

Dişhekimliğinde Kullanılan Er: YAG Lazerler

Er: YAG Lasers in Dentistry

Zuhal Görüş¹, Ayşe Meşe², Merve Tokgöz Çetindağ², Ozan Erdost Evran²

¹Siverek Ağız Diş Sağlığı Merkezi, Şanlıurfa, Türkiye

²Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, Diyarbakır, Türkiye

ÖZET

Lazerler, 20 yıldır kullanımda olmalarına ve yapılan çok sayıda bilimsel araştırmaya karşın diş hekimleri için araştırma konusu olmaya devam etmektedir. Günümüzde lazerler, spesifik dalga boylarıyla geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Lazer uygulamaları, henüz kullanılan tedavi prosedürlerinin yerini almasalarda, kavite preperasyonu, hipersensitivite tedavisi, yüzey pürüzlendirme, diş beyazlatma, diştaşı temizliği, endodontik uygulamalar, kemik ablasyonu ve analjezide alternatif olarak kullanılabilen ve dişhekimliğinin önemli bir unsuru haline gelmektedir. Lazer teknolojisindeki gelişmelerle beraber her geçen gün lazerin dişhekimliğinde kullanımı ile ilgili olarak yeni olanaklar ortaya çıkmaktadır. Özellikle dental sert dokular üzerindeki etkileri ve kullanım olanakları üzerine çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmada lazerlerin dental sert dokular üzerindeki uygulamaları, Er: YAG lazerler ve özel PIPS (Photon Induced Photoacoustic Streaming) uçları hakkında bilgi verilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Lazer, ER: YAG Lazer, PIPS

ABSTRACT

Despite being on the market for over two decades and the numerous research, dental lasers are still a research subject for dentists. Nowadays, lasers with specific wavelengths have widespread uses. Laser procedures have not been considered as a primary treatment option, but it can be used as an alternative method for cavite preparation, treatment of hypersensitivity, surface treatment, bleaching, detraj, endodontic treatment, bone ablation and analgesia and will become an important part of the dental practice. With developments in laser technology, new facilities are found. Studies, subjecting effects and possible indications on dental hard tissues are ongoing. The aim of this study is to give information about Er: YAG lasers and PIPS (Photon Induced Photoacoustic Streaming)

Keywords: Laser, ER: YAG Laser, PIPS

GİRİŞ

İngilizce ‘light amplification by stimulated emission of radiation’ tanımlamasının baş harflerinin bir araya getirilmesi ile oluşturulan ‘LASER’ terimi, dilimize ‘LAZER’ olarak giren bir kısaltmadır. Radyasyonun uyarılmış emisyonu ile ışığın güçlendirilmesi anlamına gelmektedir.¹ Lazer ışığı, aktive olmuş elementlerin, moleküllerin ve çeşitli kristallerin etkileşimi ile yüksek yoğunlukta, paralel hareket eden, aynı dalga boyundaki elektromanyetik radyasyondan oluşan ışıktır.² Işık, elektromanyetik enerjinin bir çeşidi olup sabit bir hızla dalgalar halinde gezer. Radyant enerjinin en temel birimi fotondur veya ışık partikülüdür. Foton dalgasında iki temel özellik belirlenebilir.³

Birincisi ‘amplitude’ dalga osilasyonunun (ölçüm) pikte bulunan tepe noktası ve taban noktası arasında kalan toplam yüksekliktir. Bu da dalgadaki toplam enerjinin ölçümüdür. Birimi milijul (mj)’dür.³

Dalğanın ikinci özelliği ise dalga boyudur. Karşılıklı gelen iki nokta arasındaki uzaklık olarak

tanımlanabilmektedir. Dalga boyu birimi mikron veya nanometredir. Dalğanın dalga boyuna ait bir özelliği ise frekanstır. Saniyedeki dalga osilasyonunun sayısıdır. Frekans ile dalga boyu ters orantılıdır.⁴

Lazer Işıklarının Temel Özellikleri

Lazer teknolojisinde, atomların enerji absorbe etmeleri sonucu daha yüksek enerji düzeyine çıkma özelliğinden yararlanılmaktadır. Lazer, yönlendirilmiştir, sürekli veya atımlı şekilde kesikli olarak enerjisini açığa çıkarır.^{5,6} Lazer ışığı normal ışıktan farklı fiziksel özelliklere sahiptir:

Salınan ışık ‘monokromatik’ tir. Sadece tek renk ve dalga boyuna sahiptir. Işının dalga boyu elektron daha alt seviyedeki yörüngeye geçerken açığa çıkan enerji miktarı tarafından belirlenir.

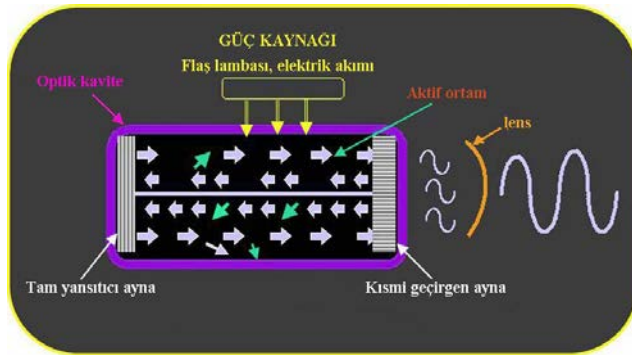
Salınan ışık dalgası organize biçimde hareket etmektedir. Yani ışık 'koherans' dir. Bunun anlamı, tüm fotonların aynı fazda bulunmasıdır. Koheranslığı sağlayan iki tip ışın vardır:

1-Boyuna giden ışınlar (longitudinal)

2-Enine giden ışınlar (transvers)

Lazer ışığı 'doğrusal'dır. Işının hüzmeleri konsantre ve güçlüdür. Lazer ışını tamamen düzdür ve ışınları birbirine paraleldir. Doğal ışın her yöne lazer ışını ise sadece bir yöne yayılır.

Lazer ışını parlaktır. Bu özellik ışık kaynaklarından dolayı oluşur. Parlaklığın artması paralellik ve ayarlamalarla ortaya çıkar. Yüksek parlaklık lazerin küçük noktalara odaklanmasından kaynaklanır.⁷⁻¹¹



Resim 1: Lazer Cihazının Mekanik Bileşenleri

Lazer ışığının darlığı, yani etrafa geliş güzel dağılmaması ciddi seviyede enerjinin çok ufak noktalara odaklanmasına imkan tanımaktadır. Öte yandan bir lamba, ışığını çeşitli doğrultularda yayar, ışık dağınık ve zayıftır. Bu üç özelliğin meydana gelmesi için, 'stimüle edilmiş salınım' gerçekleşmelidir. Normal ışıkta atomlar elektronlarını geliş güzel salarken stimüle edilmiş salınımda foton salınımı organize edilir. Salınım bir kez başladığında hareketlenen elektronlar kendileri gibi uyarılmış elektronlarla karşılaşır ve onların da foton oluşturmasına neden olabilirler.¹²⁻¹⁵

Lazer cihazının üç temel komponenti vardır:

Aktif lazer ortamı (katı, sıvı, gaz formu)

Optik rezonatör (aktif ortamın koherent olmayan fotonlarına yeniden yön veren ve çok parlak, doğrusal, tek renkli ve koherent ışık oluşturan kısımdır. Genellikle bir tanesi ışığı hem yansıtan hem de geçiren iki içbükey aynadan oluşur).

Aktif lazer ortamının atomlarını uyaran başlangıç enerji kaynağı.^{15,16}

Cihazın merkezinde optik bir boşluk bulunur. Bu boşluğun çekirdeğine aktif ortam ismi verilir ve bu ortam kimyasal elementler, moleküller veya bileşiklerden

meydana gelir. Lazer genellikle ismini bu maddelerden alır. Bu maddeler gaz, kristal veya katı halde yarı iletken maddelerdir. Çekirdeğin hemen etrafında onu çevreleyen ve aktif ortama enerji pompalayan bir flaş lambası, elektrik devresi bulunur. Optik boşluğun her iki tarafında birbirlerine paralel yerleştirilmiş iki ayna bulunur. Çekirdekte yarı iletken varsa, ayna yerine iki cilalı yüzey kullanılır. Bu aynalar gelişmekte olan ışının güçlenmesine ve paralel halde yansımaya yardım eder. Bir soğutma sistemi, odaklama lensleri ve diğer kontrol üniteleri mekanik birleşenleri tamamlar.^{17,18}

Dokuların Optik Özellikleri

Dalga boyu 300-1100 nm arasında bulunan yumuşak dokuda yansıma özelliği absorpsiyondan 10 kez daha fazladır ve bu ileri doğru bir yansımadır. Lazer ile koagülasyon yapılırken dokunun optik özelliklerinde şiddetli değişiklikler olur ve yansıma katsayısı artar. Bu dokunun renginin açılmasıyla gözlenebilir. 300 °C' den fazla sıcaklıkta ise karbonizasyon meydana gelir ve bu dokunun siyahlaşması ile gözlenir. Bu durumda absorpsiyon katsayısı artmıştır ve pratik olarak daha derin dokulara ışık penetre olamaz. Yumuşak dokuda en çok Nd:YAG ve CO₂ lazerler tercih edilmektedir. Sert dokularda lazer ışınının yansıma özelliği ön plandadır. Duruma göre yansıma özelliği absorpsiyon özelliğinden 10-100 kez daha fazladır. Yumuşak dokuya kıyasla sert dokuda absorpsiyon çok küçüktür.^{19,20}

Lazerin Biyolojik Dokuda Etki Mekanizması

Lazer ışığının herhangi bir termal etkisi olmadan absorpsiyonu ile molekül ve atomların fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirmesine fotokimyasal etki denir. Lazer ışığının termik etkisi denilince dokuda koagülasyon ve buharlaşma meydana geldiği anlaşılır. Oluşan ısının derecesi ve uygulama süresine göre değişik termik etkiler oluşur. Lazer homojen olan dokuya uygulanırsa, gücü azalarak alt tabakalara ulaşır ve kısmen yansyarak rezorbe edilir.²¹⁻²³

ISI	DOKU DEĞİŞİKLİĞİ
370C	Reversible olan değişim
600C	Proteinler denatüre
800C	Kollejen denatüre, membran defektleri
1000C	Kuruma
1500C	Karbonizasyon
3000C	Buharlaşma, gaz oluşumu

Tablo 1: Isıya Bağlı Doku Reaksiyonu

Isının 300 °C' den fazla olduğu durumlarda doku buharlaşır ve buharlaşan kısmın altında 150 °C' den

fazla ısı içeren bir bölge karbonize olur. Bundan sonraki tabakada doku koagüle olur. Daha alt tabakada ise doku sıcaklığının daha az artması nedeniyle geri dönüşümü olan hafif değişiklik meydana gelir.²⁴⁻²⁶Lazer ışınının komşu dokulara hiçbir zarar vermeden hedef dokunun büyük kısmını absorbe ederek aniden ve patlama şeklinde buharlaşmasına fotoablasyon denir. Dişin sert dokularından parçacıklar halinde madde kaldırılarak kavite açma bu etki ile gerçekleştirilir. Absorbsiyonun şiddeti dokunun cinsine ve lazer dalga boyuna bağlıdır. Dokunun derin kısmında ısı enerjisi azalır. Bu durumda dokudaki termik zararlar çok az olup aşağı yukarı lazer ışınının penetrasyon derinliği kadar olur.²⁷

Fotoablasyonun oluşması için:

- Kısa lazer pulsasyonları
- Işının doku içerisine çok az bir derinlikte girmesi gerekir.
- Lazerin dokulardaki etkisini belirleyen faktörler:
- Lazerin dalga boyu,
- Dokunun absorpsiyon karakteri,
- Kullanılan güç miktarı,
- Işının odaklandığı alandaki keskinliği,
- Lazer ucunun objeye olan uzaklığı.^{28,29}

Lazerlerin Sınıflaması

Lazerler iki gruba ayrılır:

Soft (Atermik) Lazerler

Hard (Termik) Lazerler

1993 yılında Önal'ın yaptığı bir sınıflamaya göre ise;

Kaynağındaki aktif maddelere göre:

- Katı maddeler içeren lazerler
- Gaz içeren lazerler
- Uyarılmış asal gaz halojeniteleri içeren lazerler
- Boya tanecikleri içeren lazerle
- Yarı iletken çubuklar içeren lazerler
- Lazer ışını hareketlerine göre:
- Devamlı ışın verenler
- Nabızsız ışın verenler
- Dalgalı akım olarak ışın verenler
- Lazer dalga boylarına göre:
- Ultraviyole
- Enfraruj
- Görünen

Kullanım alanına göre:

Tip1-Argon lazer (yumuşak doku lazeri)

Tip2-Nd: YAG, CO₂, Diod lazerler (yumuşak doku lazeri)

Tip3-Er: YAG lazer (sert doku lazeri)

Tip4-Er,Cr: YSGG (Sert doku/Yumuşak doku lazeri).^{6,27,30}

Lazer Enerjisini Oluşturulması

Lazer aktif maddesi lazer enerjisinin kaynağıdır ve içindeki lazer aktif maddesine göre ismini belirler (CO₂, Nd: YAG, Er: YAG). Lazer ortamı olarak bilinen katı, sıvı veya gazla dolu bir odacığın, dışsal bir etken ile simülasyonu meydana geldiğinde lazer ışını oluşmaktadır. Bundan köken alan spontan foton salınımı, lazer odacığının aynalarla kaplı iki ucu arasında yansıyor ortamı terk eder. Bu hareketli fotonlar, lazer ortamı içindeki diğer atomların uyarılmasına (eksitasyon) yol açar. Işık, parsiyel geçirgen olan aynadan dışarı çıkana kadar bu olaylar zinciri devam eder ve konsantre bir ışık demeti oluşur. Lazerler, enerji yüklenmiş atomların foton salınımını kontrol eden cihazlardır. Bir lazer cihazında, atomları uyarılmış safhaya getirmek için ışının oluşturulacağı 'aktif lazer ortamı' enerji aracılığıyla pompalanmaktadır. Bu enerji, kuvvetli bir flaş ışığı veya elektriksel boşaltım şeklinde olup bu yolla çok sayıda yüksek enerjili elektron oluşturulur. Uyarılmış elektron kazandığı enerjiyi foton şeklinde salmak için daha kararlı bir yörüngeye iner. Salınan ışık partikülü, salınma anında elektronun sahip olduğu enerjiye göre belli bir dalga boyu ve bu dalga boyunu temsil eden bir renge sahip olur. Elektronları eşdeğer seviyedeki iki benzer atomun saldırdığı fotonun rengi ve dalga boyu da aynı olacaktır.^{2,31,32}

Kullanılan bazı birimler:

Watt: (W) Üretilen enerjinin gücünü belirler, birimi j/sn
Joule: Enerji birimidir.

Hertz (Hz): Frekans ölçüsüdür. Her saniye için oluşan devir miktarını gösterir.

PPs: Lazer cihazının saniyedeki atım sayısını belirtmek için kullanılır.^{10,32,33}

Erbiyum Lazerler

Termik lazerler olarak bilinirler. Erbiyum lazerlerde enerji, su ve hidroksiapatit tarafından iyi bir şekilde absorbe edildiğinden mine, sement ve kemiğin lazerle uzaklaştırılması sırasında termal zarar meydana gelmez.

Mine	4-8 W
Dentin	2-5 W
Çürük	1-3 W
Kemik	1,5-3 W
Yumuşak doku	1-3 W

Tablo 2: Erbiyum Lazerlerinin Tavsiye Edilen Güç Ayarları

Er: YAG lazer kullanırken dokunun içerdiği su miktarına ve doku yoğunluğuna dikkat edilerek kullanılması gerekmektedir. Örneğin minenin densitesi yüksek ve su içeriği azdır bu yüzden minede çalışırken enerji miktarının fazla olması gerekir.^{28,34-36}

Erbiyum lazerler ikiye ayrılır:

- Er: YAG lazerler
- Er,Cr: YSGG lazerler.²⁸

ER:YAG Lazerler

Er:YAG lazerleri 1975 yılında Zharixsu tarafından icat edilmiştir. Hibst ve arkadaşları 1988 yılında ilk kez dişin sert dokularında bu lazeri kullanmışlardır. Paghdwala 1989 yılında mine ve dentinin aşındırılmasında kullanmıştır.¹⁶ 2940 nm dalga boyundaki lazer sistemi ilk olarak 1992 yılında Kavo tarafından piyasaya sürülmüştür. Ancak FDA (Food and Drug Administration), Er: YAG lazerleri için bu işlemleri 1997 yılında onaylamıştır. Dişhekimliğinde, serbest çalışan darbeli Er: YAG lazerleri, kavite preperasyonu ve yumuşak doku tedavisinde kullanılmaktadır.³⁷⁻³⁹

Er:YAG lazerleri, Erbiyum (Er⁺³) iyonları ile katkılandırılmış, YAG ana kristalinden oluşmaktadır. YAG içinde olduğunda, erbiyum iyonları, 2940 nm dalga boyunda lazer emisyonu gerçekleştirmektedir. Ortalama 20-30 Watt gücündeki lazerler popülerdir ama diş ürünlerinde 5-10 Watt olan ürünler daha çok kullanılmaktadır. Erbiyum lazerlerin suda absorpsiyonunun tüm lazerlerden fazla olduğu ve bunun yanında kollajen ve hidroksiapatit için yüksek bir afiniteye sahip oldukları bilinmektedir. Hidroksiapatit yapıya bağlı bulunan su, lazer enerjisini kolayca absorbe etmektedir. Vaporize olan su, hacimsel bir genişleme göstererek çevredeki materyalin 'patlayarak' uzaklaşmasına neden olmaktadır. Çürük dentinin su içeriğindeki artış sayesinde bu lazerlerin çürük dokuyu daha kolay uzaklaştırdığı da bildirilmiştir. Er: YAG lazerin su tarafından yüksek miktarda soğurulması, ışıma esnasında çevre dokulardaki termal etkilerinin azalmasına neden olmaktadır. Sert doku işlemlerinde bir miktar ısı oluşumu kaçınılmazdır. Ancak, bu tür dokularda az miktarda su içerdiğinden sorun olmamaktadır.²¹⁻²³

Suda fazla absorbe olma özelliğinden dolayı doku dejenerasyonu ve ısı artışı minimaldir. Hem yumuşak dokuda hem sert dokuda minimal termal hasar ile kullanılabilen bir lazer çeşididir.⁴⁰

Er: YAG lazerlerin düşük enerjili uygulamaları, asit uygulamaları ile elde edilen bulgularla karşılaştırılmıştır. Lazerle oluşan yüzey morfolojisinin asitten farklı olduğu bildirilmiştir. Yapılan çalışmalar farklı adeziv sistemlerin

bağlanma dayanımının asit uygulanmış olgularla karşılaştırılabileceğini vurgulasa da sonuçlar çelişkilidir.

Er: YAG lazer uygulanmış dentin üzerine çalışma yapan birçok araştırmacı dentin kanallarının açıldığını ancak düzensiz yüzeylerin oluştuğunu ve smear tabakasının tamamen ortadan kalktığını bildirmişlerdir.^{29,41,42}

ER: YAG Lazerlerin Ablasyon Mekanizması

Günümüzde ablasyon mekanizmasının nasıl olduğu ve nasıl geliştiği halen anlaşılamamıştır. İlk yapılan çalışmalar dişin sert dokularının dehidratasyonuna odaklanmıştır. Su absorpsiyonunu konu alan çalışmalar ise suyun yalnızca yarısının diffüz olabildiğini ve diffüzyon hızının saatlerden günlere uzayabilecek kadar yavaş olduğunu göstermektedir. Termal analizler ise diffüz olabilecek suyun ortamdan uzaklaştırılmadan önce hedef dokunun en az 200-300 °C' ye kadar ısıtılması gerektiğini göstermektedir. Dişin sert dokularına daha sıkı bağlı olan suyun ayrıştırılması için ise 800 °C' ye kadar ulaşan ısı gerekmektedir. Bundan dolayı dehidratasyon lazer ablasyonu sonucu meydana gelmez.⁴³⁻⁴⁶

Bütün erbiyum lazerlerin ortak bir özelliği dişin sert dokularına temas ettiğinde 'pat' sesi çıkartmalarıdır. Bu pat sesi aslında lazer enerjisinin patlayarak dağıldığında ortaya çıkarttığı çok hızlı bir şok dalgasıdır. Bu pat sesi 'foto-akustik etki' olarak adlandırılmaktadır. Bu ses dalgasının tonu ve rezonansı dişteki çürük varlığına göre değişmektedir. Bu foto-akustik etki kısa pulsatif sürenin ve yüksek enerji yoğunluğunun karakteristik bir özelliğidir.⁴⁷⁻⁵⁰

Kök Kanallarında ER: YAG Lazerin Fotoakustik Etkisi

PIPS (Photon Induced Photoacoustic Streaming)

Endodontik tedavi yapılırken kullanılan aletlere bağlı olarak kanal duvarlarında organik ve mineralden meydana gelen bir tabaka oluşur. Buna smear tabakası denir. Bu tabaka dentin tübüllerini tıkayarak adezyonu olumsuz yönde etkiler. Bakteri geçişi için bir bariyer olduğunu bildiren araştırmacılar da vardır.^{9,49,51} Kök kanal sisteminin temizlenmesinde, dezenfeksiyonunda ve şekillendirilmesinde devrim niteliği taşıyan yeni bir sistem geliştirilmiştir. Enrico ve ark. beraber geliştirdikleri bu sisteme Photon Induced Photoacoustic Streaming (PIPS) adını vermişlerdir.^{52,53} Pips fiber uçtan oluşan koni şeklindeki bir el aletine bağlıdır. Farklı boylarda ve çaplarda çeşitleri vardır. Kanalın içerisinde kullanılan fiberin çapı 200-400 mikron arasında değişmektedir. Lazer ışınının apikalden koronale devamlı uygulanması optimal teknik olarak kabul edilir.

Geleneksel yöntemlerle kök kanalı genişletildikten sonra optik fiber kullanılarak lazer ışını kök kanalına iletilir. Pips 2940 dalga boyundaki lazerlerde sub-ablatif güç seviyesinde kullanılmaktadır (20 mJ, 15 Hz). Sadece 0.3 W ortalama güç ile; 400 W bir tepe güce sahip su molekülleri kanal içerisinde güçlü bir akış oluşumuna yol açarak "şok" oluşturur. Böylece kısa darbelerle ve düşük enerjiyle termal etkiler azaltılmış olur. Fiber uç Sodyum hipoklorit (NaOCl), etilendiamin tetraasetikasit (EDTA) gibi çeşitli irrigasyon ajanlarıyla beraber kullanılır.^{18,20,38,39,54}

Fiber uçlar dentin üzerinde fotomekanik ve fotoablasyon oluşturarak kısa darbelerle yüksek güç oluşturup smear tabakasını uzaklaştırmakta ve dentin tübüllerini açmaktadır. Pipslerin Er: YAG lazerler ile kullanımı uygundur. Çünkü bu lazerlerin su tarafından emilme oranı yüksektir. Pips uç sayesinde termal etki minimize ve şok dalgaları ise maksimize edilir. Sub-ablatif güç seviyesi demineralizasyon riskini ortadan kaldırır.^{36,53,55}

Pips kullanımının avantajları:

Pips ile yapılan kanal tedavisinde konvansiyonel yöntemlere göre daha etkili kanal temizliği ve dezenfeksiyonu yapılır. Enfeksiyon riski minimuma indirgenir.

Pips kullanırken kanalları fazla genişletip diş dokusunu zayıflatmaya gerek yoktur. (ISO#20 numaralı kanal eğesi).

Kökün kronal 1/3' ünde kullanıldığı için kullanımı kolaydır. Eğri kanallarda kırılma riski minimumdur ve kimyasal ajanların taşıma riski azdır.

Zamandan tasarruf edilir.

Dentin tübüllerini tamamen açar.^{39,52,53,56,57}

Takeda FH ve ark. yaptığı bir çalışmada; Er: YAG lazer uygulanan kök kanallarında dentinal tübüllerin açıldığını ve smear tabakasının ortadan kalktığını bildirmişlerdir.^{43,58,59}

KAYNAKLAR

1. Vano M, Goracci C, Monticelli F et al. The adhesion between fibre posts and composite resin cores: the evaluation of microtensile bond strength following various surface chemical treatments to posts. *J Endod Int* 2006; 39: 31-39.
2. Xible AA, Tavaréz RR, Araujo CRP. Effect of silica coating and silanization on flexural and composite-resin bond strength of zirconia posts: An in vitro study. *J Prosthet Dent* 2006; 91: 356-62.
3. Bala O, Görgül G, Kıvanç BH ve ark. Kök kanal tedavisinde Nd:YAG lazer kullanımının apikal

sızıntı üzerine etkisi. *Gazi Ünv Diş Hek Fak Derg* 2002; 19: 19-22.

4. Altun S. Post simantasyonunda farklı üç sistemin karşılaştırılması. *Dicle Ünv Diş Hek Fak Derg* 1991; 5: 108-11.
5. Sun G, Tuner J. Low-level laser therapy in dentistry. *American Academy of Cosmetic Dent* 2004; 48: 1061-76.
6. Özkır SE, Bilici Ö. Post-core restorasyonları üzerine yapılan kompozit kronlarda iki farklı pürüzlendirme yönteminin mikrosızıntıya etkisi. *Atatürk Ünv Diş Hek Fak Derg* 2010; 20: 92-9.
7. Gupta S, Kumar S. Laser in dentistry- An overview. *Biomater Trends Artif Organs* 2011; 25: 119-23.
8. Coluzzi DJ. Lasers and soft tissue curettage. *Compendium* 2002; 23: 1104-11.
9. Nair PN, Baltensperger MM, Luder HU et al. Pulpal response to Er:YAG laser drilling of dentine in healthy human third molars. *Lasers Surg Med* 2003; 32: 203-9.
10. Denis Y, Freitas PM, Morimoto S et al. Influence of laser irradiation on fiber post retention. *Laser Med Sci* 2011; 26: 377-80.
11. Stock K, Hibst R. Smart fiber tips for dental laser applications. *Laser Med Application* 2008; 23: 6-13.
12. Sulewski JG. Historical survey of laser dentistry. *Dent Clin North Am* 2000; 44: 717-52.
13. Alkurt M, Yanıkoğlu N. Kanal dentini ve fiberle güçlendirilmiş kompozit post yüzeyine uygulanan farklı yüzey işlemlerinin post dentin bağlantısına etkisinin incelenmesi. *Atatürk Ünv Diş Hek Fak Derg* 2012; 22: 160-7.
14. Patel CKN, Mc Farlane RA, Faust WL. Selective excitation through vibrational energy transfer and optical maser action in N₂-CO₂. *Physiol Rev* 1964; 13: 617-9.
15. Önal B. Kanal tedavilerinde uygulanabilen üç farklı lazer sistemlerinin in vitro olarak karşılaştırmalı araştırılması. *İstanbul Ünv Diş Hek Fak Derg* 1991; 25: 181-90.
16. Locke M. Clinical applications of dental laser. *Dent Gen* 2009; 57: 47-59.
17. Paghdiwala AF, Vaidyanathan TK, Paghdiwala MF. Evaluation of erbium: YAG laser radiation of hard dental tissues: analysis of temperature changes, depth of cuts and structural effects. *Scanning Microsc* 1993; 7(3): 989-97.

18. Nagase DY, de Freitas PM, Morimoto S et al. Influence of laser irradiation on fiber post retention. *Lasers Med Sci.* 2011; 26(3): 377-80.
19. Spencer P, Trylovich DJ, Cobb CM. Chemical characterization of lased root surfaces using Fourier transform infrared photoacoustic spectroscopy. *J Periodontol* 1992; 63: 633-6.
20. Wigdor HA, Walsh JT Jr, Featherstone JD et al. Lasers in dentistry. *Lasers Surg Med* 1995; 16: 103-33.
21. Frentzen M, Koort HJ. Lasers in dentistry: new possibilities with advancing laser technology. *J Int Dent* 1990; 40: 323-32.
22. Ishikawa I, Sasaki K, Aoki A et al. Effects of Er:YAG laser on periodontal therapy. *J Int Acad Periodontol* 2003; 5: 23-8.
23. Ceballos L, Osorio R, Toledano M et al. Microleakage of composite restorations after acid or Er-YAG laser cavity treatments. *J Dent Mater* 2001; 17: 340-6.
24. Minas NH, Meister J. In vitro investigation of intra-canal dentine-laser beam interaction aspects: I. Evaluation of ablation capability (ablation rate and efficiency). *Lasers Med Sci* 2010; 25: 835-40.
25. Turkmen C, Sazak H, Günday M. Effects of the Nd: YAG laser, air-abrasion, and acid-etchant on filling materials. *J Oral Rehabil* 2006; 33: 64-9.
26. Dederich DN. Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue. *J Am Dent Assoc* 1993; 124: 57-61.
27. Önal B. Diş sert dokularında lazer kullanımı. *Diş Hek K Derg* 1993; 2: 61-64.
28. Zhakirov EV, Zhekov VI, Kulevski LA. Stimulated emission from Er³⁺ ions in yttrium aluminum garnet crystals at 2, 94µ. *J Sov Quantum Electron* 1975; 4: 39-40.
29. Cozean C, Arcoria CJ, Pelagalli J et al. Dentistry for the 21st century Erbium: YAG laser for teeth. *J Am Dent Assoc* 1997; 128: 1080-7.
30. Aoki A, Ishikawa I, Yamada T et al. Comparison between Er:YAG laser and conventional technique for root caries treatment in vitro. *J Dent Res* 1998; 77: 1404-14.
31. Nash R. Crown and veneer preparation using the Er,Cr: USGG waterlase hard and soft tissue laser. *Contemp Esthet Restor Pract* 2002; 1: 80-6.
32. Bader C, Krejci I. Indications and limitations of Er: YAG laser applications in dentistry. *J Am Dent* 2006; 19: 178-86.
33. Kıvanç BH, Karadağ S. Er: YAG lazer ve frez ile hazırlanan sınıf V restorasyonların mikrosızıntısının değerlendirilmesi. *Gazi Üniv Diş Hek Fak Derg* 2006; 23: 165-8.
34. Soares SL, Santo EM, Junior BA et al. Effects of Er: YAG laser irradiation and manipulation treatments on dentin components, part 2: energy-dispersive x-ray fluorescence. *J Biomed Optics* 2009; 14: 1083-90.
35. Insua MA, Dominguez SL, Rivera GF et al. Differences in bonding to acid-etched or Er: YAG laser treated enamel and dentin surfaces. *J Prosthet Dent* 2000; 84: 280-8.
36. Kotlow L, Divito E, Olivi G. From everyday dentistry to advanced photoacoustic endodontic applications PIPS: ErYAG, Nd: YAG dual wavelength laser. *Laser Dentistry* 2011; 3: 13-7.
37. Sulewski JG. Historical survey of laser dentistry. *Dent Clin North Am* 2000; 44: 717-52.
38. Shi L, Qinghua L, Qiming P et al. The ablation threshold of Er: YAG laser and Er,Cr: YSGG laser in dental dentin. *Scientific Research and Essays* 2010; 16: 2128-35.
39. Peters OA, Bardsley S, Fong J et al. Disinfection of Root Canals with Photon-initiated Photoacoustic Streaming. *J Endod* 2011; 37(7): 1008-12.
40. Armengol V, Jean A, Rohanizadeh R et al. Scanning electron microscopic analysis of diseased and healthy dental hard tissues after Er: YAG laser irradiation: in vitro study. *J Endod* 1999; 25(8): 543-6.
41. Inamoto K, Horiba N, Senda S et al. Possibility of root canal preparation by Er:YAG laser. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 107(1): 47-55.
42. Calixto LR, Bandéca MC, Clavijo V et al. Effect of resin cement system and root region on the push-out bond strength of a translucent fiber post. *Oper Dent* 2012; 37: 80-6.
43. Takeda FH, Harashima T, Eto JN et al. Effect of Er: YAG laser treatment on the root canal walls of human teeth: an SEM study. *Dental Traumatology* 1998; 14(6): 270-3.
44. Takeda FH, Harashima T, Kimura Y et al. Comparative study about the removal of smear layer by three types of laser devices. *J Clin Laser Med Surg* 1998; 16(2): 117-22.
45. Margolis FS. The Erbium laser: The 'Star Wars' of dentistry. *Dent Private* 2009; 99: 14-22.

46. Hadley J. A laser-powered hydrokinetic system. *J ADA* 2000; 131: 777-85.
47. De Mello ED, Pagnoncelli RM, Munin E et al. Comparative histological analysis of bone healing of standardized bone defects performed with the Er: YAG and steel burs. *Laser Med Sci* 2008; 23: 253-60.
48. RizoIU IM. Effects of an erbium, chromium:yttrium, scandium, gallium,garnet laser on mucocutaneous soft tissues. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996; 82: 386-95.
49. Öznurhan F, Ölmez A. Laser in pediatric dentistry. *Cumhuriyet Üni Diş Hek Derg* 2012; 15: 175-85.
50. Alkurt M, Yanıkoğlu N. Kanal dentini ve fiberle güçlendirilmiş kompozit post yüzeyine uygulanan farklı yüzey işlemlerinin post dentin bağlantısına etkisinin incelenmesi. *Atatürk Ünv Diş Hek Fak Derg* 2012; 22: 160-7.
51. Akisue E, Araki AT, Michelotto CLA et al. Effect of chemical and Er: YAG laser treatment on bond strength of root canal resin-based sealers. *Laser Med Sci* 2012.
52. DiVito E, Colonna M, Olivi G. The Photoacoustic Efficacy of an Er:YAG Laser with Radial and Stripped Tips on Root Canal Dentin Walls: An SEM Evaluation. *J Laser Dent* 2011; 19(1): 156-61.
53. Olivi G, Divito E. Photoacoustic Endodontics using PIPS™: experimental background and clinical protocol. *J Laser and and Healty Academy* 2012; 1; 22-5.
54. Neto RW, Pecora DJ, Palma GR. Thermal effects and morphological aspects of human dentin surface irradiated with different frequencies of Er: YAG laser. *Microscopy Research and Technique* 2012.
55. Cercadillo-Ibarguren I, España-Tost A, Arnabat-Domínguez J et al. Histological evaluation of thermal damage produced on soft tissues by by CO2, Er,Cr: YSGG and diode lasers. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2010; 15: 912-8.
56. Kilinc E, Roshkind DM, Antonson SA et al. Thermal safety of Er: YAG and Er,Cr: YSGG lasers in hard tissue removal. *Photomed Laser Surg* 2009; 27(4): 565-70.
57. George R, Walsh LJ. Thermal effects from modified endodontic laser tips used in the apical third of root canals with erbium-doped yttrium aluminium garnet and erbium, chromium-doped yttrium scandium gallium garnet lasers. *Photomed Laser Surg* 2010; 28: 161-5.
58. Esteves-Oliveira M, de Guglielmi CA, Ramalho KM et al. Comparison of dentin root canal permeability and morphology after irradiation with Nd: YAG, Er: YAG, and diode lasers. *Lasers Med Sci* 2010; 25(5): 755-60.
59. Gutknecht N, Franzen R, Meister J et al. Temperature evolution on human teeth root surface after diode laser assisted endodontic treatment. *Lasers Med Sci* 2005; 20(2): 99-103.

Yazışma Adresi:

Dt. Merve TOKGÖZ

Dicle Üniversitesi

Protetik Diş Tedavisi AD

Diyarbakır-Türkiye

mrvtokgoz@gmail.com