üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığı raporlanmıştır (Eid ve ark., 2012). Klinik olarak tatmin edici fiziksel özelliklerinin bulunması ve derin kavitelere uygulandığında yüksek başarı oranlarına sahip olması nedeniyle çalışmamızda kaide materyali olarak geleneksel cam iyonomer siman kullanılmıştır.

Kompozit rezin kullanılan restorasyonlarda polimerizasyon aşamasında hastalar ağrı hissedebilmektedir. Uygulanan kompozit rezin pulpaya yaklaştıkça bu durum daha sık meydana gelmektedir (Frencken ve ark., 2012). Bu ağrının kaynağı ışık cihazları ile yapılan polimerizasyon sırasında oluşan ısı olabilir. Kompozitlerin polimerizasyonunda kullanılan ışık cihazlarının özellikle yüksek güç modunda kullanılması durumunda açığa çıkan ısı pulpa için zararlı olabilmektedir. Hussey ve ark. (1995) kompozit rezinlerin polimerizasyonu sırasında artan ısının pulpa için risk oluşturduğunu raporlamıştır. Zach ve Cohen (1965) pulpal kavitedeki ısının 47 °C'de 2 dakika kalmasının inflamatuvar süreçleri başlattığını ancak 14 gün sonra pulpanın normal durumuna ulaştığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda polimerizasyon yapılırken kullanılan ışık cihazı düşük modda çalıştırılıp açığa çıkan ısının minimum olması sağlanmıştır. Kullanılan kompozitlerin polimerizasyonu üretici firmanın önerdiği şekilde ve sürelerde yapılmıştır. Tüm hastalarda standardizasyonu sağlamak için ışın cihazı aynı güç parametrelerinde ve aynı sürelerde çalıştırılmıştır.

Pulpada ısı artışıyla beraber hastaların hissettikleri ağrı üzerinde etkili olan tek faktör ışın cihazları değildir. Yapılan bir çalışmada gösterilmiştir ki; kavite preparasyonu sırasında artan ısı da ağrıya sebep olup dental dokularda geri dönüşümsüz hasarlar oluşturabilir. 5 °C'lik bir ısı artışı pulpada nekroza sebep olabilir (Zach ve Cohen, 1965). Pulpada oluşan hasarı en aza indirmek için, kavite hazırlanırken kullanılan frezler su soğutması altında çalıştırılmalıdır. Çalışmamızda da kavite hazırlarken; su soğutması altında, frezlere minimum basınç uygulanarak çalışılmıştır. Eski ve keskinliğini kaybetmiş frezlerle yapılacak kavite preparasyonu da pulpayı etkileyebileceğinden bu çalışmada yeni ve yivleri aşınmamış keskin frezler kullanılmıştır.

Kompozit restorasyon yaparken kullandığımız adeziv sistemler de hastaların tedavi sonrası hissettikleri ağrıda etkili olabilir. Üretici firmalar self adeziv sistemlerin (6.,7. ve 8. Jenerasyon) total etch sistemlere göre daha az hassasiyet oluşturduğunu ileri sürmektedirler. Yürütülen farklı çalışmalara göre; derin kavitelere self-etch adezivler total-etch adezivlere göre postoperatif ağrıyı azaltmada daha etkili bulunmuştur (Ito ve ark., 2005; Arısu ve ark., 2009). Bu çalışmaların aksine bazı çalışmalarda, self-etch ve total-etch sistemler arasında postoperatif hassasiyet bakımından fark bulunmadığı raporlanmıştır (Jorge ve ark., 2003). Bu araştırmaların ışığında çalışmamızda self-etch adeziv sistemler tercih edilmiştir. 7. jenerasyon adeziv sistemlerden olan Tokuyama Bond Force II (Tokuyama Dental Co., Tokyo, Japan) kaviteye üreticinin talimatlarına göre yerleştirilmiş ve uygun sürelerde ısınlanmıştır.

Araştırmacılar kompozit uygulaması sırasında sınıf 1 ve sınıf 5 kavitelere, daha fazla stresin oluştuğunu bunun da postoperatif ağrı üzerinde etkili olabileceğini belirtmişlerdir (Feilzer ve ark., 1987). Özellikle sınıf 1 ve sınıf 5 kavitelere klinik olarak kompozitin uygulanma şekli önem taşımaktadır (Sabbagh ve McConnell, 2018). Meydana gelen polimerizasyon büzülmesi sonucu, kavite duvarları ve kompozit arasında mikro düzeyde açıklıklar oluşmaktadır. Bu açıklıklar oral sıvıların ve bakterilerin kaviteye geçişine neden olur. Bunun sonucunda yapılan restorasyon başarısız olabilir veya hastalarda postoperatif hassasiyetler gözlenebilir.

Kavite şeklinin yanı sıra kompozitin kaviteye uygulanma yönteminin de restorasyonların başarısı üzerine etkisi bulunmaktadır. He ve ark. (2007) sınıf 1

kaviterde inkramental ve bulk tekniklerini karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucuna göre küçük kaviterde tekniğin bir önemi bulunmazken geniş kavite preparasyonların inkramental teknik daha başarılı bulunmuştur. Çalışmada özellikle geniş kaviterde inkramental tekniğin kullanılması önerilmiştir. Hickey ve ark. (2016) ise bulk tekniği ile inkramental tekniğini karşılaştırmışlar ve 7 gün sonunda iki teknik arasında postoperatif ağrı bakımından anlamlı bir fark bulamamışlardır. Bizim çalışmamızda dişlerdeki harabiyetin fazla olması nedeniyle hazırlanan kaviter büyük olduğundan kompozitin uygulanmasında bulk tekniği yerine inkramental teknik tercih edilmiştir.

Direkt kuafaj tedavisinde kullanılan anestezi solüsyon ve uygulanan anestezi yöntemi de postoperatif ağrı üzerinde etkili olabilir. Mandibular büyük azı dişlerin anestezisi inferior alveolar sinir blokajı ile, maksiller büyük azı dişlerin anestezisi posterior süperior alveolar sinir blokajı ile sağlanmaktadır (Malamed SF, 2013). Çalışmamızda anestezi süresi ve uygulama tekniğinin standardizasyonu açısından maksiller ve mandibular büyük azı dişlerinin anestesizinde rejyonel anestezi teknikleri kullanılmıştır. Araştırmacılar, ağrı kontrolü açısından uzun süre etkili anestezi maddelerin daha etkili olduğunu savunsalar da çalışmamızda bu anestezi tercih edilmemiştir (Parirokh ve ark., 2012). Uzun süreli anestezi kullanılması hastaların işlem sonrası hissettikleri ağrı seviyelerini etkileyeceği için kısa süre etkili bir anestezi tercih edilmiştir. Çalışmada kullandığımız artikain solüsyonunun yumuşak doku anestezisinin 3-5 saat ve pulpa anestezisinin de 75 dakika olduğu rapor edilmiştir (Kambalimath ve ark., 2013). İşlemden sonra hastalara verilen GAS skalasına en az 6 saat sonra işaretleme yapılmaları söylenmiş böylece anestezinin postoperatif ağrı üzerindeki etkisi minimuma indirilmiştir.

Postoperatif ağrı değerlendirmesinin ne zaman yapılacağı konusunda bir fikir birliği bulunmamaktadır. Kundzina ve ark. (2017) nın yürüttükleri bir çalışmada direkt kuafaj sonrası postoperatif ağrı değerlendirmesi 1 hafta sonra yapılmıştır. Tedavilerin başarılı olup olmadığının değerlendirilmesi için de ilk gözlem 6 ay sonra yapılmıştır. Galani ve ark. (2017) da yaptıkları çalışmada tedavi sonrası postoperatif ağrı değerlendirmesini 1 haftalık süreçte yapmışlardır. Ayrıca her 24 saatte bir bu değerlendirmeyi tekrarlamışlardır. Yaptığımız bu çalışmada direkt kuafaj sonrası postoperatif ağrı değerlendirmesi için takip süresi 7 gün olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızdaki tedavilerin başarısını değerlendirmek ve radyografik değişiklikleri izlemek için hastalar 1 ve 6 aylık sürelerde takip edilmiştir.

Yukarıda belirtilen takip süreleri içinde dişlerin vitalitesini değerlendirmek ve dişlerin soğuk uygulamasındaki ağrı seviyelerini ölçmek için soğuk testi kullanılmıştır. Vitalite testlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada pamuk peletler ile uygulanan soğuk spreyi en doğru sonuçları verirken, elektrikli pulpa testlerinde hata payı daha yüksek bulunmuştur (Salgar ve ark., 2017). Termal testler ve elektrik testlerinin pulpal durum tespitindeki etkinliklerinin kıyaslandığı başka bir çalışmada, termal testler çoğu parametrede diğer testlerden daha üstün bulunmuştur (Silva ve ark., 2016). Yapılan klinik çalışmalar göstermiştir ki; soğuk testlerinin en doğru sonucu vermesi için dişlerin bukkal yüzeylerinin orta üçlüsünden uygulanması gerekir (Castillo-Silva ve ark., 2019). Yaptığımız bu çalışmada da soğuk spreyi pamuk peletler yardımıyla dişlerin bukkal yüzlerinin orta üçlüsünden olacak şekilde uygulanmış ve hastaların hissettikleri sübjektif ağrılar kayıt altına alınmıştır. Pulpal durum tayininde soğuk testleri yüksek doğruluk oranına sahip olduğu için çalışmamızda direkt kuafaj sonrası postoperatif ağrıyı değerlendirmek amacıyla soğuk sprey tercih edilmiştir.

Hastaların hissettikleri sübjektif ağrı seviyelerini objektif hale getirip sayısal veriler halinde değerlendirmek amacıyla çeşitli skalalar kullanılmaktadır (Law ve ark., 2015). Yürüttüğümüz bu çalışmada GAS kullanılmıştır. GAS, bir ucunda “ağrı yok” diğer ucunda “dayanılmaz ağrı” ifadelerinin yer aldığı belirli uzunlukta olan düz bir çizgiden oluşmaktadır (Polycarpou ve ark., 2005). Görsel analog skalalar içinde 10 cm uzunluğu sahip skalanın diğerlerine göre daha doğru sonuçlar verdiği bildirildiği için bu çalışmada 10 cm’lik skala kullanılmıştır (Revill ve ark., 1976).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. DSLT ve kontrol grubu postoperatif ağrı değerleri bakımından karşılaştırıldığında 7. günde iki grup arasında anlamlı fark tespit edilmiştir. 7. günde DSLT grubunda kontrol grubuna göre anlamlı olarak daha az ağrı görülmüştür.
2. DSLT grubunda farklı zamanlarda kaydedilen ağrı değerleri arasında anlamlı fark bulunmuş ancak kontrol grubunda bu değerler arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.
3. DSLT, direkt kuafaj sonrası termal uyaran ile ortaya çıkan ağrı ve hassasiyeti azaltmak amacıyla kullanılabilir.
4. Hekimler; direkt kuafaj sonrası hastaların hissettikleri rahatsızlıklarını restorasyona müdahale etmeden DSLT ile azaltabilir.
5. DSLT'nin; farklı güç parametrelerinde, farklı sürelerde ve farklı uygulama yöntemleri kullanılarak direkt kuafajdaki etkisinin incelendiği ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

Abd-Elmeguid, A., Yu, D. C., Kline, L. W., Moqbel, R., ve Vliagoftis, H. (2012). Dentin matrix protein-1 activates dental pulp fibroblasts. *Journal of Endodontics*, 38(1), 75–80. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.10.005>

Abreu, F. A. M. de, Ferreira, C. L., Silva, G. A. B., Paulo, C. d. O., Miziara, M. N., Silveira, F. F., ve Alves, J. B. (2013). Effect of PDGF-BB, IGF-I growth factors and their combination carried by liposomes in tooth socket healing. *Brazilian Dental Journal*, 24(4), 299–307. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201302238>

Absten GT (1988). *Lasers in Medicine* (2nd). USA: ChapmanveHall.

Accorinte, Maria de Lourdes R., Holland, R., Reis, A., Bortoluzzi, M. C., Murata, S. S., Dezan, E., . . . Alessandro, L. D. (2008). Evaluation of Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide Cement as Pulp-capping Agents in Human Teeth. *Journal of Endodontics*, 34(1), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.09.012>

Accorinte, Maria de Lourdes Rodrigues, Loguercio, A. D., Reis, A., Muench, A., ve Araújo, V. C. de (2005). Adverse effects of human pulps after direct pulp capping with the different components from a total-etch, three-step adhesive system. *Dental Materials*, 21(7), 599–607. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2004.08.008>

Ahangari, Z., Naseri, M., Jalili, M., Mansouri, Y., Mashhadiabbas, F., ve Torkaman, A. (2012). Effect of propolis on dentin regeneration and the potential role of dental pulp stem cell in Guinea pigs. *Cell Journal*, 13(4), 223–228.

Alaçam T., U., ve I., Alaçam A., A. M. (2000). *Endodonti: Dentin ve Pulpa Tedavileri*. Ankara: Barış Yayınları Fakülteler Kitabevi.

Ali Saud, N., ve Abood Faris, S. A. F. (2019). The Role of Nd-YAG Laser with A Wavelength of 1064 Nm for The Treatment of Skin Wounds in Laboratory Mice. *JOURNAL of COLLEGE of EDUCATION for PURE SCIENCE*, 9(2), 16–24. <https://doi.org/10.32792/utq.jceps.09.02.02>

Almushayt, A., Narayanan, K., Zaki, A. E., ve George, A. (2006). Dentin matrix protein 1 induces cytodifferentiation of dental pulp stem cells into odontoblasts. *Gene Therapy*, 13(7), 611–620. <https://doi.org/10.1038/sj.gt.3302687>

Al-Shaher, A., Wallace, J., Agarwal, S., Bretz, W., ve Baugh, D. (2004). Effect of propolis on human fibroblasts from the pulp and periodontal ligament. *Journal of Endodontics*, 30(5), 359–361. <https://doi.org/10.1097/00004770-200405000-00012>

Alster, T. S., ve Lupton, J. R. (2001). Lasers in dermatology. An overview of types and indications. *American Journal of Clinical Dermatology*, 2(5), 291–303. <https://doi.org/10.2165/00128071-200102050-00004>

Ana Carolina Araruna Alves; Rodolfo de Paula Vieira; Ernesto Cesar Pinto Leal-Junior; Solange Almeida dos Santos; Ana Paula Ligeiro; Regiane Albertini et al. (2013): Effect of low-level laser therapy on the expression of inflammatory mediators and on neutrophils and macrophages in acute joint inflammation. In *Arthritis Res Ther* 15 (5), pp. 1–11. DOI: 10.1186/ar4296.

Anjo T, Ebihara A, Takeda A, Takashina M, Sunakawa M, Suda H. Removal of two types of root canal filling material using pulsed Nd:YAG laser irradiation. *PHotomed Laser Surg* 2004;22(6):470-6.

Antonijevic I, Mousa SA, Schafer M, Stein C. Perineurial defect and peripheral opioid analgesia in inflammation. *J Neurosci*, 1995, 15: 165-172.

Aoki, A., Sasaki, K. M., Watanabe, H. [Hisashi], ve Ishikawa, I. [Isao] (2004). Lasers in nonsurgical periodontal therapy. *Periodontology* 2000, 36, 59–97. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0757.2004.03679.x>

Arany, P. R., Cho, A., Hunt, T. D., Sidhu, G., Shin, K., Hahm, E., . . . J Mooney, D. (2014). PHotoactivation of endogenous latent transforming growth factor- β 1 directs dental stem cell differentiation for regeneration. *Science Translational Medicine*, 6(238), 238ra69. <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3008234>

Arisu, H. D., Eliguzeloglu, E., Uctasli, M. B., Omurlu, H., ve Turkoz, E. (2009). Effect of multiple consecutive adhesive coatings on microleakage of class v cavities. *European Journal of Dentistry*, 3(3), 178–184.

Asgary, S. [Saeed], Eghbal, M. J., Parirokh, M. [Masoud], Ghodduzi, J., Kheirieh, S., ve Brink, F. (2009). Comparison of mineral trioxide aggregate's composition with Portland cements and a new endodontic cement. *Journal of Endodontics*, 35(2), 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.10.026>

Asgary, S. [Saeed], Fazlyab, M., Sabbagh, S., ve Eghbal, M. J. (2014). Outcomes of different vital pulp therapy techniques on symptomatic permanent teeth: A case series. *Iranian Endodontic Journal*, 9(4), 295–300.

Asgary, S. [Saeed], Hassanizadeh, R., Torabzadeh, H. [Hassan], ve Eghbal, M. J. (2018). Treatment Outcomes of 4 Vital Pulp Therapies in Mature Molars. *Journal of Endodontics*, 44(4), 529–535. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.12.010>

Asgary, S. [Saeed], Nazarian, H., Khojasteh, A., ve Shokouhinejad, N. (2014). Gene Expression and Cytokine Release during Odontogenic Differentiation of Human Dental Pulp Stem Cells Induced by 2 Endodontic Biomaterials. *Journal of Endodontics*, 40(3), 387–392. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.09.017>

Asl Aminabadi, N., Maljaei, E., Erfanparast, L., Ala Aghbali, A., Hamishehkar, H., ve Najafpour, E. (2013). Simvastatin versus Calcium Hydroxide Direct Pulp Capping of Human Primary Molars: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 7(1), 8–14. <https://doi.org/10.5681/joddd.2013.002>

Asl Aminabadi, N., Satrab, S., Najafpour, E., Samiei, M., Jamali, Z., ve Shirazi, S. (2016). A randomized trial of direct pulp capping in primary molars using MTA compared to 3Mixtatin: A novel pulp capping biomaterial. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 26(4), 281–290. <https://doi.org/10.1111/ipd.12196>

Awawdeh, L., Al-Qudah, A., Hamouri, H., ve Chakra, R. J. (2018). Outcomes of Vital Pulp Therapy Using Mineral Trioxide Aggregate or Biodentine: A Prospective Randomized Clinical Trial. *Journal of Endodontics*, 44(11), 1603–1609. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.08.004>

- Ballal, S., Venkateshbabu, N., Nandini, S., ve Kandaswamy, D. (2008). An In Vitro Study to Assess the Setting and Surface Cracking of Conventional Glass Ionomer Cement when Layered over Partially Set Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of Endodontics*, 34(4), 478–480. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.01.020>
- Baroudi, K., Silikas, N., ve Watts, D. C. (2009). In vitro pulp chamber temperature rise from irradiation and exotherm of flowable composites. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 19(1), 48–54. <https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2007.00899.x>
- Barthel, C. R., Rosenkranz, B., Leuenberg, A., ve Roulet, J.-F. (2000a). Pulp Capping of Carious Exposures: Treatment Outcome after 5 and 10 Years: A Retrospective Study. *Journal of Endodontics*, 26(9), 525–528. <https://doi.org/10.1097/00004770-200009000-00010>
- Barthel, C. R., Rosenkranz, B., Leuenberg, A., ve Roulet, J.-F. (2000b). Pulp Capping of Carious Exposures: Treatment Outcome after 5 and 10 Years: A Retrospective Study. *Journal of Endodontics*, 26(9), 525–528. <https://doi.org/10.1097/00004770-200009000-00010>
- Başeren, N. M., ve Gokalp, S. (2003). Validity of a laser fluorescence system (DIAGNOdent) for detection of occlusal caries in third molars: An in vitro study. *Journal of Oral Rehabilitation*, 30(12), 1190–1194. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2003.01164.x>
- Baume, L. J., ve Holz, J. (1981a). Long term clinical assessment of direct pulp capping. *International Dental Journal*, 31(4), 251–260.
- Baume, L. J., ve Holz, J. (1981b). Long term clinical assessment of direct pulp capping. *International Dental Journal*, 31(4), 251–260.
- Bergenholtz, G., Cox, C. F., Loesche, W. J., ve Syed, S. A. (1982). Bacterial leakage around dental restorations: Its effect on the dental pulp. *Journal of Oral Pathology*, 11(6), 439–450.
- Berkiten, M., Berkiten, R., ve Okar, I. (2000). Comparative evaluation of antibacterial effects of Nd:Yag laser irradiation in root canals and dentinal tubules.

Journal of Endodontics, 26(5), 268–270. <https://doi.org/10.1097/00004770-200005000-00003>

Bisht, D., Gupta, S. C., Misra, V., Mital, V. P., ve Sharma, P. (1994). Effect of low intensity laser radiation on healing of open skin wounds in rats. *The Indian Journal of Medical Research*, 100, 43–46.

Bjørndal, L. (2008). Indirect pulp therapy and stepwise excavation. *Pediatric Dentistry*, 30(3), 225–229.

Bjørndal, L. (2018). Stepwise Excavation. *Monographs in Oral Science*, 27, 68–81. <https://doi.org/10.1159/000487834>

Blanken J, De Moor RJ, Meire M, Verdaasdonk R. Laser Induced Explosive Vapor and Cavitation Resulting in Effective Irrigation of the Root Canal. Part 1: A Visualization Study. *Lasers Surg Med* 2009;41:514-9.

Bogen, G., Kim, J. S., ve Bakland, L. K. (2008). Direct pulp capping with mineral trioxide aggregate: An observational study. *Journal of the American Dental Association* (1939), 139(3), 305-15; quiz 305-15. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2008.0160>

Bohner, M., Gbureck, U., ve Barralet, J. E. (2005). Technological issues for the development of more efficient calcium phosphate bone cements: A critical assessment. *Biomaterials*, 26(33), 6423–6429. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2005.03.049>

Briso, A. L. F., Rahal, V., Mestreneur, S. R., ve Dezan Junior, E. (2006). Biological response of pulps submitted to different capping materials. *Brazilian Oral Research*, 20(3), 219–225. <https://doi.org/10.1590/S1806-83242006000300007>

Burns, T., Wilson, M., ve Pearson, G. J. (1995). Effect of dentine and collagen on the lethal photosensitization of *Streptococcus mutans*. *Caries Research*, 29(3), 192–197. <https://doi.org/10.1159/000262068>

Camilleri, J. [J.] (2008). The biocompatibility of modified experimental Portland cements with potential for use in dentistry. *International Endodontic Journal*, 41(12), 1107–1114. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01483.x>

Camilleri, J. [J.], ve Pitt Ford, T. R. (2006). Mineral trioxide aggregate: A review of the constituents and biological properties of the material. *International Endodontic Journal*, 39(10), 747–754. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01135.x>

Camilleri, J. [Josette] (2013). Investigation of Biodentine as dentine replacement material. *Journal of Dentistry*, 41(7), 600–610. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2013.05.003>

Camilleri, J. [Josette], Montesin, F. E., Brady, K., Sweeney, R., Curtis, R. V., ve Ford, T. R. P. (2005). The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dental Materials*, 21(4), 297–303. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2004.05.010>

Camps, J., Pommel, L., Bukiet, F., ve About, I. (2004). Influence of the powder/liquid ratio on the properties of zinc oxide-eugenol-based root canal sealers. *Dental Materials : Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 20(10), 915–923. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2004.02.002>

Kara, C.; Selamet, H.; Gökmenoğlu, C.; Kara, N. (2018): Low level laser therapy induces increased viability and proliferation in isolated cancer cells. In *Cell Proliferation* 51 (2). DOI: 10.1111/cpr.12417.

Carroll, J. D., Milward, M. R., Cooper, P. R., Hadis, M., ve Palin, W. M. (2014). Developments in low level light therapy (LLLT) for dentistry. *Dental Materials : Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 30(5), 465–475. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2014.02.006>

Carroll, L., ve HumpHreys, T. R. (2006). Laser-tissue interactions. *Clinics in Dermatology*, 24(1), 2–7. <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2005.10.019>

Castillo-Silva, B. E., Alegría-Torres, J. A., Martínez-Castañón, G. A., Medina-Solís, C. E., Zavala-Alonso, N. V., Niño-Martínez, N., . . . Patiño-Marín, N. (2019). Diagnostic accuracy of three placement sites for the cold test in subjects amongst different age groups. *BMC Oral Health*, 19(1), 189. <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0878-2>

Cengiz, E., ve Yilmaz, H. G. (2016). Efficacy of Erbium, Chromium-doped:Yttrium, Scandium, Gallium, and Garnet Laser Irradiation Combined with

Resin-based Tricalcium Silicate and Calcium Hydroxide on Direct Pulp Capping: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Endodontics*, 42(3), 351–355. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.11.015>

Chang, S.-W., Lee, S.-Y. [So-Youn], Kum, K.-Y., ve Kim, E.-C. [Eun-Cheol] (2014). Effects of ProRoot MTA, Bioaggregate, and Micromega MTA on odontoblastic differentiation in human dental pulp cells. *Journal of Endodontics*, 40(1), 113–118. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.09.036>

Chen, L., Jiang, W., Huang, J., He, B.-C., Zuo, G.-W., Zhang, W. [Wenli], . . . Deng, Z.-L. (2010). Insulin-like growth factor 2 (IGF-2) potentiates BMP-9-induced osteogenic differentiation and bone formation. *Journal of Bone and Mineral Research : The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 25(11), 2447–2459. <https://doi.org/10.1002/jbmr.133>

Cho, S.-Y., Seo, D.-G., Lee, S.-J. [Shin-Jae], Lee, J., Lee, S.-J. [Seung-Jong], ve Jung, I.-Y. (2013). Prognostic Factors for Clinical Outcomes According to Time after Direct Pulp Capping. *Journal of Endodontics*, 39(3), 327–331. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.11.034>

Chow, R., Armati, P., Laakso, E.-L., Bjordal, J. M. [Jan M.], ve Baxter, G. D. (2011). Inhibitory effects of laser irradiation on peripheral mammalian nerves and relevance to analgesic effects: A systematic review. *PHotomedicine and Laser Surgery*, 29(6), 365–381. <https://doi.org/10.1089/pHo.2010.2928>

Cohenca, N., Paranjpe, A., ve Berg, J. (2013). Vital pulp therapy. *Dental Clinics of North America*, 57(1), 59–73. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2012.09.004>

Coluzzi, D. J. (2000). An overview of laser wavelengths used in dentistry. *Dental Clinics of North America*, 44(4), 753–765.

Cuisinier, F. J., Steuer, P., Senger, B., Voegel, J. C., ve Frank, R. M. (1993). Human amelogenesis: High resolution electron microscopy of nanometer-sized particles. *Cell and Tissue Research*, 273(1), 175–182. <https://doi.org/10.1007/bf00304624>

Çalışkan, M. K., ve Güneri, P. (2017). Prognostic factors in direct pulp capping with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide: 2- to 6-year follow-up.

Clinical Oral Investigations, 21(1), 357–367. <https://doi.org/10.1007/s00784-016-1798-z>

Çalışkan K. (2006). Endodontik Tanı ve Tedaviler: Dentin hastalıklarının pulpaya etkisi ve vital endodontik tedaviler: Nobel Tıp Kitabevleri.

Hibst, R. (1991). Tooth pulp reaction following Er:YAG laser application. In (pp. 127–133). International Society for Optics and Photonics. <https://doi.org/10.1117/12.43999>

Dababneh RH, Khouri AT, Addy M. Dentine hypersensitivity – an enigma? A review of terminology, epidemiology, mechanisms aetiology and management. Br Dent J 1999; 187: 606–611.

Damas, B. A., Wheeler, M. A., Bringas, J. S., ve Hoen, M. M. (2011). Cytotoxicity comparison of mineral trioxide aggregates and EndoSequence bioceramic root repair materials. Journal of Endodontics, 37(3), 372–375. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.11.027>

Dammaschke, T. [Till], Leidinger, J., ve Schäfer, E. [Edgar] (2010). Long-term evaluation of direct pulp capping—treatment outcomes over an average period of 6.1 years. Clinical Oral Investigations, 14(5), 559–567. <https://doi.org/10.1007/s00784-009-0326-9>

Danesh, G., Dammaschke, T. [T.], Gerth, H. U. V., Zandbiglari, T., ve Schäfer, E. [E.] (2006). A comparative study of selected properties of ProRoot mineral trioxide aggregate and two Portland cements. International Endodontic Journal, 39(3), 213–219. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01076.x>

Dang, J., Wilder-Smith, P., ve Peavy, G. M. (1998). Clinical preconditions and treatment modality: Effects on pulp surgery outcome. Lasers in Surgery and Medicine, 22(1), 25–29. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1096-9101\(1998\)22:1<25::aid-lsm7>3.0.co;2-z](https://doi.org/10.1002/(sici)1096-9101(1998)22:1<25::aid-lsm7>3.0.co;2-z)

Deutsch, D. (1989). Structure and function of enamel gene products. The Anatomical Record, 224(2), 189–210. <https://doi.org/10.1002/ar.1092240209>

Dimmeler, S., Aicher, A., Vasa, M., Mildner-Rihm, C., Adler, K., Tiemann, M., . . . Zeiher, A. M. (2001). Hmg-CoA reductase inhibitors (statins)

increase endothelial progenitor cells via the PI 3-kinase/Akt pathway. *The Journal of Clinical Investigation*, 108(3), 391–397. <https://doi.org/10.1172/JCI13152>

Direct Pulp Capping With Mineral Trioxide Aggregate: An Observational Study (2008). *The Journal of the American Dental Association*, 139(3), 305–315. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2008.0160>

DiVito E, Peters OA, Olivi G. Effectiveness of the Erbium:Yag Laser and New Design Radial and Stripped Tips in Removing the Smear Layer after Root Canal Instrumentation. *Lasers Med Sci* 2012;27:273-80.

Domisch H, Peus K, Kneist S, Krause F, Braun A, Hedderich J, Jepsen S, Eberhard J. Fluorescencecontrolled Er:YAG laser for caries removal in permanent teeth: a randomized clinical trial. *Eur J Oral Sci* 2008;116 (2):170-6.

Dummett OC, K. M. (2002). *Endodontics: Pediatric Endodontics (5th)*. Hamilton: BC Decker Inc.

Dumsha, T., ve Hovland, E. (1985). Considerations and treatment of direct and indirect pulp-capping. *Dental Clinics of North America*, 29(2), 251–259.

Eid, A. A., Komabayashi, T., Watanabe, E., Shiraishi, T., ve Watanabe, I. (2012). Characterization of the mineral trioxide aggregate-resin modified glass ionomer cement interface in different setting conditions. *Journal of Endodontics*, 38(8), 1126–1129. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.04.013>

Ergenekon G, A. B. (2001). Son gelişmeler ışığı altında dermatolojide lazer. *TURKDERM*.

Euser, A. M., Zoccali, C., Jager, K. J., ve Dekker, F. W. (2009). Cohort studies: Prospective versus retrospective. *Nephron. Clinical Practice*, 113(3), c214-7. <https://doi.org/10.1159/000235241>

Evans D, Reid J, Strang R, Stirrups D. A comparison of laser Doppler flowmetry with other methods of assessing the vitality of traumatised anterior teeth. *Endod Dent Traumatol* 1999;15(6):284-90.

- Fallahinejad Ghajari, M., Asgharian Jeddi, T., Iri, S., ve Asgary, S. [Saeed] (2010). Direct pulp-capping with calcium enriched mixture in primary molar teeth: A randomized clinical trial. *Iranian Endodontic Journal*, 5(1), 27–30.
- Farsi, N., Alamoudi, N., Balto, K., ve Al Mushayt, A. (2006). Clinical assessment of mineral trioxide aggregate (MTA) as direct pulp capping in young permanent teeth. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 31(2), 72–76.
- Fava LRG, S. W. P. (1999). Calcium hydroxide pastes: Classification and clinical indications. *International Endodontic Journal*.
- Feilzer, A. J., Gee, A. J. de, ve Davidson, C. L. (1987). Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *Journal of Dental Research*, 66(11), 1636–1639. <https://doi.org/10.1177/00220345870660110601>
- Fogel HM, Pashley DH. Dentin permeability: effects of endodontic procedures on root slabs. *J Endod* 1990;16(9):442-5.
- Folwaczny, M. [Matthias], Mehl, A., Jordan, C., ve Hickel, R. [Reinhard] (2002). Antibacterial Effects of Pulsed Nd:YAG Laser Radiation at Different Energy Settings in Root Canals. *Journal of Endodontics*, 28(1), 24–29. <https://doi.org/10.1097/00004770-200201000-00006>
- Foreman, P. C., ve Barnes, I. E. (1990). Review of calcium hydroxide. *International Endodontic Journal*, 23(6), 283–297. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1990.tb00108.x>
- Fox, J. L., Yu, D. [D.], Otsuka, M., Higuchi, W. I., Wong, J., ve Powell, G. (1992). Combined effects of laser irradiation and chemical inhibitors on the dissolution of dental enamel. *Caries Research*, 26(5), 333–339. <https://doi.org/10.1159/000261464>
- Frencken, J. E., Peters, M. C., Manton, D. J., Leal, S. C., Gordan, V. V., ve Eden, E. (2012). Minimal intervention dentistry for managing dental caries - a review: Report of a FDI task group. *International Dental Journal*, 62(5), 223–243. <https://doi.org/10.1111/idj.12007>
- Frentzen, M., ve Koort, H. J. (1990). Lasers in dentistry: New possibilities with advancing laser technology? *International Dental Journal*, 40(6), 323–332.

Fridland, M., ve Rosado, R. (2003). Mineral Trioxide Aggregate (MTA) Solubility and Porosity with Different Water-to-Powder Ratios. *Journal of Endodontics*, 29(12), 814–817. <https://doi.org/10.1097/00004770-200312000-00007>

Fried, D., Glana, R. E., Featherstone, J. D., ve Seka, W. (1997). Permanent and transient changes in the reflectance of CO₂ laser-irradiated dental hard tissues at $\lambda = 9.3, 9.6, 10.3,$ and 10.6 microns and at fluences of 1-20 J/cm². *Lasers in Surgery and Medicine*, 20(1), 22–31. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1096-9101\(1997\)20:1<22::aid-lsm4>3.0.co;2-0](https://doi.org/10.1002/(sici)1096-9101(1997)20:1<22::aid-lsm4>3.0.co;2-0)

Fuks, A. B. (2008). Vital pulp therapy with new materials for primary teeth: New directions and Treatment perspectives. *Pediatric Dentistry*, 30(3), 211–219.

Gal, D., Chokshi, S. K., Mosseri, M., Clarke, R. H., ve Isner, J. M. (1992). Percutaneous delivery of low-level laser energy reverses histamine-induced spasm in atherosclerotic Yucatan microswine. *Circulation*, 85(2), 756–768. <https://doi.org/10.1161/01.cir.85.2.756>

Galani, M., Tewari, S., Sangwan, P., Mittal, S., Kumar, V., ve Duhan, J. (2017). Comparative Evaluation of Postoperative Pain and Success Rate after Pulpotomy and Root Canal Treatment in Cariously Exposed Mature Permanent Molars: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Endodontics*, 43(12), 1953–1962. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.08.007>

Gancedo-Caravia, L., ve Garcia-Barbero, E. (2006). Influence of Humidity and Setting Time on the Push-Out Strength of Mineral Trioxide Aggregate Obturations. *Journal of Endodontics*, 32(9), 894–896. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.03.004>

Gandolfi, M. G., Siboni, F., ve Prati, C. (2012). Chemical-pHysical properties of TheraCal, a novel light-curable MTA-like material for pulp capping. *International Endodontic Journal*, 45(6), 571–579. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02013.x>

Garrocho-Rangel, A., Flores, H., Silva-Herzog, D., Hernandez-Sierra, F., Mandeville, P., ve Pozos-Guillen, A. J. (2009). Efficacy of EMD versus calcium hydroxide in direct pulp capping of primary molars: A randomized controlled

clinical trial. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 107(5), 733–738. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2008.12.017>

Ghoddusi, J., Forghani, M., ve Parisay, I. (2014). New approaches in vital pulp therapy in permanent teeth. *Iranian Endodontic Journal*, 9(1), 15–22.

Goldberg, M., ve Smith, A. J. (2004). Cells And Extracellular Matrices Of Dentin And Pulp: A Biological Basis For Repair And Tissue Engineering. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine : An Official Publication of the American Association of Oral Biologists*, 15(1), 13–27.

Goldberg M, Pradelle-Plasse N, Tran XV, Colon P. (2009). Emerging trends in Biomaterials: VI-2-1 pHydro-chemical properties. Oxfordshire: Coxmoor Publishing Company.

Götz, W., Kunert, D., Zhang, D., Kawarizadeh, A., Lossdörfer, S., ve Jäger, A. (2006). Insulin-like growth factor system components in the periodontium during tooth root resorption and early repair processes in the rat. *European Journal of Oral Sciences*, 114(4), 318–327. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2006.00381.x>

Graham, L., Cooper, P. R., Cassidy, N., Nor, J. E., Sloan, A. J., ve Smith, A. J. (2006). The effect of calcium hydroxide on solubilisation of bio-active dentine matrix components. *Biomaterials*, 27(14), 2865–2873. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2005.12.020>

Grech, L., Mallia, B., ve Camilleri, J. [J.] (2013). Characterization of set Intermediate Restorative Material, Biodentine, Bioaggregate and a prototype calcium silicate cement for use as root-end filling materials. *International Endodontic Journal*, 46(7), 632–641. <https://doi.org/10.1111/iej.12039>

Greguss, P. (1984). Low-level laser therapy — reality or myth? *Optics ve Laser Technology*, 16(2), 81–85. [https://doi.org/10.1016/0030-3992\(84\)90059-8](https://doi.org/10.1016/0030-3992(84)90059-8)

Groot SD, Verhaagen B, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR, van der Sluis LW. Laser-Activated Irrigation within Root Canals: Cleaning Efficacy and Flow Visualization. *Int Endod J* 2009;42:1077-83.

Gudkina, J., Mindere, A., Locane, G., ve Brinkmane, A. (2012). Review of the success of pulp exposure treatment of cariously and traumatically exposed pulps in immature permanent incisors and molars. *Stomatologija*, 14(3), 71–80.

Haghgoo, R., Asgary, S. [Saeed], Mashhadi Abbas, F., ve Montazeri Hedeshi, R. (2015). Nano-Hydroxyapatite and Calcium-Enriched Mixture for Pulp Capping of Sound Primary Teeth: A Randomized Clinical Trial. *Iranian Endodontic Journal*, 10(2), 107–111.

Hall, G., Anneroth, G., Schennings, T., Zetterqvist, L., ve Rydén, H. (1994). Effect of low level energy laser irradiation on wound healing. An experimental study in rats. *Swedish Dental Journal*, 18(1-2), 29–34.

Hansen, S. W., Marshall, J. G., ve Sedgley, C. M. (2011). Comparison of intracanal EndoSequence Root Repair Material and ProRoot MTA to induce pH changes in simulated root resorption defects over 4 weeks in matched pairs of human teeth. *Journal of Endodontics*, 37(4), 502–506. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.01.010>

Hashem, D., Mannocci, F., Patel, S., Manoharan, A., Watson, T. F., ve Banerjee, A. (2019). Evaluation of the efficacy of calcium silicate vs. glass ionomer cement indirect pulp capping and restoration assessment criteria: a randomised controlled clinical trial—2-year results. *Clinical Oral Investigations*, 23(4), 1931–1939. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2638-0>

Haskell, E. W., Stanley, H. R., Chellemi, J., ve Stringfellow, H. (1978). Direct pulp capping treatment: A long-term follow-up. *Journal of the American Dental Association* (1939), 97(4), 607–612. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1978.0356>

He, Z., Shimada, Y., ve Tagami, J. (2007). The effects of cavity size and incremental technique on micro-tensile bond strength of resin composite in Class I cavities. *Dental Materials*, 23(5), 533–538. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.03.012>

Hebling, J., Lessa, F. C. R., Nogueira, I., Carvalho, R. M., ve Costa, C. A. S. (2009). Cytotoxicity of resin-based light-cured liners. *American Journal of Dentistry*, 22(3), 137–142.

Heidari M, Fekrazad R, Sobouti F, et al. Evaluating the effect of pHotobiomodulation with a 940-nm diode laser on post-operative pain in periodontal flap surgery. *Lasers Med Sci* 2018;33:1639–1645.

Hemavathi, Nagarathna, J., Srinath, S. K., ve Hiremath, M. C. (2018). Clinical and radiographHic evaluation of the efficacy of sodium hypochlorite as a haemostatic agent compared with pPhysiologic saline on the success of calcium hydroxide pulpotomies in primary molars: an in vivo study. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 19(6), 423–430. <https://doi.org/10.1007/s40368-018-0377-1>

Hibst R, G. R. (1998). Development of a diode laserbased fluorescence caries dedector. *Caries Research*.

Hickey, D., Sharif, O., Janjua, F., ve Brunton, P. A. (2016). Bulk dentine replacement versus incrementally placed resin composite: A randomised controlled clinical trial. *Journal of Dentistry*, 46, 18–22. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.01.011>

Hilton, T. J., Ferracane, J. L., ve Mancl, L. (2013). Comparison of CaOH with MTA for direct pulp capping: A PBRN randomized clinical trial. *Journal of Dental Research*, 92(7 Suppl), 16S-22S. <https://doi.org/10.1177/0022034513484336>

Hilton, T. J. (2009). Keys to clinical success with pulp capping: A review of the literature. *Operative Dentistry*, 34(5), 615–625. <https://doi.org/10.2341/09-132-0>

Hirschman, W. R., Wheeler, M. A., Bringas, J. S., ve Hoen, M. M. (2012). Cytotoxicity comparison of three current direct pulp-capping agents with a new bioceramic root repair putty. *Journal of Endodontics*, 38(3), 385–388. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.11.012>

Horsted, P., Sandergaard, B., Thylstrup, A., El Attar, K., ve Fejerskov, O. (1985). A retrospective study of direct pulp capping with calcium hydroxide compounds.

Endodontics ve Dental Traumatology, 1(1), 29–34. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1985.tb00555.x>

Hume, W. R. (1984). An analysis of the release and the diffusion through dentin of eugenol from zinc oxide-eugenol mixtures. *Brazilian Oral Research*, 63(6), 881–884. <https://doi.org/10.1177/00220345840630061301>

Hume, W. R. (1986). The pHarmacologic and toxicological properties of zinc oxide-eugenol. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 113(5), 789–791. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1986.0256>

Hussey, D. L., Biagioni, P. A., ve Lamey, P. J. (1995). Thermographic measurement of temperature change during resin composite polymerization in vivo. *Journal of Dentistry*, 23(5), 267–271. [https://doi.org/10.1016/0300-5712\(95\)91149-h](https://doi.org/10.1016/0300-5712(95)91149-h)

Huth, K. C., Paschos, E., Hajek-Al-Khatat, N., Hollweck, R., Crispin, A., Hickel, R. [R.], ve Folwaczny, M. [M.] (2005). Effectiveness of 4 pulpotomy techniques—randomized controlled trial. *Journal of Dental Research*, 84(12), 1144–1148. <https://doi.org/10.1177/154405910508401210>

Inamoto K, Horiba N, Senda S, Naitoh M, Arijji E, Senda A, et al. Possibility of root canal preparation by Er:YAG laser. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 107(1): e47-55

Ito, S., Tay, F. R., Hashimoto, M., Yoshiyama, M., Saito, T., Brackett, W. W., . . . Pashley, D. H. (2005). Effects of multiple coatings of two all-in-one adhesives on dentin bonding. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 7(2), 133–141.

Iwamoto, C. E., Adachi, E., Pameijer, C. H., Barnes, D., Romberg, E. E., ve Jefferies, S. (2006). Clinical and histological evaluation of white ProRoot MTA in direct pulp capping. *American Journal of Dentistry*, 19(2), 85–90.

Jang, Y., Song, M., Yoo, I.-S., Song, Y., Roh, B.-D., ve Kim, E. [Euisseong] (2015). A Randomized Controlled Study of the Use of ProRoot Mineral Trioxide Aggregate and Endocem as Direct Pulp Capping Materials: 3-month versus 1-year Outcomes. *Journal of Endodontics*, 41(8), 1201–1206. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.03.015>

Javed, F., Kellesarian, S. V., Abduljabbar, T., Gholamiazizi, E., Feng, C., Aldosary, K., . . . Romanos, G. E. (2017a). Role of laser irradiation in direct pulp capping procedures: A systematic review and meta-analysis. *Lasers in Medical Science*, 32(2), 439–448. <https://doi.org/10.1007/s10103-016-2077-6>

Javed, F., Kellesarian, S. V., Abduljabbar, T., Gholamiazizi, E., Feng, C., Aldosary, K., . . . Romanos, G. E. (2017b). Role of laser irradiation in direct pulp capping procedures: a systematic review and meta-analysis. *Lasers in Medical Science*, 32(2), 439–448. <https://doi.org/10.1007/s10103-016-2077-6>

Jayawardena, J. A., Kato, J., Moriya, K., ve Takagi, Y. (2001). Pulpal response to exposure with Er:YAG laser. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 91(2), 222–229. <https://doi.org/10.1067/moe.2001.111943>

Jorge Perdigão Saulo Geraldélm.S., James S.Hodges. (2003). Total-etch versus self-etch adhesive: Effect on postoperative sensitivity. *The Journal of the American Dental Association*, 134(12), 1621–1629. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2003.0109>

Kambalimath, D. H., Dolas, R. S., Kambalimath, H. V., ve Agrawal, S. M. (2013). Efficacy of 4 % Articaine and 2 % Lidocaine: A clinical study. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery*, 12(1), 3–10. <https://doi.org/10.1007/s12663-012-0368-4>

Kantorowitz, Z., Featherstone, J. D., & Fried, D. (1998). Caries prevention by CO2 laser treatment: Dependency on the number of pulses used. *Journal of the American Dental Association* (1939), 129(5), 585–591. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1998.0276>

Karu, T. (1989). Laser biostimulation: A photobiological phenomenon. *Journal of Photochemistry and Photobiology. B, Biology*, 3(4), 638–640. [https://doi.org/10.1016/1011-1344\(89\)80088-0](https://doi.org/10.1016/1011-1344(89)80088-0)

Khullar, S. M., Brodin, P., Barkvoll, P., ve Haanaes, H. R. (1996). Preliminary study of low-level laser for treatment of long-standing sensory aberrations in the inferior alveolar nerve. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery : Official Journal*

of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, 54(1), 2-7; discussion 7-8. [https://doi.org/10.1016/s0278-2391\(96\)90290-6](https://doi.org/10.1016/s0278-2391(96)90290-6)

Kim, J.-G. [Jong-Gil], Son, K. M., Park, H. C., Zhu, T., Kwon, J. H., ve Yang, H.-C. (2013). Stimulating effects of quercetin and pHenamil on differentiation of human dental pulp cells. *European Journal of Oral Sciences*, 121(6), 559–565. <https://doi.org/10.1111/eos.12086>

Komabayashi, T., Zhu, Q., Eberhart, R., ve Imai, Y. (2016). Current status of direct pulp-capping materials for permanent teeth. *Dental Materials Journal*, 35(1), 1–12. <https://doi.org/10.4012/dmj.2015-013>

Koubi, G., Colon, P., Franquin, J.-C., Hartmann, A., Richard, G., Faure, M.-O., ve Lambert, G. (2013). Clinical evaluation of the performance and safety of a new dentine substitute, Biodentine, in the restoration of posterior teeth - a prospective study. *Clinical Oral Investigations*, 17(1), 243–249. <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0701-9>

Krause F, Braun A, Lotz G, Kneist S, Jepsen S, Eberhard J. Evaluation of selective caries removal in deciduous teeth by a fluorescence feedbackcontrolled Er:YAG laser in vivo. *Clin Oral Investig* 2008;12 (3):209-15.

Kuhn KJ (1998). *Laser Engineering*. New Jersey: Prentice Hall.

Kundzina, R., Stangvaltaite, L., Eriksen, H. M., ve Kerosuo, E. (2017). Capping carious exposures in adults: A randomized controlled trial investigating mineral trioxide aggregate versus calcium hydroxide. *International Endodontic Journal*, 50(10), 924–932. <https://doi.org/10.1111/iej.12719>

Kuru B, Y. S. (2005). *Lazer ve periodontoloji*. TDBD.

Küçükyılmaz, E., Botsalı, M. S., Sarı, T., Savaş, S., ve Özkan, B. (2015). Kalsiyum Silika İçerikli Pulpa Kaplama Materyalinin Işık Kaynağının Üç Farklı Modu İle Polimerizasyonu Esnasında Oluşan Isı Artışının İncelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 24(2). <https://doi.org/10.17567/dfd.38507>

Laakso E, Richardson C, Cramond T. Pain scores and side effects in response to low level laser therapy for myofascial trigger points. *Laser Ther*, 1967, 9.

Laakso EL, Cramond T, Richardson C, Galligan JP. Plasma ACTH and β -endorphin levels in response to low level laser therapy (LLLT) for myofascial trigger points. *Laser Therapy*, 1994, 6: 133-141.

Lasers in periodontics (2002). *Journal of Periodontology*, 73(10), 1231–1239. <https://doi.org/10.1902/jop.2002.73.10.1231>

Law, A. S., Nixdorf, D. R., Aguirre, A. M., Reams, G. J., Tortomasi, A. J., Manne, B. D., ve Harris, D. R. (2015). Predicting severe pain after root canal therapy in the National Dental PBRN. *Journal of Dental Research*, 94(3 Suppl), 37S-43S. <https://doi.org/10.1177/0022034514555144>

Lee, M. T., Bird, P. S., ve Walsh, L. J. (2004). PHoto-activated disinfection of the root canal: A new role for lasers in endodontics. *Australian Endodontic Journal : The Journal of the Australian Society of Endodontology Inc*, 30(3), 93–98.

Lee, S.-Y. [So-Youn], Min, K.-S., Choi, G.-W., Park, J.-H. [Jae-Hong], Park, S.-H., Lee, S.-I. [Sang-Im], ve Kim, E.-C. [Eun-Cheol] (2012). Effects of simvastatin and enamel matrix derivative on Portland cement with bismuth oxide-induced growth and odontoblastic differentiation in human dental pulp cells. *Journal of Endodontics*, 38(3), 405–410. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.12.025>

Ma, J., Shen, Y., Stojicic, S., ve Haapasalo, M. (2011). Biocompatibility of two novel root repair materials. *Journal of Endodontics*, 37(6), 793–798. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.02.029>

Maddux, W. F., Abebe, W., Schuster, G. S., ve Mozaffari, M. S. (2002). Effects of dental resin components on vascular reactivity. *Journal of Biomedical Materials Research*, 61(4), 572–580. <https://doi.org/10.1002/jbm.10237>

Malamed SF (2013). *Handbook of local anesthesia: Techniques of maxillary anesthesia* (6th). St. Louis: Elsevier.

Mandeep Kaur, H. S. (2014). Biodentine: A Promising Dentin substitute. *JBR Journal of Interdisciplinary Medicine and Dental Science*, 02(05). <https://doi.org/10.4172/2376-032X.1000140>

Marques, M. S., Wesselink, P. R., ve Shemesh, H. (2015). Outcome of Direct Pulp Capping with Mineral Trioxide Aggregate: A Prospective Study. *Journal of Endodontics*, 41(7), 1026–1031. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.02.024>

Matsumoto, K. (1985). Study on the treatment of Hypersensitive dentine GaAlAs laser diode. *Jpn J Conserv Dent*, 28, 766–771.

Matsuo, T., Nakanishi, T., Shimizu, H., ve Ebisu, S. (1996). A clinical study of direct pulp capping applied to carious-exposed pulps. *Journal of Endodontics*, 22(10), 551–556. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(96\)80017-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(96)80017-3)

Melcer, J., Chaumette, M. T., ve Melcer, F. (1987). Dental pulp exposed to the CO₂ laser beam. *Lasers in Surgery and Medicine*, 7(4), 347–352. <https://doi.org/10.1002/lsm.1900070409>

Mente, J., Geletneky, B., Ohle, M., Koch, M. J., Friedrich Ding, P. G., Wolff, D., . . . Pfefferle, T. (2010a). Mineral Trioxide Aggregate or Calcium Hydroxide Direct Pulp Capping: An Analysis of the Clinical Treatment Outcome. *Journal of Endodontics*, 36(5), 806–813. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.02.024>

Mente, J., Geletneky, B., Ohle, M., Koch, M. J., Friedrich Ding, P. G., Wolff, D., . . . Pfefferle, T. (2010b). Mineral Trioxide Aggregate or Calcium Hydroxide Direct Pulp Capping: An Analysis of the Clinical Treatment Outcome. *Journal of Endodontics*, 36(5), 806–813. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.02.024>

Mente, J., Geletneky, B., Ohle, M., Koch, M. J., Friedrich Ding, P. G., Wolff, D., . . . Pfefferle, T. (2010c). Mineral Trioxide Aggregate or Calcium Hydroxide Direct Pulp Capping: An Analysis of the Clinical Treatment Outcome. *Journal of Endodontics*, 36(5), 806–813. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.02.024>

Mente, J., Hufnagel, S., Leo, M., Michel, A., Gehrig, H., Panagidis, D., . . . Pfefferle, T. (2014a). Treatment Outcome of Mineral Trioxide Aggregate or Calcium Hydroxide Direct Pulp Capping: Long-term Results. *Journal of Endodontics*, 40(11), 1746–1751. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.07.019>

Mente, J., Hufnagel, S., Leo, M., Michel, A., Gehrig, H., Panagidis, D., . . . Pfefferle, T. (2014b). Treatment Outcome of Mineral Trioxide Aggregate or Calcium Hydroxide Direct Pulp Capping: Long-term Results. *Journal of Endodontics*, 40(11), 1746–1751. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.07.019>

Mester, A. F., Snow, J. B., ve Shaman, P. (1991). PHotochemical effects of laser irradiation on neuritic outgrowth of olfactory neuroepithelial explants. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery : Official Journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 105(3), 449–456. <https://doi.org/10.1177/019459989110500317>

Mester, E.; Spiry, T.; Szende, B.; Tota, Jolan G. (1971): Effect of laser rays on wound healing. In *The American Journal of Surgery* 122 (4), pp. 532–535. DOI: 10.1016/0002-9610(71)90482-X.

Migliorati C, Hewson I, Lalla RV, et al. Systematic review of laser and other light therapy for the management of oral mucositis in cancer patients. *Support Care Cancer* 2013;21: 333–341.

Miles, J. P., Gluskin, A. H., Chambers, D., ve Peters, O. A. (2010a). Pulp capping with mineral trioxide aggregate (MTA): A retrospective analysis of carious pulp exposures treated by undergraduate dental students. *Operative Dentistry*, 35(1), 20–28. <https://doi.org/10.2341/09-038CR1>

Miles, J. P., Gluskin, A. H., Chambers, D., ve Peters, O. A. (2010b). Pulp capping with mineral trioxide aggregate (MTA): A retrospective analysis of carious pulp exposures treated by undergraduate dental students. *Operative Dentistry*, 35(1), 20–28. <https://doi.org/10.2341/09-038CR1>

Miserendino LJ. The laser apicoectomy: endodontic application of the CO2 laser for periapical surgery. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 1988, 66: 615–619.

Mjör, I. A. (1988). Endodontic materials: Reactor response. *Advances in Dental Research*, 2(1), 25–28. <https://doi.org/10.1177/08959374880020011401>

Mohammadi Z. Laser applications in endodontics: an update review. *Int Dent J* 2009; 59: 35-46.

- Mok, Y. C., Pang, K. M., Au, C. Y., ve Yew, D. T. (1988). Preliminary observations on the effects in vivo and in vitro of low dose laser on the epithelia of the bladder, trachea and tongue of the mouse. *Scanning Microscopy*, 2(1), 493–502.
- Moosavi, Horieh; Maleknejad, Fatemeh; Sharifi, Mahsa; Ahrari, Farzaneh (2015): A randomized clinical trial of the effect of low-level laser therapy before composite placement on postoperative sensitivity in class V restorations. In *Lasers in Medical Science* 30 (4), pp. 1245–1249. DOI: 10.1007/s10103-014-1565-9.
- Moritz, A. [A.], Schoop, U. [U.], Goharkhay, K. [K.], ve Sperr, W. [W.] (1998). Advantages of a pulsed CO₂ laser in direct pulp capping: A long-term in vivo study. *Lasers in Surgery and Medicine*, 22(5), 288–293. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1096-9101\(1998\)22:5<288::aid-lsm5>3.0.co;2-1](https://doi.org/10.1002/(sici)1096-9101(1998)22:5<288::aid-lsm5>3.0.co;2-1)
- Moritz, A. [Andreas], Schoop, U. [Ulrich], Goharkhay, K. [Kawe], ve Sperr, W. [Wolfgang] (1998). The CO₂ laser as an aid in direct pulp capping. *Journal of Endodontics*, 24(4), 248–251. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(98\)80106-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(98)80106-4)
- Nair, P. N. R., Duncan, H. F., Ford, T. R. P., ve Luder, H. U. (2008). Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide aggregate: A randomized controlled trial. *International Endodontic Journal*, 41(2), 128–150. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01329.x>
- Nakamura, Y., Hammarström, L., Lundberg, E., Ekdahl, H., Matsumoto, K., Gestrelus, S., ve Lyngstadaas, S. P. (2001). Enamel matrix derivative promotes reparative processes in the dental pulp. *Advances in Dental Research*, 15, 105–107. <https://doi.org/10.1177/08959374010150010201>
- Nandini, S., Ballal, S., ve Kandaswamy, D. (2007). Influence of glass-ionomer cement on the interface and setting reaction of mineral trioxide aggregate when used as a furcal repair material using laser Raman spectroscopic analysis. *Journal of Endodontics*, 33(2), 167–172. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.10.010>
- Neiburger, E. J. (1995). The effect of low-power lasers on intraoral wound healing. *The New York State Dental Journal*, 61(3), 40–43.

- Noble, P. B., Shields, E. D., Blecher, P. D., ve Bentley, K. C. (1992). Locomotory characteristics of fibroblasts within a three-dimensional collagen lattice: Modulation by a helium/neon soft laser. *Lasers in Surgery and Medicine*, 12(6), 669–674. <https://doi.org/10.1002/lsm.1900120617>
- Nowicka, A., Lipski, M., Parafiniuk, M., Sporniak-Tutak, K., Lichota, D., Kosierkiewicz, A., . . . Buczkowska-Radlińska, J. (2013). Response of human dental pulp capped with biodentine and mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics*, 39(6), 743–747. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.01.005>
- N. X. West; A. Lussi; J. Seong; E. Hellwig (2013): Dentin hypersensitivity: pain mechanisms and aetiology of exposed cervical dentin. In *Clin Oral Invest* 17 (1), pp. 9–19. DOI: 10.1007/s00784-012-0887-x.
- Oberoi, S., Zamperlini-Netto, G., Beyene, J., Treister, N. S., ve Sung, L. (2014). Effect of propHylactic low level laser therapy on oral mucositis: A systematic review and meta-analysis. *PloS One*, 9(9), e107418. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107418>
- Okamoto, Y., Sonoyama, W., Ono, M., Akiyama, K., Fujisawa, T., Oshima, M., . . . Kuboki, T. (2009). Simvastatin induces the odontogenic differentiation of human dental pulp stem cells in vitro and in vivo. *Journal of Endodontics*, 35(3), 367–372. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.11.024>
- Olivi, G., Genovese, M. D., Maturo, P., ve Docimo, R. (2007). Pulp capping: Advantages of using laser technology. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 8(2), 89–95.
- Olsson, H., Davies, J. R., Holst, K. E., Schröder, U., ve Petersson, K. (2005). Dental pulp capping: Effect of Emdogain Gel on experimentally exposed human pulps. *International Endodontic Journal*, 38(3), 186–194. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2004.00932.x>
- Parirokh, M. [Masoud], Yosefi, M. H., Nakhaee, N., Manocherifar, H., Abbott, P. V., ve Reza Forghani, F. (2012). Effect of Bupivacaine on Postoperative Pain for Inferior Alveolar Nerve Block Anesthesia after Single-visit Root Canal

Treatment in Teeth with Irreversible Pulpitis. *Journal of Endodontics*, 38(8), 1035–1039. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.04.012>

Park, J.-W. [Jeong-Won], Hong, S.-H., Kim, J.-H. [Jong-Hyun], Lee, S.-J. [Seung-Jong], ve Shin, S.-J. (2010). X-Ray diffraction analysis of white ProRoot MTA and Diadent BioAggregate. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 109(1), 155–158. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.08.039>

Park DS, Lee HJ, Yoo HM, Oh TS. Effect of Nd:YAG laser irradiation on the apical leakage of obturated root canals: an electrochemical study. *Int Endod J* 2001;34(4):318-21.

Parker, S. (2007). Verifiable CPD paper: Introduction, history of lasers and laser light production. *British Dental Journal*, 202(1), 21–31. <https://doi.org/10.1038/bdj.2006.113>

Parolia, A., Kundabala, M., Rao, N. N., Acharya, S. R., Agrawal, P., Mohan, M., ve Thomas, M. (2010). A comparative histological analysis of human pulp following direct pulp capping with Propolis, mineral trioxide aggregate and Dycal. *Australian Dental Journal*, 55(1), 59–64. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2009.01179.x>

Passarella S, Casamassima E, Molinari S, Pastore D, Quagliariello E, Catalano IM, Cingolani A. Increase of proton electrochemical potential and ATP synthesis in rat liver mitochondria irradiated in vitro by helium-neon laser. *FEBS Lett*, 1984, 175: 95- 99.

Paula, Anabela B.; Laranjo, Mafalda; Marto, Carlos-Miguel; Paulo, Siri; Abrantes, Ana M.; Casalta-Lopes, João et al. (2018): Direct Pulp Capping: What is the Most Effective Therapy?-Systematic Review and Meta-Analysis. In *The journal of evidence-based dental practice* 18 (4), pp. 298–314. DOI: 10.1016/j.jebdp.2018.02.002.

Pérez, A. L., Spears, R., Gutmann, J. L., ve Opperman, L. A. (2003). Osteoblasts and MG-63 osteosarcoma cells behave differently when in contact with ProRoot

MTA and White MTA. *International Endodontic Journal*, 36(8), 564–570. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00691.x>

Poggio, C., Arciola, C. R., Beltrami, R., Monaco, A., Dagna, A., Lombardini, M., ve Visai, L. (2014). Cytocompatibility and antibacterial properties of capping materials. *TheScientificWorldJournal*, 2014, 181945. <https://doi.org/10.1155/2014/181945>

Polycarpou, N., Ng, Y.-L., Canavan, D., Moles, D. R., ve Gulabivala, K. (2005). Prevalence of persistent pain after endodontic treatment and factors affecting its occurrence in cases with complete radiographic healing. *International Endodontic Journal*, 38(3), 169–178. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2004.00923.x>

Posten, W., Wrono, D. A., Dover, J. S., Arndt, K. A., Silapunt, S., ve Alam, M. (2005). Low-level laser therapy for wound healing: Mechanism and efficacy. *Dermatologic Surgery : Official Publication for American Society for Dermatologic Surgery* [Ve ark.], 31(3), 334–340. <https://doi.org/10.1111/j.1524-4725.2005.31086>

Rada, R. E. (2013). New options for restoring a deep carious lesion. *Dentistry Today*, 32(3), 102, 104-5.

Rajasekharan, S., Martens, L. C., Cauwels, R. G. E. C., ve Verbeeck, R. M. H. (2014). Biodentine™ material characteristics and clinical applications: A review of the literature. *European Archives of Paediatric Dentistry : Official Journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*, 15(3), 147–158. <https://doi.org/10.1007/s40368-014-0114-3>

Reeves, R., ve Stanley, H. R. (1966). The relationship of bacterial penetration and pulpal pathosis in carious teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 22(1), 59–65. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(66\)90143-5](https://doi.org/10.1016/0030-4220(66)90143-5)

Renton-Harper, P., & Midda, M. (1992). Nd:Yag laser treatment of dentinal hypersensitivity. *British Dental Journal*, 172(1), 13–16. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4807731>

Revill, S. I., Robinson, J. O., Rosen, M., ve Hogg, M. I. (1976). The reliability of a linear analogue for evaluating pain. *Anaesthesia*, 31(9), 1191–1198. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.1976.tb11971.x>

Ricketts, D. (2001). Management of the deep carious lesion and the vital pulp dentine complex. *British Dental Journal*, 191(11), 606–610. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4801246>

Rochkind, S., Nissan, M., Barr-Nea, L., Razon, N., Schwartz, M., & Bartal, A. (1987). Response of peripheral nerve to He-Ne laser: Experimental studies. *Lasers in Surgery and Medicine*, 7(5), 441–443. <https://doi.org/10.1002/lsm.1900070512>

Roebuck EM, Evans DJ, Stirrups D, Strang R. The effect of wavelength, bandwidth, and probe design and position on assessing the vitality of anterior teeth with laser Doppler flowmetry. *Int J Paediatr Dent* 2000;10(3):213- 20.

Rood, P. A., Haas, A. F., Graves, P. J., Wheeland, R. G., ve Isseroff, R. R. (1992). Low-energy helium neon laser irradiation does not alter human keratinocyte differentiation. *The Journal of Investigative Dermatology*, 99(4), 445–448. <https://doi.org/10.1111/1523-1747.ep12616145>

Rothman K. (2016). *Modern Epidemiology*: Lippincott Williams ve Wilkins.

Ruhé, P. Q., Hedberg-Dirk, E. L., Padron, N. T., Spauwen, P. H. M., Jansen, J. A., ve Mikos, A. G. (2006). Porous poly(DL-lactic-co-glycolic acid)/calcium phosphate cement composite for reconstruction of bone defects. *Tissue Engineering*, 12(4), 789–800. <https://doi.org/10.1089/ten.2006.12.789>

Sabbagh, J., Fahd, J. C., ve McConnell, R. J. (2018). Post-operative sensitivity and posterior composite resin restorations: a review. *Dental Update*, 45(3), 207–213. <https://doi.org/10.12968/denu.2018.45.3.207>

Sakoda, K., Yamamoto, M., Negishi, Y., Liao, J. K., Node, K., ve Izumi, Y. (2006). Simvastatin decreases IL-6 and IL-8 production in epithelial cells. *Brazilian Oral Research*, 85(6), 520–523. <https://doi.org/10.1177/154405910608500608>

Salgar, A. R., Singh, S. H., Podar, R. S., Kulkarni, G. P., ve Babel, S. N. (2017). Determining predictability and accuracy of thermal and electrical dental pulp tests:

An in vivo study. *Journal of Conservative Dentistry : JCD*, 20(1), 46–49. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.209067>

Samiee, M., Eghbal, M. J., Parirokh, M. [Masoud], Abbas, F. M., ve Asgary, S. [Saeed] (2010). Repair of furcal perforation using a new endodontic cement. *Clinical Oral Investigations*, 14(6), 653–658. <https://doi.org/10.1007/s00784-009-0351-8>

Santucci, P. J. (1999). Dycal versus Nd:Yag laser and Vitrebond for direct pulp capping in permanent teeth. *Journal of Clinical Laser Medicine ve Surgery*, 17(2), 69–75. <https://doi.org/10.1089/clm.1999.17.69>

Scheller, S., Ilewicz, L., Luciak, M., Skrobidurska, D., Stojko, A., ve Matuga, W. (1978). Biological properties and clinical application of propolis. IX. Experimental observation on the influence of ethanol extract of propolis (EEP) on dental pulp regeneration. *Arzneimittel-Forschung*, 28(2), 289–291.

Shi, S. [S.], Robey, P. G., ve Gronthos, S. (2001). Comparison of human dental pulp and bone marrow stromal stem cells by cDNA microarray analysis. *Bone*, 29(6), 532–539. [https://doi.org/10.1016/S8756-3282\(01\)00612-3](https://doi.org/10.1016/S8756-3282(01)00612-3)

Shiba, H., Fujita, T., Doi, N., Nakamura, S., Nakanishi, K., Takemoto, T., . . . Kato, Y. (1998). Differential effects of various growth factors and cytokines on the syntheses of DNA, type I collagen, laminin, fibronectin, osteonectin/secreted protein, acidic and rich in cysteine (SPARC), and alkaline phosphatase by human pulp cells in culture. *Journal of Cellular Physiology*, 174(2), 194–205. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4652\(199802\)174:2<194::AID-JCP7>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4652(199802)174:2<194::AID-JCP7>3.0.CO;2-J)

Shigetani, Y., Yoshida, K. [K.], Kuratate, M., Takei, E., Yoshida, N. [N.], Yamanaka, Y., . . . Okiji, T. [T.] (2015). Temporospatial localization of dentine matrix protein 1 following direct pulp capping with calcium hydroxide in rat molars. *International Endodontic Journal*, 48(6), 573–581. <https://doi.org/10.1111/iej.12351>

Shoji, S., Nakamura, M., ve Horiuchi, H. (1985). Histopathological changes in dental pulps irradiated by CO₂ laser: A preliminary report on laser pulpotomy.

Journal of Endodontics, 11(9), 379–384. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(85\)80024-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(85)80024-8)

Shoji S, Hariu H, Horiuchi H. Canal enlargement by Er:YAG laser using a cone-shaped irradiation tip. *J Endod* 2000;26(8):454-8.

Shokrollahi, K. (2016). The Laser Test Patch: Principles and PHilosophy to Maximize Efficacy and Reduce Complications and Scarring From Laser Treatments. *Annals of Plastic Surgery*, 77(4), 373–375. <https://doi.org/10.1097/SAP.0000000000000894>

Shokrollahi, K., Raymond, E., ve Murison, M.S.C. (2004). Lasers: Principles and Surgical Applications. *The Journal of Surgery*, 2(1), 28–34. [https://doi.org/10.1016/S1743-9191\(06\)60023-X](https://doi.org/10.1016/S1743-9191(06)60023-X)

Sidhu, S. K. Glass-ionomer cement restorative materials: A sticky subject? *Australian Dental Journal*, 56, 23–30. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01293.x>

Silva, T., Brasil, S. d. C., Armada-Dias, L., ve Armada, L. (2016). Effectiveness of thermal and electric tests to register pulp status: *În vivo* study. *Revista Brasileira De Odontologia*, 73(2), 92–95.

Sloan, A. J., Matthews, J. B., ve Smith, A. J. (1999). Tgf-beta receptor expression in human odontoblasts and pulpal cells. *The Histochemical Journal*, 31(8), 565–569. <https://doi.org/10.1023/a:1003852409574>

Smith, R. J., Birndorf, M., Gluck, G., Hammond, D., ve Moore, W. D. (1992). The effect of low-energy laser on skin-flap survival in the rat and porcine animal models. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 89(2), 306–310. <https://doi.org/10.1097/00006534-199202000-00017>

Sobral MA, Garone-Netto N, Luz MA, Santos AP. Prevention of postoperative tooth sensitivity: a preliminary clinical trial. *J Oral Rehabil* 2005; 32: 661–668

Stergioulas A. Low-level laser treatment can reduce edema in second degree ankle sprains. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, 2004, 22: 125-128.

- Strassler, H. E., ve Levin, R. (2012). Vital pulp therapy with pulp capping. *Dentistry Today*, 31(11), 98, 100, 102-3; quiz 104-5.
- Stratigos, A. J., ve Dover, J. S. (2000). Overview of lasers and their properties. *Dermatologic Therapy*, 13(1), 2–16. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8019.2000.00002.x>
- Sulewski, J. G. (2000). Historical survey of laser dentistry. *Dental Clinics of North America*, 44(4), 717–752.
- Sun, G., ve Tunér, J. (2004). Low-level laser therapy in dentistry. *Dental Clinics of North America*, 48(4), 1061-76, viii. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2004.05.004>
- Tabarsi, B., Parirokh, M. [M.], Eghbal, M. J., Haghdoost, A. A., Torabzadeh, H. [H.], ve Asgary, S. [S.] (2010). A comparative study of dental pulp response to several pulpotomy agents. *International Endodontic Journal*, 43(7), 565–571. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01711.x>
- Tachinami H, Katsuumi I. Removal of root canal filling materials using Er:YAG laser irradiation. *Dent Mater J* 2010;29(3):246-52.
- Tadakuma, T. (1993). Possible application of the laser in immunobiology. *The Keio Journal of Medicine*, 42(4), 180–182. <https://doi.org/10.2302/kjm.42.180>
- Takashina M, Ebihara A, Sunakawa M, Anjo T, Takeda A, Suda H. The possibility of dowel removal by pulsed Nd:YAG laser irradiation. *Lasers Surg Med* 2002;31(4):268-74
- Takeda, Y. (1988). Irradiation effect of low-energy laser on alveolar bone after tooth extraction. Experimental study in rats. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 17(6), 388–391. [https://doi.org/10.1016/s0901-5027\(88\)80070-5](https://doi.org/10.1016/s0901-5027(88)80070-5)
- Takita, T., Hayashi, M., Takeichi, O., Ogiso, B., Suzuki, N., Otsuka, K., ve Ito, K. (2006). Effect of mineral trioxide aggregate on proliferation of cultured human dental pulp cells. *International Endodontic Journal*, 39(5), 415–422. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01097.x>

Tate, Y., Yoshiba, K. [Kunihiko], Yoshiba, N. [Nagako], Iwaku, M., Okiji, T. [Takashi], ve Ohshima, H. [Hayato] (2006a). Odontoblast responses to GaAlAs laser irradiation in rat molars: An experimental study using heat-shock protein-25 immunohistochemistry. *European Journal of Oral Sciences*, 114(1), 50–57. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2006.00261.x>

Tate, Y., Yoshiba, K. [Kunihiko], Yoshiba, N. [Nagako], Iwaku, M., Okiji, T. [Takashi], ve Ohshima, H. [Hayato] (2006b). Odontoblast responses to GaAlAs laser irradiation in rat molars: An experimental study using heat-shock protein-25 immunohistochemistry. *European Journal of Oral Sciences*, 114(1), 50–57. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2006.00261.x>

Torabinejad, M. [M.], Hong, C. U., Lee, S. J., Monsef, M., ve Pitt Ford, T. R. (1995). Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. *Journal of Endodontics*, 21(12), 603–608. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81112-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81112-X)

Torabinejad, M. [M.], Watson, T. F., ve Pitt Ford, T. R. (1993). Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *Journal of Endodontics*, 19(12), 591–595. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80271-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80271-2)

Torabinejad, M. [Mahmoud], Higa, R. K., McKendry, D. J., ve Pitt Ford, T. R. (1994). Dye leakage of four root end filling materials: Effects of blood contamination. *Journal of Endodontics*, 20(4), 159–163. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80326-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80326-2)

Torabinejad, M. [Mahmoud], Smith, P. W., Kettering, J. D., ve Pitt Ford, T. R. (1995). Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *Journal of Endodontics*, 21(6), 295–299. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81004-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81004-6)

Tuna, D., ve Olmez, A. (2008). Clinical long-term evaluation of MTA as a direct pulp capping material in primary teeth. *International Endodontic Journal*, 41(4), 273–278. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01339.x>

Tziafas, D., Belibasakis, G., Veis, A., ve Papadimitriou, S. (2001). Dentin regeneration in vital pulp therapy: Design principles. *Advances in Dental Research*, 15, 96–100. <https://doi.org/10.1177/08959374010150012501>

The radiographic outcomes of direct pulp-capping procedures performed by dental students: A retrospective study (2006a). *The Journal of the American Dental Association*, 137(12), 1699–1705. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0116>

The radiographic outcomes of direct pulp-capping procedures performed by dental students: A retrospective study (2006b). *The Journal of the American Dental Association*, 137(12), 1699–1705. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0116>

Utneja, S., Nawal, R. R., Talwar, S., ve Verma, M. (2015). Current perspectives of bio-ceramic technology in endodontics: Calcium enriched mixture cement - review of its composition, properties and applications. *Restorative Dentistry ve Endodontics*, 40(1), 1–13. <https://doi.org/10.5395/rde.2015.40.1.1>

Utsunomiya, T. (1998). A histopathological study of the effects of low-power laser irradiation on wound healing of exposed dental pulp tissues in dogs, with special reference to lectins and collagens. *Journal of Endodontics*, 24(3), 187–193. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(98\)80181-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(98)80181-7)

Verdonschot, E. H., Bronkhorst, E. M., Burgersdijk, R. C., König, K. G., Schaeken, M. J., ve Truin, G. J. (1992). Performance of some diagnostic systems in examinations for small occlusal carious lesions. *Caries Research*, 26(1), 59–64. <https://doi.org/10.1159/000261429>

Wahl, G., ve Bastänier, S. (1991). Der Softlaser in der postoperativen Nachsorge bei dentoalveolären Eingriffen [Soft laser in postoperative care in dentoalveolar treatment]. *ZWR*, 100(8), 512–515.

Walsh, L. J. (1997). The current status of low level laser therapy in dentistry. Part 2. Hard tissue applications. *Australian Dental Journal*, 42(5), 302–306. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.1997.tb00134.x>

Watanabe, H. [H.], Ishikawa, I. [I.], Suzuki, M. [M.], ve Hasegawa, K. (1996). Clinical assessments of the erbium:Yag laser for soft tissue surgery and scaling.

- Journal of Clinical Laser Medicine ve Surgery, 14(2), 67–75.
<https://doi.org/10.1089/clm.1996.14.67>
- Weiner, R. (2011). Liners and bases in general dentistry. Australian Dental Journal, 56 Suppl 1, 11–22. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01292.x>
- Wheeland RG (2005). Laser Dermatology: Basic Laser PHysics and Safety. Netherland: Springer Berlin Heidelberg New York.
- Willershausen, B., Willershausen, I., Ross, A., Velikonja, S., Kasaj, A., ve Blettner, M. (2011). Retrospective study on direct pulp capping with calcium hydroxide. Quintessence International (Berlin, Germany : 1985), 42(2), 165–171.
- Yamada, K. (1991). Biological effects of low power laser irradiation on clonal osteoblastic cells (MC3T3-E1). Nihon Seikeigeka Gakkai Zasshi, 65(9), 787–799.
- Yamamoto, H., ve Sato, K. (1980). Prevention of dental caries by acousto-optically Q-switched Nd: Yag laser irradiation. Brazilian Oral Research, 59(2), 137. <https://doi.org/10.1177/00220345800590020801>
- Yan, P., Yuan, Z., Jiang, H., Peng, B., ve Bian, Z. (2010). Effect of bioaggregate on differentiation of human periodontal ligament fibroblasts. International Endodontic Journal, 43(12), 1116–1121. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01786.x>
- Yang, Y., Huang, L., Dong, Y., Zhang, H. [Hongchen], Zhou, W., Ban, J., . . . Chen, J. (2014). In vitro antibacterial activity of a novel resin-based pulp capping material containing the quaternary ammonium salt MAE-DB and Portland cement. PloS One, 9(11), e112549. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112549>
- Yazdanfar, I., Gutknecht, N., ve Franzen, R. (2015a). Effects of diode laser on direct pulp capping treatment. Lasers in Medical Science, 30(4), 1237–1243. <https://doi.org/10.1007/s10103-014-1574-8>
- Yazdanfar, I., Gutknecht, N., ve Franzen, R. (2015b). Effects of diode laser on direct pulp capping treatment : A pilot study. Lasers in Medical Science, 30(4), 1237–1243. <https://doi.org/10.1007/s10103-014-1574-8>
- Yiğit ŞB, Gürsel M. Periodontolojide lazer. SÜ Dişhek Fak Derg 2007;16(1):67-73.

Yu DG, Kimura Y, Tomita Y, Nakamura Y, Watanabe H, Matsumoto K. Study on removal effects of filling materials and broken files from root canals using pulsed Nd:YAG laser. *J Clin Laser Med Surg* 2000;18(1):23-8.

Zach, L., Ve Cohen, G. (1965). Pulp Response To Externally Applied Heat. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 19, 515–530. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(65\)90015-0](https://doi.org/10.1016/0030-4220(65)90015-0)


Zarrabi, M. H., Javidi, M., Jafarian, A. H., ve Joushan, B. (2010). Histologic assessment of human pulp response to capping with mineral trioxide aggregate and a novel endodontic cement. *Journal of Endodontics*, 36(11), 1778–1781. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.08.024>

Zhang, H. [Hui], Pappen, F. G., ve Haapasalo, M. (2009). Dentin enhances the antibacterial effect of mineral trioxide aggregate and bioaggregate. *Journal of Endodontics*, 35(2), 221–224. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.11.001>

Zhang, W. [Weibo], ve Yelick, P. C. (2010). Vital pulp therapy-current progress of dental pulp regeneration and revascularization. *International Journal of Dentistry*, 2010, 856087. <https://doi.org/10.1155/2010/856087>

EKLER

EK-1: Etik Kurul Kararı

	ORDU ÜNİVERSİTESİ	<small>Ordu Üniversitesi - Ordu Üniversitesi Rektörlüğü - Sağlık Bilimleri Enstitüsü Mühürleşme 16.09.2019 09:11 Sayı: 91120269-800-E.00000407902 00000407902</small>	
T.C. ORDU ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARARLARI			
Toplantı Tarihi	Toplantı Sayısı	Toplantı Saati	Karar Sayısı
29/08/2019	13	15.30	2019-122
<p>Ordu Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkan Dr. Öğr. Üyesi Ahmet KARATAŞ başkanlığında toplanarak aşağıdaki kararları almıştır.</p> <p>KARAR NO: 2019/ 122</p> <p>Sorumlu yürütücü Dr. Öğr. Üyesi Elif Bahar ÇAKICI'nın KAEK 125 Nolu başvurusunun değerlendirilmesi sonucu "<i>Direkt Pulpa Kuafajında Düşük Seviyeli Lazer Terapisinin Etkisi</i>" başlıklı araştırmasının etik ilke ve kurallara uygunluk açısından yapılabiliğine ve konunun ilgili öğretim üyesine tebliğine toplantıya katılanların oy birliği ile karar verildi.</p> <p style="text-align: center;">e-imzalıdır Dr. Öğr. Üyesi Ahmet KARATAŞ Ordu Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanı</p>			
<small>Evrakın elektronik imzalı suretine https://e-belge.odu.edu.tr/ adresinden b08desff-4199-4eaf-b414-0f9f8f5417fb kodu ile erişebilirsiniz. Bu belge 5070 sayılı elektronik imza kanuna göre güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.</small>			

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : ADEM GÜNAYDIN
Doğum Yeri : RUEN/BULGARİSTAN
Doğum Tarihi : 23.10.1992
Yabancı Dili : İNGİLİZCE
E-posta : gunaydnadem@gmail.com
İletişim Bilgileri : 541 362 78 06

Öğrenim Durumu:

Derece	Bölüm/ Program	Üniversite	Yıl
Lisans	DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ	EGE ÜNİVERSİTESİ	2010-2015

İş Deneyimi:

Görev	Görev Yeri	Yıl
ARŞ. GÖR.	ORDU ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ ENDODONTİ ANABİLİM DALI	2017-