

## 激光在口腔正畸中的应用

张红, 张绍伟

遵义医学院, 贵州 遵义 563000

**【摘要】**口腔正畸是将错位的牙齿排列整齐, 既达到美观效果, 又能建立起良好的咀嚼系统, 助力日常健康饮食, 成为众多错颌患者的首要选择。错颌畸形治疗历时较长, 且每次正畸加力都会让患者感觉不适, 给生活带来不便, 因此采取让患者能够快速矫正、免受长时间疼痛的治疗方案很有必要。激光具有微创、精确、无痛等优点被广泛应用于口腔硬组织疾病、口腔软组织手术领域, 其在口腔正畸应用研究中具有不可替代的作用。本文以大量激光与口腔正畸应用文献为基础, 主要介绍了治疗口腔疾病常用激光的种类, 并从激光治疗对正畸疼痛、正畸疗程、种植体支抗稳定性的影响及激光祛除、清洗托槽和预防釉质脱矿等方面的进展作简要综述。

**【关键词】**口腔正畸; 牙齿; 激光治疗; 错颌畸形; 综述

**【中图分类号】**R783.5; TN248

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2017)03-0302-04

### Application of laser in orthodontics

ZHANG Hong, ZHANG Shaowei

Zunyi Medical College, Zunyi 563000, China

**Abstract:** Orthodontics means arranging the malposed teeth in order for achieving a better appearance and establishing a good masticatory system to help the healthy diet daily, which has become the first choice for patients with malocclusion deformity. Generally, the treatment of malocclusion deformity lasted quite long, and every orthodontic force make patients feel uncomfortable, which bring inconvenience to life, therefore, taking the treatment plan that allows patients to quickly correct irregular teeth or to avoid long period of pain is necessary. With the advantages of minimally invasive, accurate, painless, etc, laser is widely used for oral hard tissue diseases and oral soft tissue operation, playing an irreplaceable role in orthodontics. Based on a large number of literatures on laser and orthodontic application, this article mainly introduces the types of laser used in orthodontics, reviews some progresses on the laser therapy for orthodontic pain, orthodontic treatment and the stability of implant anchorage, and summarizes the development of laser dispel, bracket cleaning and the prevention of enamel demineralization.

**Keywords:** orthodontics; tooth; laser therapy; malocclusion deformity; review

### 前言

近年来, 随着社会经济的发展, 人们对衣食住行的要求也相应提高, 在自我形象上也越来越注重, 特别是牙齿的美观健康问题。口腔正畸就是将错位的牙齿排列整齐, 让牙齿达到美观的效果, 同时建立起良好的咀嚼系统, 助力健康日常饮食。正畸治疗已

成为众多错颌患者改变牙齿美观的首要选择, 然而错颌畸形病情复杂多变、治疗历时较长、每次正畸加力都会让患者感觉不适, 给生活带来不便。激光在疾病治疗方面具有微创、精确、无痛等优点, 被广泛运用于口腔硬、软组织疾病的治疗, 其在口腔正畸应用研究中具有不可替代的作用。本文将围绕激光在口腔正畸中减缓正畸疼痛、缩短正畸疗程及其对种植体支抗稳定性和与正畸托槽作用等方面进行综合阐述。

### 1 口腔疾病治疗中常用的激光种类

激光的原理在1916年被爱因斯坦发现, 1960年7月 Theodore Maiman 宣布世界上第一台激光器诞

**【收稿日期】**2016-11-12

**【基金项目】**贵州省科技厅联合基金(C-538)

**【作者简介】**张红, 研究生, 主要研究口腔预防及儿童口腔学, E-mail: 695584139@qq.com

**【通信作者】**张绍伟, 教授, 主要研究口腔预防及儿童口腔学, E-mail: zsw9100@163.com

生。不同类型的激光有不同的性能,在医学方面的应用也有所不同,区别激光的重要特征主要有功率、时间、波长、脉冲的发射方式等<sup>[1]</sup>。口腔疾病常用激光种类包括Nd:YAG激光(掺钕钇铝石榴石)、Er:YAG激光(掺铒钇铝石榴石)、二氧化碳(CO<sub>2</sub>)激光、二极管激光(又称半导体激光)。(1)Nd:YAG激光可激发连续式激光或脉冲激光,发射光为红外线波长1.064 μm。目前,Nd:YAG激光器参数灵活可调,预设的各种操作模式给临床医师带来便捷,常用于根管消毒、牙本质脱敏、窝洞预备、酸蚀、口内软组织疾病治疗等。(2)Er:YAG激光是一种波长为2.940 μm的固体脉冲激光,主要用于去除牙体硬组织,工作时产热少,对牙髓和牙体硬组织都不会产生热损伤<sup>[2-4]</sup>,国外更多将此激光应用于口腔软组织疾病<sup>[5-6]</sup>。(3)CO<sub>2</sub>激光属于气体激光,具有水吸收性,通过气化组织完成切割,使用过程中会产生大量的热,使得组织迅速碳化,主要用于口腔软组织手术。(4)半导体激光:可激发连续式激光或脉冲激光,应用广泛,主要用于软组织切开或消融、龈切除术、龈成形术、龈沟成形、系带切除术、治疗口腔溃疡等。

## 2 激光治疗对口腔正畸疼痛的影响

正畸治疗产生的疼痛不可避免,这一反应使部分患者对正畸治疗望而却步,疼痛是影响正畸治疗患者复诊依从性的重要因素,更是患者提前放弃正畸治疗的首要原因。正畸治疗每次加力满1 d后疼痛达到顶点,之后逐渐得到缓解,6~7 d后逐渐恢复到基线水平<sup>[7]</sup>。其疼痛引发的主要因素有:对口腔软组织的机械刺激、牙周组织改建时释放的疼痛介质、操作不当、心理素质。牙周组织改建时牙周膜内产生一个缺血区,这种缺氧状态能使牙周膜周边的细胞释放出一些与炎症有关的化学递质和酶,刺激神经并产生痛觉。激光照射牙周组织可以通过改善血液循环,增加缺氧区域的含氧量,帮助消除产生疼痛,有效缓解正畸治疗伴发的疼痛。

此外,在正畸治疗中证实了低能量激光照射治疗可以一定程度促进机体新陈代谢、成纤维细胞生成,所以激光对外力引起的炎性反应过程可起到一定的调节作用<sup>[8-9]</sup>。低强度激光还具有输出能量低、无不良反应、不易引起局部温度上升等优点,不易造成疼痛的扩散<sup>[10]</sup>。在疼痛缓解调节方面,Mehta等<sup>[11]</sup>用半导体低强度激光照射拉簧拉远中移动的尖牙,获得数据具有明显的统计学差异,在加力后第3天和第30天,实验组与空白对照组的疼痛值减小。Bicakci等<sup>[12]</sup>应用波长0.890 μm激光缓解正畸牙齿移动后的

疼痛问题,取得良好效果。丁伟峰等<sup>[13]</sup>通过数据Meta分析低强度激光在高效、安全方面均表现出良好的优势,未来可在正畸疼痛控制领域推广使用。

CO<sub>2</sub>弱激光照射也可以安全有效减轻正畸治疗疼痛,可在临床推广中应用<sup>[7]</sup>。张红好等<sup>[14]</sup>临床实验结果显示:应用视觉模拟评分评估激光组 and 对照组两组分牙疼痛强度,提示低强度激光可有效减轻分牙阶段的疼痛。韩晶莹等<sup>[15]</sup>利用两种不同能量参数的CO<sub>2</sub>弱激光局部照射向远中移动的尖牙,结果均能有效减轻正畸治疗带来的疼痛。激光治疗在大量试验、临床和文献中充分证实其对正畸疼痛的减缓作用。

## 3 激光治疗对口腔正畸疗程的影响

牙齿移动是由矫治系统施以温和而持久的轻力,引起牙槽骨改建。牙齿移动时牙周组织内肥大细胞受到刺激并释放神经递质和细胞因子,如IL-1β、IL-6等,这些因子水平的增多可以增加牙齿移动的速度,现已证实激光能促进破骨细胞和成骨细胞的分化,影响牙槽骨改建速率。Shirazi等<sup>[16]</sup>对Wistar大鼠牙齿组织状态进行半导体激光照射,认为激光可以刺激骨重建过程。在牙移动时大鼠磨牙牙周组织中核因子KB受体活化因子配体(RANKL)增加<sup>[17]</sup>,RANKL水平的增加使牙周组织能够激活破骨细胞的活动,从而加快实验性牙移动速度<sup>[18]</sup>。史瑞新等<sup>[19]</sup>利用半导体激光器(0.808 μm, 500 mW)照射人成骨样细胞,观察碱性磷酸酶活性和胞内钙离子浓度的变化规律得出:在正畸牙齿的受压力侧,激光的应用可以降低成骨细胞活性,减少成骨,使破骨相对增加而促进牙齿移动。Cossetin等<sup>[20]</sup>动物实验同理证实,半导体激光在牙齿移动初期可促进破骨增加。

受张力侧的牙周组织成骨细胞功能活跃,牙槽骨以增生为主。苑子艺等<sup>[21]</sup>用激光照射大鼠正畸牙张力侧牙周膜细胞,显示激光能促进正畸牵张侧牙周膜内成骨细胞相关蛋白的表达。成骨细胞还分泌I型胶原和非胶原蛋白,非胶原蛋白中骨钙素是最为丰富的物质。半导体激光照射牙周组织,可以降低牙周膜中细胞炎症,增加牙周膜中骨钙素的表达,促进新骨形成<sup>[22]</sup>,也可促进纤连蛋白和I型胶原的形成促进结缔组织再生<sup>[23]</sup>。应用激光照射调控牙槽骨改建,可促进破骨细胞和成骨细胞功能,加快正畸牙齿移动,缩短正畸治疗。

## 4 激光对种植体支抗稳定性的影响

正畸种植体支抗是将纯钛制作的特殊微小种植

体植入到患者颌骨内,以获得正畸治疗支抗,牵引牙齿移动。其生物相容性好,便于植入、使用和拆除,在临床正畸中得到广泛的运用,缺点是容易发生脱落,这可能是因为种植体周围形成的菌斑中寄居大量微生物,刺激宿主发生炎症反应,导致种植体与周围骨结合受到破坏而引起<sup>[24]</sup>。在治疗中,激光照射会让组织产生热能、光动力效应,从而起到杀菌或解毒作用,减轻最初的炎症吸收过程。这种激光辅助治疗促进周围支持组织快速愈合,增加正畸种植体稳定性,并且不会对植体表面产生改变<sup>[25-27]</sup>。Nevins等<sup>[28]</sup>通过对比手工刮治与激光去除种植体周围感染实验证实:激光治疗种植体周围的炎症后,种植体与骨质发生再整合的百分比高于刮治组。激光治疗可提高种植体支抗的稳定性,但因为影响种植体稳定性的相关因素较多,仍需大量研究证实具体作用机制。

## 5 激光照射与正畸托槽的相关影响

### 5.1 激光祛除陶瓷托槽

正畸矫治的托槽是一种由金属或陶瓷等材料制成的装置,通常用黏结剂粘合在牙齿表面,起固定正畸钢丝、传递矫治力到牙齿的作用,从而达到牙齿矫正的目的。矫治结束后,由于氧化铝陶瓷托槽与牙面间有较大的化学粘接力,采用一些常规方法去除托槽时,会对牙齿产生潜在性损害。在通过对比常规机械祛除法与激光辅助祛除法去除托槽过程中,前者祛除法会对牙釉质表面形成明显划痕,釉质呈蜂窝状缺损,且牙釉质表面残留黏结剂残留指数高达70.8%,而后者对牙釉质结构无损害,残留指数也只达到26.4%<sup>[29]</sup>。脉冲Nd:YAG激光(3 W, 2 s)照射后可以显著降低陶瓷托槽的黏接强度,使得更容易祛除陶瓷托槽<sup>[30]</sup>。同样二极管激光照射去除氧化铝托槽(2~5 W, 3 s),在牙髓腔温度升高未超过5.5℃的安全范围内,黏结剂祛除效果比较明显,充分说明激光辅助去除陶瓷托槽对牙齿健康的重要性<sup>[31]</sup>。

### 5.2 激光清洗脱落托槽

托槽粘结于牙齿表面为非永久性,临床中常因患者配合程度低而造成托槽脱落现象,重新更换则会产生较高的治疗费用,同时也会对托槽使用造成浪费。为降低患者的输出成本,临床医生常通过打磨法清除脱落托槽底板上的残留黏结剂,进行再次黏结,但这种方法无法完全清洁正畸托槽底面残留的黏结剂,稍有缺陷。检测半导体激光去除脱落托槽底板黏结剂的可行性中,以扫描电镜观察托槽底板表面形态表明,半导体激光可用于脱落托槽的回收再利用

用<sup>[32-33]</sup>。而19~21 W功率的皮秒激光(脉宽<20 ps)则可以对具有柱状固位结构的金属托槽底面黏结剂进行完全清洗,其作用机制为超短脉宽的高频断续脉冲作用于材料表面使其产生热弹性波,热弹性波可产生很强的力学振动,实现了黏结剂的无残留去除<sup>[34]</sup>。

### 5.3 激光预防托槽周围釉质脱矿

托槽黏结在牙齿表面的过程中容易导致黏结剂的残留,细菌容易附着于残留黏结剂表面,且因为弓丝等正畸附件阻挡,导致牙齿不易清洁。这让口腔卫生维护变难,从而引起托槽周边牙釉质发生脱矿,形成白垩色斑块。激光照射牙釉质使其表面的晶体产生融熔,晶体结构得到重新排列,既封闭釉质表面的有机小孔道,又不会造成肉眼可见的形态改变。Santos等<sup>[35]</sup>研究显示运用Nd:AYG激光照射可增加釉质对唾液无机盐和氟的吸收,抵抗釉质表面脱矿。石茂渝等<sup>[36]</sup>在激光处理对人牙釉质酸蚀和耐磨性能的影响中发现,牙釉质表面和酸蚀牙釉质表面经激光处理后,其表面硬度显著提高,抗酸蚀能力增强,防止釉质脱矿。激光处理牙面后,在牙齿表层1 μm内碳酸盐的含量减少高达98%,在4 μm深度范围内可造成60%的含量下降<sup>[37]</sup>。牙齿中碳酸盐的大量减少,降低了牙釉质在酸液中的溶解性,增强牙齿脱矿能力<sup>[38]</sup>。

## 6 总结

激光在正畸中的运用可减缓疼痛、减短治疗疗程、降低种植体支抗周围炎症的发生、减少不必要复诊次数、提高患者舒适度。但是仍然还存在一些不足之处,不同激光器在不同疾病中治疗,激光照射的能量、时间参数不定,没有统一标准。而且文献大多为体外实验研究,设备参数、实验设计等都有差别,如果需要在临床广泛推广激光在口腔正畸学中的应用,还需更多探索激光使用的适合剂量、频率及时间的临床研究。

## 【参考文献】

- [1] OLIVI G, GENOVESE M D, CAPRIOGLIO C. Evidence-based dentistry on laser paediatric dentistry: review and outlook[J]. Eur J Paediatr Dent, 2009, 10(1): 29-40.
- [2] FIROOZMAND L, FARIA R, ARAUJO M A, et al. Temperature rise incavities prepared by high and low torque handpieces and Er: YAG laser[J]. Br Dent J, 2008, 205(1): 28-29.
- [3] HARUYAMA C, AMAGAI T, TAKIZAWA M, et al. Pulpal reaction of Er:YAG laser irradiation by different power/pulse conditions[J]. Int Congr Ser, 2003, 1248: 277-280.
- [4] ATTRILL D C, DAVIES R M, KING T A, et al. Thermal effects of the Er:YAG laser on a simulated dental pulp: a quantitative evaluation of the effects of a water spray[J]. J Dent, 2004, 32(1):



- 35-40.
- [5] NAKA T, YOKOSE S. Application of laser-induced bone therapy by carbon dioxide laser irradiation in implant therapy [J]. *Int J Dent*, 2012; 1-8. DOI:10.1155/2012/409496.
- [6] FORNAINI C, RAYBAUD H, AUGROS C, et al. New clinical approach for use of Er: YAG laser in the surgical treatment of oral lichen plan-us: a report of two cases [J]. *Photomed Laser Surg*, 2012, 30(1): 1-5.
- [7] 韩晶莹, 刘丽媛, 展望, 等. 二氧化碳弱激光照射减轻正畸治疗疼痛的临床研究[J]. *中国美容医学*, 2011, 20(12): 1957-1958.  
HAN J Y, LIU L Y, ZHAN W, et al. Clinical studies of CO<sub>2</sub> laser in reducing pain in orthodontics [J]. *Chinese Journal of Aesthetic Medicine*, 2011, 20(12): 1957-1958.
- [8] NÓBREGA C, DA SILVA E M, DE MACEDO C R. Low-level laser therapy for treatment of pain associated with orthodontic elastomeric separator placement: a placebo-controlled randomized double-blind clinical trial [J]. *Photomed Laser Surg*, 2013, 31(1): 10-16.
- [9] REN C, MCGRATH C, YANG Y. The effectiveness of low-level diode laser therapy on orthodontic pain management: a systematic review and meta-analysis [J]. *Lasers Med Sci*, 2015, 30(7): 1-13.
- [10] KIM W T, BAYOME M, PARK J B, et al. Effect of frequent laser irradiation on orthodontic pain: a single-blind randomized clinical trial [J]. *Angle Orthod*, 2013, 83(4): 611-616.
- [11] MEHTA D, GAURI B P, WASUNDHARA A. Efficacy of low-level laser therapy in reducing treatment time and orthodontic pain: a clinical investigation [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2012, 141: 289-297.
- [12] BICAKCIA A, KOCOGLU-ALTAN B, TOKER H, et al. Efficiency of low-level laser therapy in reducing pain induced by orthodontic forces [J]. *Photomed Laser Surg*, 2012, 30(8): 460-465.
- [13] 丁伟峰, 段培佳, 何武林, 等. 低强度激光缓解正畸疼痛的系统评价 [J]. *广东牙病防治*, 2014, 22(8): 441-445.  
DING W F, DUAN P J, HE W L, et al. Efficacy of low-level laser therapy in the management of orthodontic pain: a systematic review and meta-analysis [J]. *Journal of Dental Prevention and Treatment*, 2014, 22(8): 441-445.
- [14] 张红好, 闫颖, 邓海艳, 等. 低强度激光照射缓解正畸分牙期间疼痛的疗效评价 [J]. *中华实用诊断与治疗杂志*, 2014, 28(3): 256-258.  
ZHANG H Y, YAN Y, DENG H Y, et al. Clinical therapeutic evaluation of low-level laser in alleviating pain during orthodontic elastomeric separator placement [J]. *Journal of Chinese Practical Diagnosis and Therapy*, 2014, 28(3): 256-258.
- [15] 韩晶莹, 朱晓红, 侯录, 等. CO<sub>2</sub>弱激光照射对减轻正畸疼痛及牙齿移动速度的影响 [J]. *哈尔滨医科大学学报*, 2013, 47(5): 453-456.  
HAN J Y, ZHU X H, HOU L, et al. Effect of CO<sub>2</sub> low-intensity laser in reducing pain in orthodontics and orthodontic tooth movement [J]. *Journal of Harbin Medical University*, 2013, 47(5): 453-456.
- [16] SHIRAZI M, AHMAD AKHOUNDI M S, JAVADI E, et al. The effects of diode laser (660 nm) on the rate of tooth movements: an animal study [J]. *Laser Med Sci*, 2015, 30(2): 713-718.
- [17] WALSH L J. The current status of laser applications in dentistry [J]. *Aust Dent J*, 2003, 8(3): 146-155.
- [18] JAWAD M M, QADER S T, ZAIDAN A, et al. An overview of laser principle, laser-tissue interaction mechanisms and laser safety precautions for medical laser users [J]. *Pharmacology*, 2011, 7 (2): 149-160.
- [19] 史瑞新, 付喜宏, 庄金良, 等. 低能量激光联合压力对成骨细胞 ALP 活性和胞内 Ca<sup>2+</sup>~浓度的影响 [J]. *光谱学与光谱分析*, 2016, 36(7): 2178-2182.
- SHI R X, FU X H, ZHUANG J L, et al. Effect of LLLI on secretion of ALP and intracellular calcium concentration in osteoblasts under mechanical stress [J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2016, 36 (7): 2178-2182.
- [20] COSSETIN E, JANSON G, DE CARVALHO M G, et al. Influence of low-level laser on bone remodeling during induced tooth movement in rats [J]. *Angle Orthod*, 2013, 83(6): 1015-1021.
- [21] 苑子艺, 刘璐, 伊吉翠, 等. 低能量激光照射对大鼠正畸牙牵张侧牙周膜细胞中 p-ERK1/2 表达的影响 [J]. *青岛大学医学院学报*, 2016, 52(3): 315-318.  
YUAN Z Y, LIU J, YI J C, et al. Effect of low-power laser irradiation on the expression of p-ERK1/2 in periodontal ligament cells at orthodontic tension side in rats [J]. *Acta Academiae Medicinae Qingdao Universitatis*, 2016, 52(3): 315-318.
- [22] HUANG T H, LIU S L, CHEN C L, et al. Low-level laser effects on simulated orthodontic tension side periodontal ligament cells [J]. *Photomed Laser Surg*, 2013, 31(2): 72-77.
- [23] KIM Y D, KIM S S, KIM S J, et al. Low-level laser irradiation facilitates fibronectin and collagen type I turnover during tooth movement in rats [J]. *Lasers Med Sci*, 2010, 25(1): 25-31.
- [24] SALMERON S, REZENDE M L, CONSOLARO A, et al. Laser therapy as an effective method for implant surface decontamination: a histomorphometric study in rats [J]. *J Periodontol*, 2013, 84(5): 641-649.
- [25] KAMEL M S, KHOSA A, TAWSE-SMITH A, et al. The use of laser therapy for dental implant surface decontamination: a narrative review of *in vitro* studies [J]. *Lasers Med Sci*, 2014, 29 (6): 1977-1985.
- [26] ROMANOS G E, JAVED F, DELGADO-RUIZ R A, et al. Peri implant diseases: a review of treatment interventions [J]. *Dent Clin North Am*, 2015, 59(1): 157-178.
- [27] PADIAL-MOLINA M, SUAREZ F, RIOS H F, et al. Guidelines for the diagnosis and treatment of peri-implant diseases [J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2014, 34(6): 102-111.
- [28] NEVINS M, NEVINS M L, YAMAMOTO A, et al. Use of Er:YAG laser to decontaminate infected dental implant surface in preparation for reestablishment of bone-to-implant contact [J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2014, 34 (4): 461-466.
- [29] 刘筱琳, 白丁, 吴海树, 等. 脉冲 Nd: YAG 激光辅助祛除正畸陶瓷托槽后釉质表面微观形貌的研究 [J]. *中国激光医学杂志*, 2005, 14(2): 109-112.  
LIU X L, BAI D, WU H S, et al. Scanning electron microscopic study on enamel of Nd: YAG laser-aided debonding [J]. *Chinese Journal of Laser Medicine & Surgery*, 2005, 14(2): 109-112.
- [30] 李黎, 刘鲁川. Nd:YAG 激光辅助去除陶瓷托槽的实验研究 [J]. *第三军医大学学报*, 2007, 29(21): 2060-2063.  
LI L, LIU L C. Nd: YAG laser-aided debonding for ceramic bracket [J]. *Journal of Third Military Medical University*, 2007, 29(21): 2060-2063.
- [31] FELDON P J, MURRAY P E, BURCH J G, et al. Diode laser debonding of ceramic brackets [J]. *Am J Orthod Dentofac*, 2010, 138(4): 458-462.
- [32] YASSAEI S, AGHIL H, KHANPAYEH E, et al. Comparison of shear bond strength of rebonded brackets with four methods of adhesive removal [J]. *Laser Med Sci*, 2014, 29(5): 1563-1568.
- [33] 康丽颖, 刘新强. 半导体激光用于脱落托槽回收再利用的可行性研究 [J]. *青岛大学医学院学报*, 2016, 52(1): 54-56.