



RESTORATİF TEDAVİDE LAZER UYGULAMALARI

LASER APPLICATIONS in RESTORATIVE DENTISTRY

Yrd Doç Dr Emine ŞİRİN KARAARSLAN*

Yrd Doç Dr Cihan YILDIRIM**

Prof Dr Aslıhan ÜŞÜMEZ***

Makale Kodu/Article code: 743

Makale Gönderilme tarihi: 20.12.2011

Kabul Tarihi: 29.05.2012

ÖZET

Lazerler, diş hekimliğinde sert ve yumuşak doku tedavilerinde kullanılmaktadır. Diş çürüğünün kaldırılması ve kavite preparasyonu amacıyla yüksek hızla dönen frezlerin yerine klinik kullanıma ilk giren lazerler, CO₂ ve Nd:YAG lazerlerdir. Bu derlemede, çürüğün önlenmesi, kaldırılması, kavitenin hazırlanması, dezenfeksiyonu, dentin hassasiyeti tedavisi, kompozit rezin polimerizasyonu ve diş beyazlatmada lazer kullanımı konularına yer verildi. Restoratif tedavide lazerin uygulama alanlarıyla ilgili makalelerin sonuçları değerlendirildi. Erbium lazerler, kavite preparasyonu esnasında çoğu hastada anestezi ihtiyacı hissettirmemesi, geleneksel kavite preparasyonu yöntemlerine göre daha az titreşim ve gürültü oluşturması ve pulpa dokusunda minimal oranda yaralanmaya neden olması gibi avantajlara sahiptir. Mine yüzeyinde demineralizasyona direnç oluşturmak için, floridle birlikte lazer kullanımı önerilmektedir. Klasik tedavi yöntemlerinin yetersizliğinden dolayı, dentin hassasiyeti tedavisinde de lazer kullanımının etkili olduğu, Nd:YAG, Er:YAG ve CO₂ lazer gibi yüksek güçteki lazerlerin, dentin kanallarını kapatarak, ağrının giderilmesini sağladığı bildirilmiştir. Photo Activated Disinfection (PAD) tekniği ile derin çürük lezyonları, kök kanalı, periodontal cepler ve implant çevresi dezenfeksiyonu sağlanabilmektedir. Diş beyazlatma ajanlarının aktivasyonunda, geleneksel Halojen ve LED (light-emitting diode) ışık kaynakları ve lazerler kullanılmaktadır. Klinisyenler, çalışmalarında lazeri kullanmaya karar verirken birçok faktörü göz önünde bulundurmalıdırlar. Vakaya göre uygun lazer sistemleri ve parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu derlemede, günümüzde restoratif tedavide lazer uygulamaları ve bu uygulamaların geleceği hakkında bilgi verilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Lazerler, diş çürükleri, diş hekimliği, diş beyazlatma

ABSTRACT

Lasers have been used in the treatments of dental hard and soft tissues. CO₂ and Nd:YAG laser is the first used lasers to remove the dental caries and to prepare cavities. The use of laser has been proposed, for preventive treatment, cavity preparation, cavity disinfection, treatment of dentin hypersensitivity, composite photopolymerization, and dental bleaching in restorative dentistry in this review. The results of the concerned articles with laser applications are reviewed. Erbium lasers have some advantages as there is no need a local anesthesia during cavity preparation in most cases, less vibration and noise according to the conventional preparation technique and cause less irritation on pulp tissue. It is suggested to use laser with fluoride to constitute a resistance to demineralization. Because of the insufficiency of classical techniques, it is stated that laser usage is effective in dentin hypersensitivity and high power lasers as Nd:YAG, Er:YAG, CO₂ eliminate pain with obstructing the dentin canals. Photo Activated Disinfection (PAD) can be used to disinfect deep caries lesions, root canals, periodontal pockets and implant surround. Conventional Halogen, LED (Light-Emitting-Diode) sources and lasers can be used to activate the tooth bleaching agents. Clinicians should consider a number of factors when deciding whether to incorporate laser systems into their studies. Clinicians have to consider a lot of factor to use the laser. Appropriate laser systems and parameters of laser should be determined according to case. It is aimed to inform about the laser use in restorative dentistry in the recent past and the future.

Key Words: Lasers, dentistry, dental caries, dentistry, tooth bleaching

*Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, Gaziantep, TÜRKİYE

**Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD, Gaziantep, TÜRKİYE

*** Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, İstanbul, TÜRKİYE



Dental sert dokuda lazerler

Lazerler, 1960'ların başından itibaren tıp ve diş hekimliği alanlarında kullanılmaktadır.¹ Diş hekimliğinde başlangıçta, mine yüzeyinde kırmızı (ruby) lazer kullanılmış.¹ Daha sonra carbon dioxide (CO₂)² ve neodymium:yttrium-aluminium-garnet (Nd:YAG) lazer³ kullanımına ilişkin ilk sonuçlar bildirilmiştir.

Çürüğün kaldırılması ve kavite preparasyonu amacıyla yüksek hızla dönen frezlerin yerine klinik kullanıma ilk giren lazerler, CO₂ ve Nd:YAG lazerlerdir. Bu lazerler, dental dokularda istenmeyen etkilere yol açabilecek yüksek enerji yoğunluklarına sahip oldukları için⁴ daha sonraları, erbium-doped yttrium aluminum garnet (Er:YAG) ve erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet (Er,Cr:YSGG) lazer gibi sistemler klinik kullanıma girmiştir. Bu lazer sistemleri, su ve hidroksiapatitte etkili absorpsiyon özelliklerinden dolayı, mine ve dentinde daha etkili ablyasyon etkisi oluşturmaktadırlar.⁵ Lazer uygulanan yüzeyde sert dokuyla lazerin etkileşmesiyle hidroksiapatit matrisi içinde enerji ısıya dönüşür ve su buharı açığa çıkar. Sonrasında dokuda basınç artışı oluşur. Bu olaylar dizisi, termomekanik ablyasyon (patlama) ile açıklanan ani mikro patlamalara ve parçalanmış dokunun bölgeden ayrılmasına yol açar.⁶ Böylelikle prepare edilen yüzeylerde mikrotutucu alanlar oluşur.⁷

Dental sert dokuda lazerler başlıca şu alanlarda kullanılmaktadırlar:

1. Kavite Preparasyonu

Geleneksel kavite preparasyon yöntemleri yıllardır kullanılmaktadır. Fakat, titreşim ve sesin kemik doku tarafından iletilmesi, preparasyonun hastalar tarafından istenmeyen durum olarak algılanmasına yol açmaktadır.⁸ Ayrıca, genellikle lokal anesteziye ihtiyaç duyulması ve gereksiz sağlam doku kaybı olması bu yöntemin olumsuz yönleri arasında sayılmaktadır.⁹

Lazer ile diş doku preparasyonunda, doku ablyasyonu için yoğun elektromanyetik enerji (ışık enerjisi) kullanılır. Ablasyon etkisi; kullanılan lazerin dalga boyuna bağlı olarak, kimyasal ve termal etkilerle ilişkilidir. Lazer ışığının materyaller tarafından absorpsiyonu, daha yüksek veya daha düşük ablyasyona yol açar ve bu durum, lazer ablyasyonunun seçiciliğini açıklamaktadır. Ayrıca, çevre dokularda düşük oranda sıcaklık artışı olmaktadır.⁸

Diş dokusunda lazer ışınımının etkileri, enerji yoğunluğuna, çalışmanın kontakt veya non-kontakt modda olmasına bağlıdır.¹⁰

Er:YAG lazerler

Diş hekimliğinde Er:YAG lazerle ilgili ilk çalışmalar 1989'da Hibst ve Keller¹⁰ tarafından bildirilmiştir. Erbium lazer ışınımı, tam olarak suyun absorpsiyon noktası ve aynı zamanda hidroksiapatit tarafından absorbe edilme seviyesine denk gelen 2.94 µm dalga boyuna sahip olduğundan, mine ve dentini kaldırabilmektedir.¹¹ Er:YAG lazerde etkili ablyasyon, çalışılan dokudaki su miktarı ve lazerin enerji yoğunluğu, atım sayısı, enerjisi ve atım süresi gibi parametrelerine bağlıdır.¹² Günümüzde farklı enerji yoğunluğu, atım sayısı ve atım süresilerine sahip Er:YAG lazerler kullanılmaktadır. Er:YAG lazer sisteminde; 6-15 W arasında güç, 100-1000 µs arasında atım süresi, 10-1000 mJ arasında atım enerjisi, 2-50 Hz arasında atım tekrarlama oranı kullanılmaktadır. Çoğu üreticiler, diş preparasyonu için safir kontakt uçları önermektedir ve uç çapları 200-1300 µm arasında değişkenlik göstermektedir.¹³

Erbium lazerler, preparasyon sırasında daha az titreşim ve gürültü oluşturması ve pulpa dokusunda minimal oranda yaralanmaya neden olması gibi avantajlara sahiptir.^{14,15} Er:YAG lazer ablyasyonundan sonra kavite duvarlarında tipik morfolojik değişiklikler görülmektedir.¹⁶ Etkili ablyasyon için düşük enerji densitesi ve düşük atım süresi gerekmektedir. Er:YAG lazerde etkili ablyasyon eşik değeri, 6 J/cm²-100 µs atım ile 10 J/cm²-700 µs arasında değişmektedir¹⁷ ve Nd:YAG ve argon lazerlerle karşılaştırıldığında smear kaldırmada daha etkin sonuç vermektedirler.¹⁸ Minimal invaziv diş hekimliğinde minede Er:YAG lazerle, 10-12 W güç gerekirken,¹¹ dentinde ablyasyon için 6 W civarında güç yeterli olmaktadır.

Kullanım güvenliği açısından değerlendirildiğinde kavite preparasyon yönteminin termal zararı dikkate alınmalıdır. Lazer tedavisi sırasında özellikle inflamatuvar pulpal doku cevabına karşı dişlerin aşırı ısınmasından kaçınılmalıdır. Su spreyi soğutması ile, pulpa odasında 3°C'ye kadar¹⁹ ısı artışı olduğu bildirilmiştir. Er:YAG lazerde sulu ve susuz doku ablyasyonunda en fazla 3.9°C ısı artışı ile doku ısı 40.86°C'ye ulaşmaktadır.²⁰ Okluzal ve servikal kaviteler arasında farklılıklar olup, en yüksek değerler



Sınıf I kavitelere (3°C-4°C), bunu takiben Sınıf V kavitelere (2°C-4°C) bulunmuştur.²¹

Kompozit restorasyonların kaldırılmasında Er:YAG lazer kullanımının termal etkileri olabileceği²², hatta, pulpada geri dönüşümsüz hasara yol açabilecek ısı artışı kaydedildiği²³ özellikle atım tekrarlama oranının diğer parametrelere göre daha önemli olduğu bildirilmiştir.²⁴ Bir başka çalışmada, kompozit restorasyonların kaldırılmasında, lazer kullanımı önerilebileceği, fakat, restorasyonun tamamının sökülmesinde sağlıklı dentin dokusunun kaldırılmasına ve kavitenin gereksiz genişletilmesine yol açabileceği rapor edilmiştir.²⁵ Hibst ve Keller, Er:YAG lazer ile 250 mJ ve 350 mJ arasında enerji kullanınca restorasyon çevresinden fazla doku kaldırmayacak şekilde olumlu sonuçlar elde edildiğini bildirmişlerdir.²²

Amalgam restorasyonlarda ise, atımlı ve devamlı modda CO₂ lazer kullanımının civa buharlaşmasına neden olmadığı, Nd:YAG ve Er:YAG lazer kullanılması durumunda, amalgam yüzeyinde çukur olduğu izlenmiş, katı (solid state) lazerlerle işlem yapılması halinde, hastayı civa buharına maruz bırakacak şekilde salınım olabileceği bildirilmiştir.²⁶

Er,Cr:YSGG lazerler

Er,Cr:YSGG lazer sistemleri kavite preparasyonunda kullanılmaktadır.²⁷ Bu lazer sistemi, 2.78 µm dalga boyuna sahip olup, atımlı ışınım modunu kullanır ve enerji, ucuna 0.4-0.6 mm çapında safir uçların eklendiği özel esnek yapı vasıtasıyla iletilir. Işınım sırasında ve atımlar arasında, dokular su spreyi ile yıkanır ve bu sprey, mine, dentin ve kemik kesiminin yanı sıra, çoğu yumuşak doku cerrahi işlemlerinde de tercih edilir. Dental sert dokularda su spreyli Er,Cr:YSGG lazer sistemi kullanıldığında, dokuların soğutulmasıyla olumsuz termal etki baskılanır. Su spreyi kullanımı aynı zamanda, lazerin kesme etkinliğini artırır.²⁸ Üretici firmanın önerdiği lazer parametreleri minede; 5.5 W güç, 275 mJ/pulse, %95 hava akışı, %80 su akışı, dentinde; 3.5 W güç, 175 mJ/pulse, %75 hava akışı, %65 su akışı şeklindedir.²⁹ Histolojik çalışmalar, su spreyli Er,Cr:YSGG lazerle dental sert doku tedavisinde, minimal pulpa inflamasyonu bildirmişlerdir.^{28,30} Hossain ve ark.³¹ yaptıkları çalışmada dentinde Er,Cr:YSGG lazerle preparasyondan sonra Ca ve P miktarında artış olduğunu, fakat, frezle karşılaştırıldığında bu yapının mikrosertliği açısından farklılık görülmediğini

bildirmişlerdir. Er,Cr:YSGG lazerle preparasyon sonrasında geleneksel hidrofilik dentin bağlayıcılarla ıslanabilirliğin sağlandığı²⁹ restoratif materyal ile kavite duvarları arasında yeterli adezyonun olduğu bildirilmiştir.²⁸

Nd:YAG Lazerler

Nd:YAG lazerler, 1.064 µm dalga boyuna sahip olup, atımlı ışınım modunu kullanır.³² Diş sert dokularında yüksek penetrasyon derinliğine sahiptir ve oluşan ısı kolaylıkla daha derin tabakalara iletilir.³³ CO₂ lazer gibi bu lazer sistemi gingival düzeltme, oral ülserlerin tedavisi, frenektomi ve gingivektomi gibi yumuşak doku uygulamalarında daha çok uygulama alanı bulmaktadır.³² Bununla birlikte, çürükte absorpsiyon daha yüksek olmasına rağmen, dental sert dokularda çok daha az absorbe edilmektedir. Yamada ve ark.³⁴, Carisolv tedavisinden sonra, çürük dentin dokusunun kaldırılmasında, 2-6 W güç ve atım tekrarlama oranı 20 pps olacak şekilde devamlı su soğutmalı Nd:YAG lazeri kullanmışlar ve bu iki kombinasyonun geleneksel freze iyi bir alternatif olacağını bildirmişlerdir. Mehl ve ark.³⁵, in vitro çalışmalarında, nemli ortamda 2 mm kalınlığındaki dentin yüzeyine 83-100 mJ/pulse, 10-20 pps -parametrelerine sahip 1.060 nm dalga boyundaki Nd:YAG lazeri 20-260 s süresince uygulamışlar ve oluşan ısının pulpada geri dönüşümsüz hasara yol açabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca, ısı artışının, dentin tübüllerinin yönüyle de ilgili olduğunu, dentin tübüllerinin yönünün lazer ışınına paralel seyretmesinin ısı geçişini artırdığını açıklamışlardır. Nd:YAG lazer ablasyonuna maruz kalmış dentin yüzeyindeki morfolojik değişiklikler, ablasyona maruz kalmayana göre, yaklaşık % 6 oranında daha radyopak görüntü sergilemektedir.³⁶

2. Çürük Önleme

Dünya genelinde son yıllarda dental çürüklerin insidansı azalmasına rağmen, çürük çocukluk ve yetişkinlik çağının hala en sık karşılaşılan hastalığıdır.³⁷ Mine yüzeyinde demineralizasyona direnç oluşturmak için, floridle birlikte lazer kullanımı önerilmektedir. 1960'lardan beri, diş çürüklerin önlenmesi için, mine üzerinde lazer ışınımının etkisi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda; ruby (yakut),³⁸ neodmium,³⁹ CO₂,⁴⁰ argon⁴¹ ve erbium lazerler⁴² kullanılmıştır. Topikal florid ile lazerin kombine kullanımının çürüğe dirençte artış sağladığı,^{42,43} lazer uygulanmış minenin



uygulanmamış mineden daha uzun süre florid tuttuğu bildirilmiştir.⁴⁴ CO₂ ve Nd:YAG lazerler pulpal veya mine yaralanmasına neden olmaksızın minede fiziksel-kimyasal değişiklikler oluşturmakta ve pit ve fissür örtücülüğüne katkıda bulunmaktadır.⁴⁵ Isının florid girişini arttırdığının bilinmesinden yola çıkarak, lazerin termal etkisinin florid girişinde ana faktör olduğu bildirilmiştir.⁴⁶

Er;YAG ve Er,Cr:YSGG lazerler

Er;YAG lazer uygulamasından sonra, mine ve dentinin asit direnci ve demineralizasyonuna ilişkin çalışmalar mevcuttur. Apel ve ark.⁴³ ablasyon oluşturmayacak Er;YAG lazer uygulamasından sonra minenin kalsiyum çözünürlüğünde %20 azalma olduğunu belirtmiş ve bu etkinin çürük önlemede yeterli olabileceğini bildirmiştir. Ayrıca, ablasyon oluşturmayacak Er;YAG lazer uygulamasının minede ince çatlaklar oluşturabileceği de iddia edilmiştir.⁴⁷

Ceballos ve ark.⁴⁸ yapay çürük modelinde, asitle pürüzlendirme yerine kullanılan Er:YAG lazerin mine ve kök yüzeylerinde sekonder çürük oluşumunu azalttığını belirtmişlerdir. Asit ile karşılaştırıldığında Er:YAG lazer uygulamasının, minede ilk yüzey lezyonu derinliğinde %56 azalma, kök yüzeyi lezyon derinliğinde % 39 azalma gösterdiğini rapor etmişlerdir. Hossain ve ark.⁴⁹ sulu ve susuz Er;YAG lazer uygulamasının çürük önlemede etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Mine yüzeyini kaldırmaksızın, Er,Cr:YSGG lazeri çürük önleyici tedavide kullanmak için ablasyon oluşturmayacak subablativ parametreler önerilmiş ve 8 J/cm²'de Er,Cr:YSGG lazer ışınımından sonra minede demineralizasyon olduğu bildirilmiştir.⁴⁷ Literatürde, çürük önlemede Er,Cr:YSGG lazerin, atım süresi ve irradiasyon periyodu gibi parametrelerine ilişkin hala bazı çelişkiler yer almaktadır. Bu parametreler mine yüzeyinde farklı etkilere yol açabilir ve minenin aside karşı direncini etkileyebilirler.⁴⁶

Nd;YAG Lazerler

Diş sert dokularına Nd:YAG lazer uygulamalarında mine ve özellikle dentinin rengi ve yapısındaki farklılıklar bazı sorunlara yol açabilmektedir. Mine, görünür ve kızılötesi ışığın geçişine izin veren translusens bir dokudur. Başlatıcı ajan tarafından ışığın absorpsiyonu ısıya dönüşür ve bu da mine yüzeyinde değişikliklere neden olmaktadır. Daha opak yapıya sahip olan dentinde, renk ve yapıya bağlı olarak farklı

emilim özellikleri görülür. Translusens sklerotik dentin, Nd:YAG ışığı ya çok az absorbe edebilir veya hiç etmeyebilir. Koyu renkli dentin ise, enerjinin büyük bir bölümünü absorbe eder ve doku ısınır. Bu değişiklikler, sadece farklı dişlerde değil, tek bir dişin farklı bölgelerinde de görülebilmektedir.⁵⁰ Okluzaldeki fissür çürüklerinin önlenmesi, bu bölgelerin çürüğe daha hassas olmaları nedeni ile önemlidir.⁵¹ Molar ve premolar dişlerin okluzal yüzeyleri, üst molarların ve kesicilerin lingual, çentik ve pitleri, alt molarların bukkal pitleri çürük ataklarına özellikle hassastırlar.⁵² Zezell ve ark.⁵³, Nd:YAG lazer ve topikal floridi birlikte uyguladıkları 1 yıllık klinik takip çalışmalarında çürük sıklığında azalma olduğunu rapor etmişlerdir. Huang ve ark.⁵⁴, mine çürüğü olan premolar dişlerde, Nd:YAG lazerin florid verniği ile birlikte kullanılmasını takiben çürüklerde %40 azalma görüldüğünü, tedavi edilmeyen gruba göre, pit ve fissür lezyonlarında %43, düz yüzey lezyonlarında %80 azalma kaydedildiğini rapor etmişlerdir.

Argon Lazerler

Argon lazerler, in vivo ve in vitro ortamlarda 488 ve 514 nm dalga boyunda, nispeten düşük akım seviyelerinde (12 j/cm²), mine ve kök yüzeylerinde yüzey altı lezyonları azaltmada etkili bulunmuştur.⁵⁰ Westerman ve ark.⁵⁵, kök yüzeyi lezyonlarında başlangıç olarak argon lazer kullanmışlardır.

Powel ve ark.⁵⁶, dişlerin 600j/cm²'den daha az enerji yoğunluğuna sahip Argon lazerle tedavisinde kontrol grubuna benzer bozulmamış odontoblastik tabaka ve normal damarlanma sergilediklerini, 600-800 j/cm² arasında görülen zararın geri dönüşümlü olup, zamanla iyileşme olabileceğini (ödem, odontoblastik dizim kaybı, damar dışı kan hücreleri varlığı, fakat nekroz yok), aynı lazer ile 800j/cm²'nin üzerinde yapılan tedavide ise; odontoblastik tabakada nekroz, ayrıca ödem, damar dışı kan hücrelerine rastlanıldığını bildirmişlerdir.

Florid ve lazer kombinasyonunun çürük oluşumu üzerine sinerjik etkisi vardır. Demineralizasyona yol açan sıvılar içine 0,1 ppm'den daha az florür ilavesi, hem sağlam hem de lazer uygulanmış minenin çözünürlüğünde ciddi azalma göstermiştir. Florür varlığında, sağlam minenin çözünürlük eşik değeri, pH 5,5'den 5,14'e, lazer uygulanmış minede florür varlığında, minenin çözünürlük eşik değeri pH 4,78'den 4,31'e gerilemiştir.⁴⁴ Premolar dişlere Argon lazerle



birlikte florid uygulamasını takiben lezyon derinliğinde %62 azalma rapor edilmiştir.⁴¹

Lazerin çürük önleyici etkisinde, belirtilen mekanizmalardan biri, mine içinde mikroskobik boşluklar oluşturduğu yönündedir.⁵⁷ Bu mikro boşluklar, minenin çözünürlüğünü azaltmada etkindir. Çürüğün demineralizasyon fazında, asitte çözünen kalsiyum, fosfat gibi çeşitli mineraller ve florid iyonları ağız ortamına salınır. Lazer tarafından oluşturulan mikro boşluklar, salınan mineral ve iyonların yeniden çökmesi için ortam oluştururlar. Floridin artan miktarda ortamda olması, lazer uygulanmış minede minerallerin yeniden çökmesi ve mine çözünürlüğünün azaltılmasında kritik faktör olabilmektedir.⁵⁰

CO₂ Lazerler

Dental sert dokular, kristal yapıdaki fosfat ve karbonat gruplarından dolayı, kızılötesi spektrumun bazı bölgelerindeki ışığı seçici absorbe ederler.⁵⁸ CO₂ lazer, yüzeyel penetrasyon sağlayarak, su ve hidroksiapatit içeriği fazla olan dokular tarafından kolaylıkla emilir. Mine yüzeyinin aside dirençli yapı kazanması için, CO₂ lazer kullanılabilir.⁵⁹

Romano ve ark.⁶⁰ dentin hassasiyetinin giderilmesi amacıyla dentin yüzeyine kalsiyumhidroksit uygulayarak ve uygulamayarak (0.5, 1 ve 1.5W güç ayarında) CO₂ lazeri kullanmışlar, 0.5W güçte 5sn süresince uygulanan CO₂ lazerin pulpada herhangi bir olumsuz etkiye neden olacak ısı artışı oluşturmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca dentin tübüllerinin geçirgenliğini azaltarak analjeziye neden olan kalsiyumhidroksitin dentinde kalma süresinin CO₂ lazer uygulanması ile arttığını bildirmişlerdir.

Hsu ve ark.⁶¹ yaptıkları mine demineralizasyon çalışmalarında floridli ve floridsiz solüsyonlarla birlikte Ca ve P iyonları içeren doymuş solüsyonlarda CO₂ lazerin etkisini değerlendirmişlerdir. Mine blokları, 42.5-170 J/cm² enerji yoğunluğunda 10.6 µm dalga boyunda devamlı atımda CO₂ lazere maruz bırakılmış, lazere maruz kalmış ve kalmamış mine bloklarında, artan enerji yoğunluğu ile aside direncin arttığı gözlenmiştir. Minenin demineralizasyonu, lazer uygulanmış ve uygulanmamış minede 0,2 ppm florid varlığında ciddi oranda azalmıştır.

3. Lazerin hassasiyet giderici etkisi

Dentin hassasiyeti, yanlış diş fırçalama, dişeti çekilmesi, yetersiz beslenme ve diğer faktörlerden kaynaklanabilmektedir.⁶² Dentin tübüllerinin açığa çıkması, kısa süreli ve keskin ağrılara neden olmaktadır.⁶³

Klasik tedavi yöntemlerinin yetersizliğinden dolayı, dentin hassasiyeti tedavisinde 1980'lerin ortasından itibaren lazer kullanımı önerilmiştir. Bu konuda ilk çalışma Matsumoto ve ark.⁶⁴ tarafından Nd:YAG lazerle (10W, 0.1s, 5kez) yapılmıştır. Daha sonra yapılan çalışmaların birçoğunda Nd:YAG ve Er:YAG lazer kullanılmıştır.⁶⁵⁻⁶⁷ Nd:YAG lazerin dentin hassasiyeti tedavisi için 0.3-10W arasında güce sahip olması istenirken, en çok tercih edilen 1-2W arasındadır. Tedavinin başarısı %5-100 arasında değişkenlik göstermektedir.⁶⁵

Birang ve ark.⁶⁶ çalışmalarında belirli periyotlarda en az 6 ay süreyle uygulanan dentin hassasiyeti tedavisinde ağrıyı azaltmada Nd:YAG lazerin Er:YAG lazerden daha etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Wakabayashi ve ark.⁶⁸, düşük güçteki lazerlerin sinir uyarımını baskılayarak analjeziye neden olduklarını bildirmişlerdir. Diğer taraftan, Nd:YAG, Er:YAG ve CO₂ lazer gibi yüksek güçteki lazerlerin, dentin kanallarının kapanmasına yol açarak dentin hassasiyetinin giderilmesini sağladığı bildirilmiştir.⁶⁶ Uygun parametrelerde uygulandığında, dentin hassasiyetinin giderilmesinde Er:YAG lazerin alternatif yöntem olduğu, 3 Hz'de 80 mJ/pulse'de uygulandığında, hassasiyetin azaldığı ve 6 hafta sonrasına kadar bu iyi durumun aynı seviyede devam ettiği kanıtlanmıştır.⁶⁹ Ayrıca, dentin hassasiyeti tedavisinde sodyum florid vernikle birlikte Nd:YAG lazer kullanımının dentin kanalı girişlerinin kapanmasında etkili olduğu bildirilmiştir.^{70,71}

4. Kompozit Resin Polimerizasyonunda Lazerler

Argon lazerle kompozit resin polimerizasyonu yapılabildiği bildirilmiştir.⁷² Argon lazer, mavi (488 nm) ve yeşil (514 nm) olmak üzere 2 ayırt edici renk özelliğine sahiptir.⁷³ Çoğu kompozit resinler, polimerizasyonu başlatıcı (fotoinitator) olarak kamforkinon (CQ) içermektedir. CQ, mavi ışığın dalga boyunda absorpsiyon noktasına sahip olduğundan, mavi ışık, CQ'nu etkili olarak aktive edebilir. Aktive olan fotoinitator, polimerizasyonu sağlayan monomerleri polimere dönüştüren serbest radikaller



üretir. CQ aktivasyonu önemli olduğundan çoğu polimerizasyon sistemleri, CQ aktivasyonunu yükseltmek amacıyla geliştirilmişlerdir.⁷⁴

Ayrıca, Jang ve ark.⁷⁵ çalışmalarında, kompozit polimerizasyonu için 473 nm dalga boyuna sahip diod kaynaklı katı lazer (diode-pumped solid state-DPSS) ile 3 farklı ışık kaynağının etkinliğini karşılaştırmışlar ve DPSS lazerin son zamanlarda kullanılan ışık kaynaklarının etkinliğine benzer derecede kompozit polimerizasyonu sağladığını bildirmişlerdir. Yine, Knezevic ve ark.⁷⁶, kompozit rezin polimerizasyonunda düşük güçteki DPSS lazeri yüksek güce sahip light-emitting diode (LED) ile karşılaştırmışlar ve her ikisinde de rezinin konversiyon derecesi açısından benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Fakat, klinik kullanım için düşük güçteki DPSS lazerlerin uygun olmadığını bildirmişlerdir.

Sonuç olarak; lazerler, rezin polimerizasyonunda kullanılabilir. Argon lazerin maliyetininin yüksek olmasına, hekimlerin tecrübesizliği eklenirse, sadece kompozit rezin polimerizasyonu amacıyla argon lazer kullanımında tereddüt yaşanabilmektedir.⁷³ Ayrıca, plazma ark ve LED gibi daha ucuz polimerizasyon sistemlerinin geliştirilmesi dental kliniklerde lazerin kullanımını azaltmaktadır.⁷⁷

5. Dezenfeksiyon Amacı ile Kullanılan Lazerler

Photo Activated Disinfection (PAD) tekniği, görünür kırmızı ve kızılötesi lazerleri ve düşük güçte (100mW) görünür kırmızı yarı iletken diode lazeri kullanan sistemleri içerir ve günümüzde ticari olarak toluidine mavisi (tolonium chloride) kullanılır. PAD tekniğini kullanan ilk çalışmada Helium-Neon (He-Ne) lazerler kullanılmıştır.⁷⁸ PAD tekniğinin antimikrobiyal ajanlara dirençli subgingival plaktaki bakterileri öldürmede etkili olduğu,⁷⁹ gram-pozitif ve gram-negatif bakterileri, mantar ve virüsleri öldürmek için uygulanabildiği bildirilmiştir.⁸⁰ Ayrıca, görünür kırmızı ışık dentine iyi derecede penetre olduğundan, çürük lezyonlarda kullanılabilir.⁸¹ PAD ile yapılan çoğu klinik uygulamalar, derin çürük lezyonları, kök kanalı, periyodontal cepler ve implant çevresi dezenfeksiyonlarını içermektedir.⁸²

Ayrıca, Erbium, Nd:YAG ve diode lazerlerin tipik özelliklerine bağlı olarak bakterisit etki görülmektedir. Radyasyonun su tarafından güçlü absorpsiyonu sonrasında, hücre sıvısı ısınmakta, böylece, bakteri çoğalma yeteneğini kaybedip ölmektedir.⁸³

6. Diş Beyazlatmada Lazerler

Diş beyazlatma ajanlarının aktivasyonunda, geleneksel Halojen ve light-emitting diode (LED) ışık kaynakları ve lazerler kullanılmaktadır.⁸⁴ Ekim 1998'de American Dental Association (ADA), pulpa sağlığı ve klinik kullanım kontrolü açısından CO₂ lazerleri diş beyazlatmada önermemiş, fakat üretici önerileri dikkate alınmak koşuluyla, argon lazerlerin geleneksel ışık kaynakları yerine kullanılabileceğini belirtmiştir.⁸⁵ Carrasco ve ark.⁸⁶ yaptıkları in vitro çalışmada farklı ışık kaynakları ile 790 nm dalga boyu, 40 mW güce sahip led-lazer sistemini diş beyazlatma ajanını aktive etmesi amacıyla uygulamış ve ortaya çıkan ısı artışını karşılaştırmışlardır. Halojen ışık kaynağıyla ortaya çıkan ısının lazerden yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Sulieman ve ark.⁸⁷ 830 nm dalga boyu ve 1-3 W arası güce sahip diode lazerin çekilmiş dişlerde ısı artışındaki etkinliğini araştırmışlar, 1-2 W arası parametrelerde pulpa için zararlı olabilecek ısı artışının görülmediğini bildirmişlerdir.

Dostalova ve ark.⁸⁸ % 38 hidrojen peroksit esaslı beyazlatıcı ajanın aktivasyonunda, 970 nm dalga boyunda ve 790 nm dalga boyunda kızıl ötesi diod lazer sistemini (led-lazer sistemi) kullanmışlar, 790 nm dalga boyuna sahip kızıl ötesi led - diode lazer sisteminin daha kısa sürede (5 dakika, 40 mW) istenilen rengin elde edilmesini sağladığını bildirmişlerdir. Lazerlerle diş beyazlatma sonrasında zayıf estetik sonuçlar alındığına dair birtakım düşünceler vardır. Bunlar, özel lazer dalga boyunu ayarlamadan beyazlatıcı ajanı uygulamanın sonucunda, dişte ısı artışı ve zararlı etkilere yol açacak şekilde lazer parametrelerinin yanlış kullanımından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, bir seferde uygulanan beyazlatma tedavisi, bu tedaviye ilişkin güvensiz, olumsuz sonuçlar vermektedir. Yeni lazerler ve spesifik özellikleri olan beyazlatıcı ajanlarla ilgili çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu lazerlerden biri, diş beyazlatmada güçlü potansiyeli olan Nd:YAG lazerlerdir. Çünkü, Nd:YAG lazer, hidrojen peroksiti aktive ederken ısı açığa çıkarır ve biyostimülasyonla pulpada uyusukluk hissi oluşturur.⁸⁹ Marcondes ve ark.⁸⁹ Hidrojen Peroksitin aktivasyonu için Nd:YAG lazer (25 Hz, 2.5 W, 79.62 J/cm²) ve geleneksel halojen ışık kaynağını (400 mW/cm²) kullanmışlar, her iki yöntem sonrası benzer renk değişikliği gözlemlendiğini, Vickers mikrosertlik ve bağlantı değerlerinin ise işlem



öncesindeki değerlerden farklılık göstermediğini bildirmişlerdir.

Sonuç olarak; lazerler, uygun parametreleri belirlenerek, geleneksel yöntemlerle birlikte veya tek başlarına çürüğün önlenmesi ve kaldırılmasında, kavitenin hazırlanmasında, dezenfeksiyonunda, dentin hassasiyeti tedavisinde, kompozit rezin polimerizasyonu ve diş beyazlatma gibi birçok alanlarda kullanılabilir. Hasta konforu açısından büyük kolaylıklar sağlanmaktadır. Kullanılacağı alana göre lazerin parametrelerinin iyi belirlenmesi başarının sağlanmasında oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR

1. Stern RH, Sognaes RF. Laser beam effect on dental hard tissues. J Dent Res 1964;43(5):873.
2. Lobene RR, Bhussry BR, Fine S. Interaction of carbon dioxide laser radiation with enamel and dentin. J Dent Res 1968;47(2):311-317.
3. Yamamoto H, Ooya K. Potential of yttrium-aluminium-garnet laser in caries prevention. J Oral Pathol 1974;3(1):7-15.
4. Wigdor H, Abt E, Ashrafi S, Walsh JT Jr. The effect of lasers on dental hard tissues. J Am Dent Assoc 1993;124(2):65-70.
5. Wigdor HA, Walsh JT, Featherstone JD, Visuri SR, Fried D, Waldvogel JL. Lasers in dentistry. Lasers Surg Med 1995;16(2):103-133.
6. Freitas PM, Navarro RS, Barros JA, Eduardo CDP. The use of Er:YAG laser for cavity preparation: an SEM evaluation. Micros Res Tech 2007;70(9):803-808.
7. Moritz A, Schoopand U, Strabl M, Wintner E. Cavity Preparation in Moritz A. Oral Laser Application. 1. edition. Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin, 2006. P.75-138.
8. Berggren U, Meynert G. Dental fear and avoidance: causes, symptoms, and consequences. J Am Dent Assoc 1984;109(2):247-251.
9. Banerjee A, Kidd EA, Watson TF. In vitro evaluation of five alternative methods of carious dentine excavation. Caries Res 2000;34(2):144-150.
10. Hibst R, Keller U. Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances: I. Measurement of the ablation rate. Lasers Surg Med 1989;9(4):338-344.
11. Hibst R. Lasers for caries removal and cavity preparation: state of the art and future directions. J Oral Laser Appl 2002;2(4):203-212.
12. Kim ME, Jeoung DJ, Kim KS. Effects of water flow on dental hard tissue ablation using Er:YAG laser. J Clin Laser Med Surg 2003;21(3):139-144.
13. Bader C, Krejci I. Indications and limitations of Er:YAG laser applications in dentistry. Am J Dent 2006;19(3):178-186.
14. Dederich DN, Bushick RD. Lasers in dentistry: separating science from hype. J Am Dent Assoc 2004;135(2):204-212.
15. de Freitas PM, Soares-Geraldo D, Biella-Silva AC, Silva AV, da Silveira BL, Eduardo Cde P. Intrapulpal temperature variation during Er,Cr:YSGG enamel irradiation on caries prevention. J Appl Oral Sci 2008;16(2):95-99.
16. Sirin Karaarslan E, Secilmis A, Bulbul M, Yildirim C, Usumez A. Temperature increase beneath etched dentin discs during composite polymerization. Photomed Laser Surg 2011;29(1):47-52.
17. Apel C, Franzen R, Meister J, Sarrafzadegan H, Thelen S, Gutknecht N. Influence of the pulse duration of an Er:YAG laser system on the ablation threshold of dental enamel. Lasers Med Sci 2002;17(4):253-257.
18. Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. Comparative study about the removal of smear layer by three types of laser devices. J Clin Laser Med Surg 1998;16(2):117-122.
19. Visuri SR, Walsh JT Jr, Wigdor HA. Erbium laser ablation of dental hard tissue: Effect of water cooling. Lasers Surg Med 1996;18(3):294-300.
20. Cavalcanti BN, Lage-Marques JL, Rode SM. Pulpa temperature increases with Er:YAG laser and high-speed handpieces. J Prosthet Dent 2003;90(5):447-451.
21. Oelgiesser D, Blasbalg J, Ben-Amar A. Cavity preparation by Er-YAG laser on pulpal temperature rise. Am J Dent 2003;16(2):96-98.
22. Hibst R, Keller U. Removal of dental filling materials by Er:YAG laser radiation. Proc SPIE 1991;1424:120-126.
23. Cavalcanti BN, Otani C, Turns SM. High-speed cavity preparation techniques with different water flows. J Prosthet Dent 2002;87(2):158-161.



24. Hibst R, Keller U. Effect of water spray and repetition rate on temperature elevation of dentine. *Proc SPIE* 1996;2623(1):139-144.
25. Correa-Afonso AM, Palma-Dibb RG, Pécora JD Composite filling removal with erbium:ytrium-aluminum-garnet laser: morphological analyses. *Lasers Med Sci* 2010;25(1):1-7. Epub 2008 Jul 4
26. Pioch T, Matthias J. Mercury vapor release from dental amalgam after laser treatment. *Eur J Oral Sci* 1998;106(1):600-2.
27. Aranha AC, De Paula Eduardo C, Gutknecht N, Marques MM, Ramalho KM, Apel C. Analysis of the interfacial micromorphology of adhesive systems in cavities prepared with Er, Cr:YSGG, Er:YAG laser and bur. *Microsc Res Tech* 2007;70(8):745-751.
28. Hossain M, Nakamura Y, Yamada Y, Murakami Y, Matsumoto K. Microleakage of composite resin restoration in cavities prepared by Er,Cr:YSGG laser irradiation and etched bur cavities in primary teeth. *J Clin Pediatr Dent* 2002;26(3):263-268.
29. Shahabi S, Ebrahimpour L, Walsh LJ. Microleakage of composite resin restorations in cervical cavities prepared by Er,Cr: YSGG laser radiation. *Aust Dent J* 2008;53(2):172-175.
30. Eversole LR, Rizoiu I, Kimmel AI. Pulpal response to cavity preparation by an erbium, chromium: YSGG laser-powered hydrokinetic system. *J Am Dent Assoc* 1997;128(8):1099-1106.
31. Hossain M, Nakamura Y, Tamaki Y, Yamada Y, Murakami Y, Matsumoto K. Atomic analysis and Knoop hardness measurement of the cavity floor prepared by Er,Cr:YSGG laser irradiation in vitro. *J Oral Rehabil* 2003;30(5):515-521.
32. Douglas N, Dederich and Ronald D. Bushick. Lasers in dentistry:Separating from hype. *J Am Dent Assoc* 2004;135(2):204-212.
33. Mc Donald A, Claffey N, Pearson G, Blau W, Setchell D. The effect of Nd:YAG radiation at nanosecond pulse duration on dentine crater depth. *Biomaterials* 2002;23(1):51-58.
34. Yamada Y, Hossain M, Kawanaka T, Kinoshita J, Matsumoto K. Removal effects of the Nd:YAG laser and Carisolv on carious dentin. *J Clin Laser Med Surg* 2000;18(5):241-245.
35. Mehl A, Kremers L, Salzmann K, Hickel R. 3D volume-ablation rate and thermal side effects with the Er:YAG and Nd:YAG laser. *Dent Mater.* 1997;13(4):246-251.
36. Brucoli HCP, Arita ES, Eduardo CP. In vitro radiographic analysis of Nd:YAGlaser-irradiated dentin. *Lasers Med Sci* 2005;20(2):89-94.
37. Cheong WF, Prah SA, Welch AJ. A review of the optical properties of biological tissues. *IEEE J Quantum Electron* 1990; 26(12):2166-2185.
38. Stern RH, Sognnaes RF. Laser inhibition of dental caries suggested by first tests in vivo. *J Am Dent Assoc* 1972;85(5):1087-1090.
39. Kimura Y, Wilder-Smith P, Arrastia-Jitosho AMA, Liaw LHL, Matsumoto K, Berns MW. Effects of nanosecond pulsed Nd:YAG laser irradiation on dentin resistance to artificial caries-like lesions. *Lasers Surg Med* 1997;20(1):15-21.
40. Nelson DG, Jongebloed WL, Featherstone JD. Laser irradiation of human dental enamel and dentine. *NZ Dent J* 1986;82(369):74-77.
41. Hicks J, Winn D 2nd, Flaitz C, Powell L. In vivo caries formation in enamel following argon laser irradiation and combined fluoride and argon laser treatment: A clinical pilot study. *Quintessence Int* 2004;35(1):15-20.
42. Apel C, Birker L, Mesiter J, Gutknecht N. The caries preventive potential of subablative Er:YAG and Er:YSGG laser radiation in an intraoral model: a pilot study. *Lasers Surg Med* 2004;22(4):312-317.
43. Apel C, Meister J, Schmitt N, Graber HG, Gutknecht N. Calcium solubility of dental enamel following sub-ablative Er:YAG and Er:YSGG laser irradiation in vitro. *Lasers Surg Med* 2002;30(5):337-341.
44. Ana PA, Bachmann L, Zezell DM. Lasers effects on enamel for caries prevention. *Laser Phys* 2006;16(5):865-875.
45. Walsh LJ, Perham SJ. Enamel fusion using a carbon dioxide laser: A technique for sealing pits and fissures. *Clin Prev Dent* 1991;13(3):16-20.
46. Hossain M, Kimura Y, YamadaY, NakamuraY, Yamada Y, Kinoshita JI, Matsumoto K. A study on acquired acid resistance of enamel and dentin irradiated by Er,Cr:YSGG laser. *J Clin Laser Med Surg* 2001;19(3):159-163.
47. Apel C, Meister J, Gotz H, Duschner H, Gutknecht N. Structural changes in human dental enamel after subablative erbium laser irradiation and its potential use for caries prevention. *Caries Res* 2005;39(1):65-70.



48. Ceballos L, Toledano M, Osorio R, Tay FR, Marshall GW. Bonding to Er:YAG laser treated dentin. *J Dent Res* 2002;81(2):119-122.
49. Hossain M, Nakamura Y, Kimura Y, Yamada Y, Ito M, Matsumoto K. Caries-preventive effect of Er:YAG laser irradiation with or without water mist. *J Clin Laser Med Surg* 2000;18(2):61-65.
50. Goharkhay K, Moritz A. Caries Prevention in Moritz A. Oral Laser Application. 1.edition, Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin. 2006, 193-239.
51. Hennon DK, Stookey GK, Muhler JC. Prevalence and distribution of dental caries in preschool children. *J Am Dent Assoc* 1969;79(6):1405-1414.
52. Barr JH, Diodati RR, Stephens RG. Incidence of caries at different locations on the teeth. *J Dent Res* 1957;36(4):536-545.
53. Zezell DM, Boari HGD, Ana PA, Eduardo and Powell GL. Nd:YAG Laser in Caries Prevention: A Clinical Trial. *Lasers Surg Med* 2009;41(1):31-35.
54. Huang GF, Lan WH, Guo MK, Chiang CP. Synergistic effect of Nd:YAG laser combined with fluoride varnish on inhibition of caries formation in dental pits and fissures in vitro. *J Formos Med Assoc* 2001;100(3):181-185.
55. Westerman GH, Hicks MJ, Flaitz CM, Blankenau RJ, Powell GL, Berg JH. Argon laser irradiation in root surface caries: in vitro study examines laser's effects. *J Am Dent Assoc* 1994;125(4):401-407.
56. Powell GL, Morton TH, Whisenant BK. Argon laser oral safety parameters for teeth. *Laser Surg Med* 1993;13(5):548-552.
57. Haider SM, White GE, Rich A. Combined effects of argon laser irradiation and fluoride treatments in prevention of caries like lesion formation in enamel. *J Clin Pediatr Dent* 1999;23(3):247-257.
58. Fried D, Ragadio J, Akrivou M, Featherstone JDB. Dental hard tissue modification and removal using sealed transverse excited atmospheric-pressure lasers operating at $\lambda=9.6$ and $10.6\mu\text{m}$. *J Biomed Optics* 2001;6(2):231-238.
59. Steiner-Oliveira C, Rodrigues LK, Soares LE, Martin AA, Zezell DM, Nobre-dos-Santos M. Chemical, morphological and thermal effects of 10.6-microm CO₂ laser on the inhibition of enamel demineralization. *Dent Mater J* 2006;25(3):455-462.
60. Romano AC, Aranha AC, da Silveira BL, Baldochi SL, Eduardo Cde P. Evaluation of carbon dioxide laser irradiation associated with calcium hydroxide in the treatment of dentinal hypersensitivity. A preliminary study. *Lasers Med Sci* 2011 26(1):35-42.
61. Hsu J, Fox JL, Wang Z, Powell GL, Otsuka M, Higuchi WI. Combined effects of laser irradiation/solution fluoride ion on enamel demineralization. *J Clin Laser Med Surg* 1998;16(2):93-105.
62. Schuur AHB, Wesselink PR, Eijkman MAJ, Duivenvoorden HJ. Dentists' views on cervical hypersensitivity and their knowledge of its treatment. *Endod Dent Traumatol* 1995;11(5):240-244.
63. Orchardson R, Gillam DG. Managing dentin hypersensitivity. *J Am Dent Assoc* 2006;137(7):990-998.
64. Matsumoto K, Funai H, Shirasuka T, Wakabayashi H. Effects of Nd:YAG-laser in treatment of cervical hypersensitive dentine. *J Conserv Dent* 1985;28:760-765.
65. Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. Treatment of dentine hypersensitivity by lasers: a review. *J Clin Periodontol* 2000;27(10):715-721.
66. Birang R, Jamshid Poursamimi J, Gutknecht N, Lampert F, Mir M. Comparative evaluation of the effects of Nd:YAG and Er:YAG laser in dentin hypersensitivity treatment. *Lasers Med Sci* 2007;22(1):21-24.
67. Birang R, Kaviani N, Mohammadpour M, Abed AM, Gutknecht N, Mir M. Evaluation of Nd:YAG laser on partial oxygen saturation of pulpal blood in anterior hypersensitive teeth. *Lasers Med Sci* 2008;23(3):291-294.
68. Wakabayashi H, Hamba M, Matsumoto K, Tachibana H. Effect of irradiation by semiconductor laser on responses evoked in trigeminal caudal neurons by tooth pulp stimulation. *Lasers Surg Med* 1993;13(6):605-610.
69. Schwarz F, Arweiler N, Georg T, Reich E. Desensitizing effects of an Er:YAG laser on hypersensitive dentine. *J Clin Periodontol* 2002;29(3):211-215.
70. Kumar NG, Mehta DS. Short-term assessment of the Nd-YAG laser with and without sodium fluoride varnish in the treatment of dentin hypersensitivity-a clinical and scanning electron microscopy study. *J Periodontol* 2005;76(7):1140-1147.



71. Hsu PJ, Chen JH, Chuang FH, Roan RT. The combined occluding effects of fluoride-containing dentin desensitizer and Nd-Yag laser irradiation on human dentinal tubules: an in vitro study. *Kaohsiung J Med Sci* 2006;22(1):24-29.
72. Cavalcante LM, Peris AR, Ambrosano GM, Ritter AV, Pimenta LA. Effect of photoactivation systems and resin composite on the microleakage of esthetic restorations. *J Contemp Dent Pract* 2007; 8(2):70-79.
73. Asmussen E, Peutzfeldt A. Temperature rise induced by some light emitting diode and quartz-tungsten-halogen curing units. *Eur J Oral Sci* 2005; 113(1):96-98.
74. Jung YH, Cho BH, Nah KS, Kim HI, Kwon YH. Effect of diode-pumped solid state laser on polymerization shrinkage and color change in composite resins. *Lasers Med Sci* 2010;25(3):339-343.
75. Jang CM, Seol HJ, Kim H, Kwon YH. Effect of different blue light-curing systems on the polymerization of nanocomposite resins. *Photomed Laser Surg* 2009;27(6):871-876.
76. Knezevic A, Ristic M, Demoli N, Tarle Z, Music S, Negovetic Mandic V. Composite photopolymerization with diode laser. *Oper Dent* 2007; 32(3):279-284.
77. Hashimoto K, Inai N, and Tagami J. Evaluation of the light intensity of higher intensity light units. *Am J Dent* 2006;19(April, June, August):143-146.
78. Wilson M, Dobson J, Harvey W. Sensitization of oral bacteria to killing by low-power laser radiation. *Curr Microbiol* 1992;25(2):77-81.
79. Wilson M. Bacterial effect of laser light and its potential use in the treatment of plaque-related diseases. *Int Dent J* 1994;44(2):181-189.
80. O'Neill JF, Hope CK, Wilson M. Oral bacteria in multi-species biofilms can be killed by red light in the presence of toluidine blue. *Lasers Surg Med* 2002;31(2):86-90.
81. Burns T, Wilson M, Pearson GJ. Effect of dentine and collagen on the lethal photosensitization of *Streptococcus mutans*. *Caries Res* 1995;29(3):192-7.
82. Dortbudak O, Haas R, Bernhart T, Mailath-Pokorny G. Lethal photosensitization for decontamination of implant surfaces in the treatment of peri-implantitis. *Clin Oral Implants Res* 2001;12(2):104-108.
83. Pirnat S, Lukac M, Ihan A. Study of the direct bactericidal effect of Nd:YAG and diode laser parameters used in endodontics on pigmented and nonpigmented bacteria. *Lasers Med Sci* 2011; 26(6): 755-761.
84. Palmer TM, Hansen LD. In-office vital tooth bleaching - what do lights add? *Compend Contin Educ Dent* 2003;24(4A):340-352.
85. ADA Council on Scientific Affairs. Laser-assisted bleaching: an update. *J Am Dent Assoc* 1998; 129(10): 1484-1487.
86. Carrasco TG, Carrasco-Guerisoli LD, Fröner IC. In vitro study of the pulp chamber temperature rise during light-activated bleaching. *J Appl Oral Sci* 2008;16(5):355-359.
87. Sulieman M, Rees JS, Addy M. Surface and pulp chamber temperature rises during tooth bleaching using a diode laser: a study in vitro. *Br Dent J* 2006; 200(11):631-634.
88. Dostalova T, Jelinkova H, Housova D, Sulc J, Nemeč M, Miyagi M, Brugnera JA, Zanin F. Diode laser-activated bleaching. *Braz Dent J* 2004; 15: S13-18.
89. Marcondes M, Paranhos MP, Spohr AM, Mota EG, da Silva IN, Souto AA, Burnett LH Jr. The influence of the Nd:YAG laser bleaching on physical and mechanical properties of the dental enamel. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2009; 90(1): 388-395.

Yazışma Adresi:

Yrd. Doç. Dr. Emine ŞİRİN KARAARSLAN
Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı,
27310 Gaziantep, TÜRKİYE
Tlf: 342 360 60 60- 76 613
Fax: 342 361 06 10
e-mail: karaarslan.emine@gmail.com

