

Hızlandırılmış Diş Hareketinde Düşük Doz Lazer Kullanımı

Low Level Laser Therapy For Accelerated Orthodontic Tooth Movement

Yasemin Bahar ACAR¹, Sibel BİREN²

Öz

Günümüzde, giderek daha fazla sayıda yetişkin birey ortodontik tedavi talep etmektedir. Kısa sürede iyi bir tedavi sonucuna ulaşmak isteyen yetişkin hastaların artması ve uzun süreli ortodontik tedavilerin (çürük, beyaz lezyon, periodontal problemler ve kök rezorpsiyonu gibi) olası yan etkileri nedeniyle araştırmacılar diş hareketini hızlandırmayı amaçlayan çalışmalara yönelmiştir. Diş hareketini hızlandırmak amacıyla yapılan güncel uygulamalar arasında düşük doz lazer terapisi, titreşimli elektromanyetik alanlar, elektriksel akım, kortikotomi, distraksiyon osteogenezi ve mekanik titreşim sayılabilmektedir. Bu derlemede diş hareketini hızlandırmak amacıyla uygulanan güncel fizyolojik yaklaşımlardan biri olan düşük doz lazer terapısından bahsedilecektir. Bu konudaki birçok çalışmada bulgular genel olarak DDLT'nin diş hareketi hızını artırdığına yöneliktir. Ancak DDLT'nin diş hareketi üzerinde etkili olmadığını belirten çalışmalar da mevcuttur. Literatürdeki çalışmaların bütününe bakıldığında; insanlarda klinik uygulama rutinlerini ve etkilerini belirginleştirmek açısından bu konuda daha fazla çalışma yapılması gerektiği sonucuna varılabilir. Bununla birlikte, periodontal dokular açısından güvenli bir yöntem olan DDLT'nin ortodontik tedavi kaynaklı diş ağrılarını azaltması, invazif olmaması, uygulama kolaylığı, hastaya rahatsızlık vermemesi ve fizyolojik bir yaklaşım olması gibi özellikleri göz önüne alındığında ortodonti alanında önemli faydaları ve kullanım alanları olacağı öngörülebilir.

Anahtar Kelimeler: Düşük doz lazer terapisi, Hızlandırılmış diş hareketi, İş hareketi teknikleri

Abstract

Contemporarily, more adult patients seek orthodontic treatment. This increasing number of adult patients who usually demand good results in a short treatment period and the possible side effects of a prolonged orthodontic treatment (such as caries, white spot lesions, periodontal problems and root resorption) lead researches to search for methods that accelerate orthodontic tooth movement. Low-level laser therapy, electrical current, pulsed electromagnetic fields, corticotomy, distraction osteogenesis and mechanical vibration can be listed among the methods that intend to increase the orthodontic tooth movement rate. This paper aims to review the current literature about low-level laser therapy (LLLT), which is one of the physiological approaches for accelerated orthodontic tooth movement. There are many studies on animal and human subjects, which report positive effects of LLLT on orthodontic tooth movement rate. However there are also studies that found no acceleratory effects of LLLT. In an overview of the literature, it can be concluded that more studies are necessary to clarify the clinical application methods and effects on humans. Still, considering the advantages of LLLT such as easy application, no patient discomfort, reducing orthodontically induced pain, being a non-invasive, periodontally safe and physiological approach, it can be foreseen that LLLT can have clinical use and benefits.

Keywords: Low level laser therapy, Accelerated tooth movement, Tooth movement techniques

Uzun süreli ortodontik tedavinin hasta konforu ve uyumunu azaltması, eksternal kök rezorpsiyonu ve çürük riskini artırması ve giderek daha fazla sayıda yetişkin hastanın ortodontik tedavi talep etmesi gibi faktörler araştırmacıları diş hareketini hızlandırmaya yönelik çalışmalara yönlendirmiştir. Günümüzde diş hareketini hızlandırmak amacıyla yapılan uygulamalar arasında düşük doz lazer terapisi, titreşimli elektromanyetik alanlar, elektriksel akım, kortikotomi, distraksiyon osteogenezi ve mekanik titreşim sayılabilmektedir. Bu alandaki çalışmalar 5 ana başlık altında incelenebilir:

Yasemin Bahar Acar (✉), Sibel Biren
Marmara University, Faculty of Dentistry, Department of Orthodontics,
Istanbul, Turkey.
yaseminbaharciftci@gmail.com

Marmara Üniversitesi Başbüyük Sağlık Kampüsü, Başbüyük Yolu 9/3
34854 Başbüyük / Maltepe / İstanbul Türkiye
Tel : 0216 421 16 21 – 1454

Submitted / Gönderilme: 19.03.2018 Accepted/Kabul: 02.04.2018

- 1) Biyomekanik yaklaşım: Kapaklı braketler
- 2) Fizyolojik yaklaşım: Doğrudan elektrik akımı ya da düşük doz lazer terapisi
- 3) Farmakolojik yaklaşım: Lokal olarak sitokin ya da hormon enjeksiyonu
- 4) Cerrahi destekli yaklaşım: Periodontal ligament (PDL) distraksiyon osteogenezi, dentoalveoler distraksiyon osteogenezi, selektif dekortikasyon, piezo-insizyon
- 5) “Cerrahi-benzeri” yaklaşım: Submukozal PRP enjeksiyonu

Bu derlemede diş hareketini hızlandırmak amacıyla uygulanan güncel fizyolojik yaklaşımlardan biri olan düşük doz lazer terapısından bahsedilecektir.

1917 yılında Einstein uygun boyutlu bir fotonun, uyarılmış durumda bulunan bir moleküle çarpması halinde, bu molekülün daha düşük enerji seviyesine geçerken, kendisine çarpan fotonla aynı doğrultuda hareket eden ve aynı büyüklükte bir foton salacağını ortaya koymuştur.¹ Einstein’ın ileri sürdüğü foton salınımının bir gaz odacığının mikrodalga ışınları ile uyarılması sonucunda gerçekleştirilmesi ile “*Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*” prensibi ortaya çıkmıştır.² Bu tanımın baş harflerinin birleşimi ile kısaca MASER olarak adlandırılan bu prensibin, ışık dahil herhangi bir dalga boyundaki tüm elektromanyetik dalgalara uygulanması ile de “*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*” (LASER) kavramı doğmuştur.³

Lazer ortamı olarak bilinen katı, sıvı veya gazla dolu bir odacığın, dışsal bir etken (enerji kaynağı) ile uyarılması sonucu meydana gelen spontan foton salınımı, hareketli fotonlar oluşmasına neden olur. Bu hareketli fotonlar, lazer odacığının optik resonatör olarak adlandırılan aynalarla kaplı iki ucu arasında yansıyarak ortamı terk etmeden önce, lazer ortamı içindeki diğer atomların da uyarılmasına yol açarak yeni bir emisyon meydana getirirler. Bu sırada oluşan lazer ışığı yeterli genliğe ulaştığında, bir tanesi kısmi geçirgen olan aynadan dışarı çıkarak konsantre bir ışık demeti oluşturmaktadır. Bu olay bir lazer atışını açıklamaktadır.

Lazer ışığı normal ışıktan farklı fiziksel özelliklere sahiptir: Sadece tek renk ve dalga boyuna sahiptir (monokromatik’tir); ışık hüzmesi konsantre, güçlü ve doğrusaldır; ışık dalgası, tüm fotonlar aynı fazda bulunduğundan organize biçimde hareket etmektedir (koherent’tir). Bu özellikler sayesinde lazer ışını yüksek

seviyede enerjinin ufak noktalara odaklanmasını sağlar. Lazer ışığı dokuya girdikten sonra yansıtılabilir, absorbe edilebilir, direkt geçebilir ya da saçılabilir. Doku ile lazer probu arasındaki mesafe ve hedef dokunun özellikleri, lazerin dokuda oluşturması istenen etki açısından değerlendirilmelidir.

Diş hekimliğinde güncel olarak kullanılan lazer tiplerine kısaca değinmek gerekirse;⁴

Argon Lazer

Görünür spektrumda yer alır. Diş hekimliğinde 488 nm ve 514 nm olmak üzere 2 dalga boyu uygulanmaktadır. Dalga boyları dişin sert dokusunda absorbe edilmediğinden yumuşak doku uygulamalarında, hemostaz ve beyazlatma işlemlerinde etkin ve güvenli bir şekilde kullanılabilir.

Diyot Lazer

Diş hekimliğinde 800-980 nm arasında dalga boyları uygulanabilmektedir. Aliminyum-galyum-arsenik (AlGaAs) içeren diyot lazerler 810 nm; İndiyum-galyum-arsenik (InGaAs) içerenler 980 nm dalga boyunda emisyon yapar. Bu dalga boyları, pigmente dokularda yüksek oranda emilim gösterirler, dokudaki penetrasyon derinliği 2-3 mm’dir ve dokuda ısı artışına neden olmazlar. Düşük doz lazer tedavilerinde biyostimülasyon amacı ile sıklıkla kullanılmaktadırlar.

Neodymium:YAG (Nd:YAG) Lazer

Elektromanyetik spektrumda infrared bölgede yer alır ve 1064 nm dalga boyuna sahiptir. Melanin içeren dokularda hemoglobin içeren dokulara kıyasla daha yüksek emilimi bulunmaktadır. Diş sert dokularında çok az emilmesi sebebiyle dişe komşu yumuşak dokularda uygulanan yumuşak doku işlemlerinde iyi bir hemostaz ile birlikte çalışılmasını sağlar.

Erbium:YAG (Er:YAG) Lazer

Günümüzde diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılan lazerlerden biridir. Er:YAG lazer 2936 nm; Erbium chromium: YSGG lazer ise 2780 nm dalga boyunda lazer emisyonu gerçekleştirmektedir. Bu lazerler, su ve hidroksiapatite yüksek absorpsiyon gösterirler. Bu özellikleri

sayesinde dokuyu hassasiyetle kesebilmektedir ve kemiği ilgilendiren cerrahilerde başarıyla kullanılabilir. Yumuşak dokuda hemostaz sağlaması ve yumuşak dokuya termal olarak çok az hasar vermesi sebebiyle de cerrahi yaraların iyileşmesi daha hızlı olmaktadır.

Karbondioksit Lazer

10.600 nm ile ışık spektrumunda kızıl ötesi alandadır. İyi hemostaz sağlar, dokuda yüzeysel bir penetrasyonu vardır ve hidroksiapatite afinitesi yüksektir. Birçok cerrahi uygulamada kullanılabilir.

Ortodonti alanında lazerler, sert ve yumuşak doku uygulamaları, mine ve porselen yüzeylerinin pürüzlendirilmesi, braketlerin sökümü, biyostimulasyon ile hızlandırılmış diş hareketi sağlanması, diş hareketine bağlı ağrının azaltılması gibi farklı amaçlarla kullanılabilir. Uzun süreli ortodontik tedavinin hasta konforu ve uyumunu azaltması, eksternal kök rezorpsiyonu^{5,6} ve çürük riskini⁷⁻⁹ artırması ve giderek daha fazla sayıda yetişkin hastanın ortodontik tedavi talep etmesi gibi faktörler araştırmacıları özellikle diş hareketini hızlandırmaya yönelik çalışmalara yönlendirmiştir. Günümüzde diş hareketini hızlandırmak amacıyla yapılan çeşitli uygulamalar arasında düşük doz lazer terapisi fizyolojik bir yaklaşım olarak sınıflandırılmaktadır.¹⁰

Lazer ışınlarının dokuda en fazla 1°C'lik ısı artışı yaratarak oluşturduğu etkilere 'biyostimulan etkiler' denmektedir. Lazer ışınlarının biyostimulan etkilerinden faydalanılarak yapılan tedaviler 'Düşük Doz Lazer Terapisi', 'fotobiyostimulasyon', 'fotobiyomodülasyon' veya 'lazer biyoaktivasyonu' gibi farklı isimlerle anılmaktadır. Soğuk lazer olarak da bilinen düşük doz lazer terapisi, (DDLTL) dokularda ısı artışına sebep olmayan bir ışınlama sağlar¹¹. Etki mekanizması, hücre altı foto-reseptörlerin görünür kırmızı ve yakın-kızılötesi dalga boylarına yanıt verme kapasitesi ile çalışır. Bu reseptörlerin uyarılması ile dokuların enzimsel ve fotokimyasal aktivitelerinde değişiklikler meydana gelir.^{12,13} Elektron taşınma zinciri, solunum döngüsü ve oksidasyon mekanizmaları etkilenerek hücre metabolik süreçlerde artış oluşur.⁶ Aynı zamanda fibroblastik aktivitelerde (fibroblast proliferasyonu, kollajen salgılanması, kollajen matris deposisyonu) artış; osteoblastik ve osteoklastik farklılaşmada/aktivitelerde ve kemik rezorpsiyonunda artış ve alveoler kemik döngüsünün hızlanması gibi etkileri gösterilmiştir.^{11,12} Lazer uygulamasının nöronal etkisi ise membran potansiyelinin stabilizasyonu ile ağrı sinyalinin engellenmesi şeklinde

gerçekleşir. Lazer uygulamasını takiben ağrılı uyarana karşı C-fibrillerinde pulpal cevabın baskılandığı gösterilmiştir.¹³ Bununla birlikte prostaglandin E2 gibi ağrılı duyuların oluşmasında rol oynayan enflamatuar ajanların azalmasına da etkili olduğu bildirilmiştir.¹⁴ Özetle DDLTL'nin; kemik hücresel aktivitesi, kemik yapısı, kemik iyileşmesi, fibroblast aktivitesi ve enflamatuar süreç üzerinde etkileri mevcuttur.

DDLTL'nin ortodontik tedavi sırasında doğal olarak oluşan enflamatuar reaksiyonlar üzerinde vazodilatasyon, mast hücrelerinde degranülasyon ve bununla birlikte doku iyileşmesini ivmelendiren enflamatuar ajanların salınması gibi çeşitli etki mekanizmalarının olduğu düşünülmektedir.¹¹ DDLTL'nin dokular üzerindeki bu etkilerinden yola çıkılarak, ortodontik tedavi sırasında diş hareketini hızlandırarak tedavi süresini kısaltabileceği, diş hareketine bağlı ağrıyı azaltabileceği ve tedavi sonrasında nüksü azaltabileceği öngörülmekte ve bu yönde çalışmalar yapılmaktadır.

Diş hareketini hızlandırmak amacıyla en sık kullanılan lazer türü gallium-aluminyum-arsenid (GaAlAs) diode lazerdir. DDLTL, ilgili dişlerin genellikle bukkal, palatal, mesial/distal yada servikal, orta ve apikal mukozaları üzerinden uygulanabilir. Uygulanan dalga boyları 630–860 nm ve enerji dozu 4.5-6.0 J/cm² arasında değişkenlik göstermektedir.¹⁶⁻²⁴ Doz hesaplamalarındaki birimleri kısaca açıklamak gerekirse; Joule (J) verilen enerjiyi ifade eder ve miliwatt (mW)* saniye(sn) = miliJoule olarak hesaplanır. Uygulanan enerji dozu ise enerji (J) /ışınlanan alan (cm²) = J/cm² olarak hesaplanır.

Literatüre baktığımızda bu konudaki bulgular genel olarak DDLTL'nin diş hareketi hızını artırdığına yöneliktir. Kawasaki ve Shimizu ile Yoshida ve ark. ratlarda yaptıkları çalışmalarda 12 ve 21 günlük sürelerde diş hareketinin 1.3 oranında arttığını bildirmişlerdir.^{15,16} Yamaguchi ve ark. 50 Wistar ratı üzerinde yürüttükleri deneysel çalışmalarında GaAlAs (810 nm) lazer cihazı ile 54 J/cm² lazer uygulamış; ortodontik diş hareketinin hızlandığını gözlemlemişlerdir.¹⁷ Fujita ve ark.nın yine ratlar üzerinde yaptıkları bir çalışmada ise 54 J/cm² lazer uygulanan gruptaki deneklerde diş hareketi miktarının ve RANKL immuno-reaktivitesinin kontrol grubuna kıyasla arttığı bulunmuştur.¹⁸ Kim ve ark. köpeklerde yaptıkları bir çalışmada 2 aylık süreçte diş hareketinde 2,08 kat artış bulmuşlardır.¹⁹ Goulart ve ark. yine köpeklerde yaptıkları bir çalışmada birinci grupta 3 sn. boyunca 5.25 J/cm²; ikinci grupta 25 sn. boyunca 35 J/cm² enerji yoğunluğunda lazer uygulamışlardır.²⁰ Buna göre 21 günlük sürede birinci grupta diş hareketi hızı kontrol

grubuna göre %50 oranında artarken ikinci grupta %90 azalma göstermiştir. Buna göre Goulart ve ark. köpeklerde yapılan bu çalışmada 5 J/cm² ve toplamda 1.89 J enerji yoğunluğu ile uygulanan DDLT'nin ivmelendirici etkisi olurken 35 J/cm² ve toplamda 12.6 J enerji yoğunluğu ile uygulanan DDLT'nin doku cevabını baskılayan bir biyolojik etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Abi-Ramia ve ark. 2010 yılında yaptıkları bir çalışmada ortodontik diş hareketi ve DDLT'nin dental pulpa üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Fareler üzerinde yaptıkları bu çalışmada vaskülerizasyonda anlamlı bir artış bulmuşlar ve bunun pulpal doku tamirini artırabileceği çıkarımında bulunmuşlardır.²¹

DDLT'nin diş hareketi üzerindeki etkilerini insanlar üzerinde inceleyen çalışmalardan ilki 2004 yılında Cruz ve ark tarafından yapılmıştır.²² On bir hasta ile yapılan bu çalışmada çift taraflı premolar dişi çekimini takiben kanin distalizasyonu sırasında bir taraf kontrol grubu olarak kullanılırken diğer tarafta 780 nm dalga boyu 20 mW ve 5 J/cm² yoğunluğunda 10'ar defa 10 sn. süresince ve her ay 4 kez GaAlAs diyot lazer uygulanmıştır. Lazer uygulanan kanin dişleri, kontrol grubu kanin dişlerine göre 60 günlük süreç içerisinde %34 daha hızlı retrakte olmuşlardır. Youssef ve ark. 2008 yılında 15 yetişkin birey ile benzer bir klinik çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada lazer tarafına 809 nm, 100 mW ve 8J (bukkal ve lingualden 40'ar sn.) dozunda DDLT uygulanmış ve 6 aylık sürede lazer uygulanan taraftaki diş hareketinin kontrol tarafına göre yaklaşık 2 kat daha hızlı olduğunu bulmuşlardır.²³ Doshi-Mehta ve Bhad-Patil ise 2012 yılında 20 hasta ile yaptıkları bir çalışmada sürekli modda, 800 nm dalga boyu ve 0,25 mW güçte 10 sn. ışınlama süresi ile uyguladıkları DDLT'nin deneysel tarafta kanin dişinin distalizasyon hızını ilk 3 ayda kontrol tarafına göre 1,3 kat (%56 oranında) artırdığını belirtmişlerdir. Toplamda 4,5 ay süren distalizasyon süresi boyunca ise genel artışın %30 olduğunu bildirmişlerdir.²⁴ Genç ve ark. 2013 yılında 20 hasta ile yaptıkları çalışmada keser retraksiyonunun 0, 3, 7, 14, 21 ve 28. günlerinde bukkal ve palatal yüzeylerden 5'er noktadan dişlere DDLT uygulamışlardır. Bunun sonucunda DDLT'nin diş hareketini belirgin bir şekilde hızlandırdığını bulmuşlardır. Bununla birlikte dişeti oluşu sıvısında nitrik oksit seviyelerinde belirgin bir değişiklik saptamamışlardır.²⁵

DDLT'nin diş hareketi üzerinde etkili olmadığını belirten çalışmalar da mevcuttur. Limpanichkul ve ark. 12 genç yetişkin birey ile yaptıkları çalışmada; 860 nm, 100 mW, 1.11 W/cm², 25 J/cm² değerlerinde uyguladıkları DDLT'nin kanin distalizasyon hızında kontrol ve lazer grupları arasında herhangi bir farklılık oluşturmadığını

belirtmişler ve yüzeye uyguladıkları 25 J/cm²lik dozun hızlandırıcı ya da baskılayıcı herhangi bir etki oluşturmak için yeterli olmayabileceği sonucuna varmışlardır.²⁶ Seifi ve Shafeei, 18 Yeni Zelanda tavşanı kullanarak farklı dalga boylarında DDLT'nin diş hareketi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir.²⁷ Birinci grupta 9 gün 850 nm lazer 100 nsn. lik atışlar halinde toplam 3 dk. uygulanmıştır. İkinci grupta ise 630 nm lazer 5 dk. boyunca aralıksız uygulanmıştır. Sonuç olarak her iki lazer grubunda da kontrol grubuna göre diş hareketinin yavaşladığı; lazer uygulanan gruplar arasında hız açısından anlamlı bir fark olmadığını belirtilmişlerdir. Buna rağmen araştırmacılar, bu çalışmanın sonuçlarına dayanarak düşük doz lazerin diş hareketi hızını yavaşlattığı kanısına varılamayacağını; teorik olarak uygulanan enerji miktarının çok etkili olduğunu, dolayısıyla insanlar için önerilen dozların tavşanlar için uygun olmayabileceğini bildirmişlerdir. Long ve ark. da hızlandırılmış ortodontik diş hareketi ile ilgili yapılan çalışmaları değerlendiren sistematik derlemelerinde, DDLT'nin periodontal sağlık ve diş kökleri açısından güvenli olduğu, ve ancak diş hareketini hızlandırmadığı şeklinde bir sonuca varmışlardır.²⁸

Literatürdeki çalışmaların bütününe bakıldığında; insanlardaki uygulama rutinlerini ve etkilerini belirginleştirmek açısından bu konuda daha fazla çalışma yapılması gerektiği sonucuna varılabilir. Bununla birlikte, periodontal dokular açısından güvenli bir yöntem olan DDLT'nin ortodontik tedavi kaynaklı diş ağrılarını azaltması, invazif olmaması, uygulama kolaylığı ve fizyolojik bir yaklaşım olması gibi özellikleri de düşünüldüğünde ortodonti alanında önemli faydaları ve kullanım alanları olacağı öngörülebilir.

References

1. Einstein, A. (1917) On the Quantum Theory of Radiation. *Physika Zeitschrift.*, 18, 121-128.
2. Towns, C.H. (1962) Optical masers and their possible applications to biology. *Biophys J.* 2(2), 325-329.
3. Schawlow, A.L., Townes, C.H. (1958) Infrared & optical masers. *Phys.* 112, 1940-1949.
4. De Nguyen, T., Turcotte, J.Y. (1994) Lasers in maxillofacial surgery and dentistry. *J Can Dent Assoc.* 60(3), 227-8, 231-6
5. Segal GR, Schiffman PH, Tuncay OC. Meta analysis of the treatment-related factors of external apical root resorption. *Orthod Craniofac Res.* 2004;7:71-78.
6. Johar K. Low level laser therapy. In: fundamentals of laser dentistry. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publisher (P) Ltd; 2011. p.128-32.
7. Pandis N, Nasika M, Polychronopoulou A, Eliades T. External apical root resorption in patients treated with conventional

- and self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;134:646–651.
8. Geiger AM, Gorelick L, Gwinnett AJ, Benson BJ. Reducing white spot lesions in orthodontic populations with fluoride rinsing. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1992;101:403–407.
 9. Bishara SE, Ostby AW. White spot lesions: formation, prevention, and treatment. *Semin Orthod.* 2008;14:174–182.
 10. Liou E. Accelerated orthodontic tooth movement. In: Miles PG, Rinchuse DJ, Rinchuse DJ, eds. *Evidence based clinical orthodontics.* 1st ed. Illinois: Quintessence Publishing Co Inc; 2012. P.179-199.
 11. Chung H, Dai T, Sharma SK, Huang YY, Carroll JD, Hamblin MR. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. *Ann Biomed Eng.* 2012;40:516–33.
 12. Habib FA, Gama SK, Ramalho LM, Cangussú MC, Santos Neto FP, Lacerda JA, Araújo TM, Pinheiro AL. Laser-induced alveolar bone changes during orthodontic movement: a histological study on rodents. *Photomed Laser Surg.* 2010 Dec;28(6):823-30.
 13. 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;13:605–10.
 14. Bjordal JM, Lopes-Martins RA, Iversen VV. A randomised, placebo controlled trial of low level laser therapy for activated Achilles tendinitis with microdialysis measurement of peritendinous prostaglandin E2 concentrations. *Br J Sports Med.* 2006;40:76–80.
 15. Kawasaki K, Shimizu N. Effects of low-energy laser irradiation on bone remodeling during experimental tooth movement in rats. *Lasers Surg Med* 2000;26:282-91.
 16. Yoshida T, Yamaguchi M, Utsunomiya T, Kato M, Arai Y, Kaneda T, et al. Low-energy laser irradiation accelerates the velocity of tooth movement via stimulation of the alveolar bone remodeling. *Orthod Craniofac Res* 2009;12:289-98.
 17. Yamaguchi, M., Fujita, S., Yoshida, T., Oikawa K., Utsunomiya, T., Yamamoto, H. and Kasai, K. (2007). Low-Energy Laser Irradiation Stimulates the Tooth Movement Velocity Via Expression of M-CSF and c-fms, *Orthodontic Waves*, 66, 139-148.
 18. Fujita, S., Yamaguchi, M., Utsunomiya, T., Yamamoto, H. and Kasai, K. (2008). Low-Energy Laser Stimulates Tooth Movement Velocity Via Expression of RANK and RANKL, *Orthod. Craniofac. Res.*, 11, 143-155.
 19. Kim SJ, Moon SU, Kang SG, Park YG. Effects of low-level laser therapy after Corticision on tooth movement and paradental remodeling. *Lasers Surg Med* 2009;41:524-33.
 20. Goulart CS, Nouer PR, Mouramartins L, Garbin IU, de F_ atima Zanirato Lizarelli R. Photoradiation and orthodontic movement: experimental study with canines. *Photomed Laser Surg* 2006;24:192-6.
 21. Abi-Ramia LB, Stuani AS, Stuani AS, Stuani MB, Mendes Ade M. Effects of low-level laser therapy and orthodontic tooth movement on dental pulps in rats. *Angle Orthod.* 2010 Jan;80(1):116-22.
 22. Cruz DR, Kohara EK, RibeiroMS, Wetter NU. Effects of low-intensity laser therapy on the orthodontic movement velocity of human teeth: a preliminary study. *Lasers Surg Med* 2004;35:117-20.
 23. Youssef M, Ashkar S, Hamade E, Gutknecht N, Lampert F, Mir M. The effect of low-level laser therapy during orthodontic movement: a preliminary study. *Lasers Med Sci* 2008;23:27-33.
 24. Doshi-Mehta G, Bhad-Patil WA. Efficacy of low-intensity laser therapy in reducing treatment time and orthodontic pain: a clinical investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012 Mar;141(3):289-97.
 25. Genc G, Kocadereli I, Tasar F, Kilinc K, El S, Sarkarati B. Effect of low-level laser therapy (LLLT) on orthodontic tooth movement. *Lasers Med Sci.* 2013 Jan;28(1):41-7.
 26. Limpanichkul W, Godfrey K, Srisuk N, Rattanayatikul C. Effects of low-level laser therapy on the rate of orthodontic tooth movement. *Orthod Craniofac Res.* 2006 Feb;9(1):38-43.
 27. Seifi, M., Shafeei, H.A. and Daneshdoost, S. (2007). Effects of Two Types of Low-Level Laser Wave Lengths (850 and 630 nm) on the Orthodontic Tooth Movements in Rabbits, *Lasers Med. Sci.*, 22(4), 261-4.
 28. Long H, Pyakurel U, Wang Y, Liao L, Zhou Y, Lai W. Interventions for accelerating orthodontic tooth movement: a systematic review. *Angle Orthod.* 2013 Jan;83(1):164-71. doi: 10.2319/031512-224.1.