

激光在口腔正畸诊疗中的应用进展

左志刚¹, 邹朝晖², 易周¹, 夏倩倩³ 综述, 王悦¹ 审校

(1.天津医科大学口腔医院正畸科, 天津 300070; 2.天津医科大学口腔医院牙体牙髓科, 天津 300070; 3.天津市儿童医院口腔科, 天津 300074)

摘要 激光因其具有独特的技术优势,在口腔正畸领域被逐渐重视并应用。在釉质蚀刻、清洗托槽、去除托槽及釉质表面黏接剂、促进正畸牙齿移动、缓解疼痛、预防正畸脱矿、控制牙周炎及软组织处理等方面都取得了良好的效果。本文就激光种类及近年来激光在口腔正畸中的应用进展作一综述。

关键词 激光; 口腔正畸; 临床应用

中图分类号 R783.5

文献标志码 A

错颌畸形指由于遗传或者出生后不良习惯以及饮食因素等造成的牙齿、颌骨等关系的不协调而引起牙列、颌颌等出现畸形^[1],错颌畸形会影响患者牙颌面发育、口颌功能及颜面美观。正畸治疗可以解决患者的这些困扰,提高患者的生活质量。正畸过程中产生的诸多问题如托槽有效二次黏接、如何安全地加速牙齿移动、如何预防正畸过程中的牙齿脱矿等等都是目前研究热点。而激光器的出现则为上述问题提供了新的解决思路。随着新技术新设备的发展,激光由于具有良好的机械效应、热效应、生物学效应等优势^[2],在牙周病学、牙体牙髓病学、颌面外科学等学科领域早已被应用,但在正畸临床中关于激光的应用近年才得到重视。常用于口腔治疗的激光有 Er:YAG 激光、Cr:YSGG 激光、CO₂ 激光、半导体激光、Nd:YAG 激光等。本文通过回顾相关文献,将围绕激光在口腔正畸中的应用进展进行阐述。

1 口腔医学激光器常见种类

激光又称镭射,为“受激辐射光放大”的简称,常用于口腔医学激光器的种类包括固体激光器(Cr:YSGG 激光,Er:YAG 激光,Nd:YAG 激光,Nd:YAP 激光,半导体激光)和气体激光器(二氧化碳激光)。Cr:YSGG 激光是一种波长为 2 780 nm 的高能高频激光,能特异性的被组织中水分子和 OH⁻吸收,其治疗过程中对邻近组织产热及热损伤较小,在有水的情况下能有效的对软硬组织进行切割,在临床上广泛用于软组织切割、龋齿的治疗及牙石的清除。Er:YAG 激光是一种波长为 2 940 nm 的高能

激光,属中红外激光,其波长与水(2 950 nm)和羟磷灰石的羟基(2 800 nm)对红外线的吸收峰值接近,易被水吸收,其最为显著的优点是在去除硬组织的同时不会对周围组织产生热损伤^[3-4]。Nd:YAG 激光发射波长为 1 064 nm,属近红外光,水吸收率为 0.144,这种激光穿透力更强,通过光热效应作用于组织,杀菌、凝血效果更好。Nd:YAG 激光波长为 1 079.5nm,可用于治疗血管畸形^[4-5]及辅助牙周袋和根管内消毒等。半导体激光又称近红外激光,波长由介质的组成确定,为 800~900 nm,这种激光适合软组织手术、止血、牙周袋及根管消毒,辐照也可被硬组织吸收,并用于改变表面特性。CO₂ 激光是一种气体激光,波长为 10 600 nm,以连续型或门控脉冲两种模式发射,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。

2 激光在正畸黏接中的应用

2.1 激光在蚀刻釉质中的应用 托槽黏接是靠酸蚀剂酸蚀釉质表面,黏接剂进入酸蚀过的釉质形成树脂突实现的。传统使用浓度为 37%的磷酸酸蚀时会使牙体有机物和无机物含量发生变化,形成明显的酸蚀区域和牙体颜色的变化,被广泛应用于正畸托槽或附件的黏接。37%的磷酸酸蚀后的釉质化学结构发生改变,容易受到口腔中酸和细菌的影响,对变形链球菌的抵抗力下降,增加了患龋率。激光蚀刻牙面是一种新兴的处理方法,它利用激光使牙釉质结构破碎并蚀刻成火山口样凹凸不平的表面,增加黏接面积并获得机械固位,从而提高托槽的黏接强度,在达到同样黏接强度的同时也起到了防龋的作用^[6]。国外学者研究显示,37%磷酸酸蚀剂酸蚀后表面覆盖很多微小球状结构,而激光蚀刻的表面形成弹坑状结构。因此,激光是去除釉质而不是使

基金项目 天津市教科科研项目(2020KJ184)

作者简介 左志刚(1982-),男,主治医师,硕士,研究方向:正畸牙齿移动生物学及生物力学;通信作者:王悦,E-mail:wangyue1@tmu.edu.cn。

釉质脱矿,且 Er:YAG 处理后的牙面在托槽黏接后残留的黏接剂比磷酸酸蚀剂少,去除时对牙面损伤小,更有利于保护牙体组织,同时可促进牙齿的再矿化^[7]。另有实验证实 CO₂ 激光可提高正畸托槽周围釉质表面的显微硬度,进而降低龋坏风险^[8]。但不同激光的合适功率和时间需要进一步探讨。

2.2 激光在清洗脱落托槽中的应用 正畸治疗根据生物力学原理通过黏接托槽实现牙齿移动,达到矫正目的。托槽在矫治过程中脱落不可避免。临床中,经常会因为正畸托槽基体材质、黏结剂种类、患者的口腔环境及依从性等多种因素影响而发生托槽脱落^[9-11]。托槽掉落后正畸医生常会选择进行脱落托槽的再次黏接,脱落托槽底板的处理是决定能否再次黏接成功的关键因素。通常使用喷砂法、打磨法或热处理等来剔除托槽底板上残留的黏结剂^[12-13]。传统的清洁方法一直存在一定的弊端:喷砂法会对正畸托槽底板的固位结构造成一定程度的机械损伤;而打磨法易对固位结构造成大的损伤,可回收再利用价值低。近几年来,激光成为托槽再利用的新方法^[14],超短脉宽的高频断续脉冲作用使材料表面产生热弹性波,通过热弹性波所致很强的力学振动^[15],可以实现黏结剂的无残留去除。国外学者证实了 Cr:YSGG 激光可有效辅助去除托槽底板黏接剂,而 CO₂ 激光效果稍差^[16]。但国内学者发现经 1 064 nm 波长 Nd:YAG 激光清洗的托槽底板由于热积累效应出现了较为明显的重凝状微颗粒,而 532 nm 波长 Nd:YAG 激光清洗过的托槽底板则呈现出微小的浅坑分布^[17],这在一定程度上都可能会破坏托槽结构,影响临床再次黏接,因此对于使用激光去除托槽底板黏接剂方面还需进行更多研究以确定最适激光参数。

2.3 激光在去托槽及去除牙齿表面黏结剂中的应用 正畸结束去除托槽时往往由于托槽的底板与黏接材料之间有着很强的黏接力,强行暴力去除可能会对釉质结构造成损害,且增加患者就诊不适感,尤其是陶瓷托槽由低延展性和高模量的氧化铝晶体构成,易碎导致增加了去除难度。应用 CO₂ 激光、Nd:YAG、TM:YAP、Er:YAG 和二极管激光器有助于降低这种风险^[18]。激光去除陶瓷托槽的原理包括热效应、光化效应和压强效应,其中最主要的是热效应。且使用黑色涂剂可减少光反射、增强吸收,加快托槽脱落。Rodrigo 等^[19]研究表明,在牙髓腔温度升高未超过 5.5℃的安全范围内,用 CO₂ 激光(激光功率为 5 W、脉冲宽度为 0.01 s、照射时间为 3 s)有助于陶瓷托槽的去除,降低了黏接强度。另也有研

究证实了脉冲激光辅助去除金属托槽的可行性。应用激光辅助可避免传统机械化去除托槽过程中对釉质表面造成的损坏^[20]。因此,激光去托槽具有潜在的应用价值,但很多实验还处于离体实验阶段,临床应用实际效果还有待于进一步研究。

正畸治疗完成并去除托槽之后,必须去除牙齿表面残留的黏结剂。在此过程中,很容易破坏具有高氟化物和矿物质含量的浅层釉质层,将釉柱暴露于口腔环境,增加牙菌斑中有机酸的侵蚀风险,使患牙脱矿。去除黏结剂时的另一个主要问题是磨除过程中会产生热量传递到髓室。Zach 等^[21]在对恒河猴的研究中发现,髓腔温度升高 2.3℃导致牙髓组织的变化最小;升高> 5.6℃则导致测试组 40%的动物牙髓组织发生不可逆的炎症。Fan 等^[22]研究发现,当温度升高≥11℃时,测试组所有动物的牙髓坏死。Amasyal 等^[23]发现,使用氧化铝和碳化钨车针去除牙齿表面残留黏结剂时髓室的升高温度略高于 5.5℃(大约 8℃)的临界水平,使用水冷或气冷都会降低温度升高量;而 Er:YAG 激光组的温度反而降低了 2℃。但氧化铝车针去除黏结剂后釉质表面粗糙度最低,碳化钨车针组的表面粗糙度值较高,而激光处理组表面粗糙度值最高。激光去除釉质表面黏结剂主要依靠的是激光的热消融效应,而激光频率被认为是消融过程中决定热量积聚的最重要参数^[24],因此在其他参数相同的条件下,高频率激光可以更快、更有效地去除黏结剂,但产热也更多,而低频率激光相对来说更加安全。

3 激光对正畸牙齿移动及疼痛的影响

正畸治疗通常需要一年半至两年,因此如何安全有效地缩短正畸疗程一直是临床关注的重点。然而,减少正畸治疗时间需要提高牙齿的移动速率。目前一些研究证实,低能量激光可以有效减轻正畸治疗中牙齿的疼痛,并加快牙齿移动,刺激上颌骨扩张后腭中缝区域骨再生和骨沉积。激光可以促进细胞的增殖,具有良好的生物刺激作用。Sevin 等^[25]用 820 nm 波长的低能量半导体激光(LLLT)照射志愿者牙体组织,发现受压侧龈沟液中白细胞介素(IL)-1 β 浓度增加,表明低能量激光可以刺激受压侧破骨细胞的生成,但具体调节机制仍有待充分阐明。Al Shahrani 等^[26]通过系统研究和 meta 分析发现,正畸治疗期间使用 Ga-Al-As 二极管激光器和 Oseeopulse 激光器所发射的低水平激光治疗能加速牙齿的运动并减轻疼痛。但也有研究得出了相反的结论,即认为激光照射组与对照组在牙齿移动速度上差异不存在统计学意义,这可能与不同研究选定

的激光种类及参数不同有关^[27]。

当牙齿经受正畸矫治力时,牙髓及牙周组织内的血液循环会受到影响,并在牙周组织中引发炎症,临床表现为患者感到疼痛。这种刺激会增加患者不适感并降低患者的依从性,从而最终影响治疗效果。研究表明,光生物调节作用可降低正畸加力后感觉到的疼痛,Subramaniam 等^[28]用波长为 980 nm、功率密度为 2.5 W/cm² 和能量为 600 J 的单脉冲低能量激光(LLLT)照射受试组 30 s,证实 LLLT 能够缓解正畸疼痛,并且在 24 h 的缓解疼痛最有效。

4 激光在预防牙釉质脱矿中的应用

牙齿唇颊面脱矿产生白垩斑是与正畸矫治相关的最常见的临床问题,同时在矫治过程中,若正畸患者依从性低,很难保持良好的口腔卫生,托槽周围细菌聚集形成菌斑生物膜,细菌产酸导致牙釉质脱矿,产生白垩斑。正畸过程中最常累及的牙位是上颌和下颌第一磨牙、上下颌中切牙、侧切牙和下颌尖牙。矫正疗程会影响牙齿脱矿程度,但最快会在固定矫治的 4 周内发生脱矿。以往研究已经证实激光照射可增强釉质表面抗酸性,预防脱矿。Sruthi 等^[29]比较了再矿化剂与 Er:YAG 激光联合预防龋齿的疗效,并报告酪蛋白磷酸肽-纳米无定形磷酸钙(CPP-ACP)与激光联合使用后钙离子释放最高,可见激光正成为正畸矫治中预防釉质脱矿的良好方法。

5 激光对正畸治疗中牙周炎症的影响

错颌畸形是牙周病的促进因素,牙列拥挤、牙齿错位、扭转等导致的牙列不齐极易导致食物残渣和牙菌斑堆积,牙周基础治疗联合正畸治疗可以有效控制牙周病。激光用于辅助牙周治疗具有出血少、无疼痛、创伤小等优点,可以到达传统器械难以达到的部位,由于激光技术的生物效应、热效应、电磁场效应以及光化学效应的显著优势,其可有效的抑制细菌的生长,并在促进血液循环方面具有积极的作用。

6 激光在正畸软组织手术中的应用

正畸治疗过程中有时需配合软组织手术,例如为了牵引骨埋伏牙或者部分萌出的埋伏牙,需要通过手术切开软组织,暴露埋伏牙牙面并黏接正畸牵引装置。半导体激光(810~980 nm)对软组织具有高吸收率,而对骨组织等一般的硬组织吸收率较低,对硬组织损伤小^[30]。810 nm 二极管激光器最常用于牙科软组织手术,相对于传统手术刀或电动手术刀,具有很好的止血作用,同时具有镇痛和生物刺激作用。

对于错颌畸形伴舌系带或上唇系带发育异常

的患者,有研究表明应用激光进行手术能取得较好疗效^[31-32]。所有患者均采用局部麻醉,手术及术后介入治疗过程中,大多数患者没有疼痛和出血,不需要缝合,无感染、伤口愈合良好、疤痕小。激光技术更容易被儿童和青少年接受,可以提高治疗效果,缓解患者的恐惧心理,促进愈合。

综上所述,激光应用于正畸治疗具有精准性高、疼痛程度轻、可加速牙齿移动、手术创口小、出血量少、术后愈合速度快、感染风险低等诸多优点,辅助口腔医生解决许多临床难题应用前景广泛,但临床医生必须了解与激光有关的基础知识、安全问题和相关风险,并在开展激光治疗之前接受规范的培养。

参考文献:

- [1] 傅民魁,丁寅,王林,等.口腔正畸学[M].第6版.北京:人民卫生出版社,2016:13-31.
- [2] 梁潇月,邹朝晖,董晓曦,等.钕激光、半导体激光对窝洞消毒产热及抑菌效果的体外实验[J].中国组织工程研究,2021,25(34):5432-5438.
- [3] 刘春丽,王国杰,马涛.正畸治疗中氟保护漆预防牙釉质脱矿的临床分析[J].全科口腔医学杂志,2017,4(6):20-21.
- [4] VERICA P, ZLATA B, SASA M, et al. Gingival melanin depigmentation by Er: YAG laser: a literature review[J]. J Cosmet Laser Ther, 2018, 20(2): 85-90.
- [5] ZHOU X, LIN M, ZHANG D, et al. Efficacy of Er: YAG laser on periodontitis as an adjunctive non-surgical treatment: a splitmouth randomized controlled study[J]. J Clin Periodontol, 2019, 46: 539-547.
- [6] 焦韦蓉,李雅彬,刘丹,等.Er:YAG 激光与磷酸处理牙釉质对托槽粘结影响的比较观察[J].人民军医,2017,60(4):385-386,389.
- [7] SAWAN M N, HUSSAIN N, ALKURDI M M, et al. Etching of enamel by laser energy for direct bonding of orthodontic appliance and evaluation of shear bond strength[J]. Energy Procedia, 2015, 74: 1452-1458.
- [8] AMIRFARHANG M, NASRIN F, LOGHMAN R S, et al. Effect of carbon dioxide laser irradiation on enamel surface microhardness around orthodontic brackets[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2014, 146(2): 161-165.
- [9] 张华坤,罗开.正畸金属网底托槽脱落方式的观察[J].中国医药指南,2018,16(14):63-64.
- [10] 李大建,龚犁玲,王娜,等.口腔正畸托槽脱落原因的多因素分析[J].现代预防医学,2013,40(22):4292-4293,4296.
- [11] KARAMOUZO S A, ATHANASIOU A E, PAPADOPOULOS M A. Clinical characteristics and properties of ceramic brackets: a comprehensive review[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1997, 112(1): 34-40.
- [12] 陈玉玲.金属托槽多次粘接的生物机械学研究[D].福建医科大学,2006.
- [13] 魏玉权.托槽不同回收方法对摩擦力影响的实验研究[D].南昌大学,2008.
- [14] HALWAI H K, KAMBLE R H, HAZAREY P V, et al. Evaluation and comparison of the shear bond strength of rebonded orthodontic

- brackets with air abrasion, flaming, and grinding techniques; an *in vitro* study[J]. *Orthodontics* (Chic.), 2012, 13(1): e1-e9.
- [15] 陈发良, 李东海. 基于 Fokker-Planck 方程的电介质材料短脉冲激光破坏机制分析[J]. *强激光与粒子束*, 2011, 23(2): 334-338.
- [16] YASSAEI S, AGHILI H, KHANPAYEH E, et al. Comparison of shear bond strength of rebonded brackets with four methods of adhesive removal[J]. *Lasers Med Sci*, 2014, 29(5): 1563-1568.
- [17] 刘筱琳. Nd:YAG 激光去除正畸陶瓷托槽的应用研究[D]. 四川大学, 2003.
- [18] 张秋芳, 石慧, 李志华. 二氧化碳激光技术应用于陶瓷托槽去粘结的研究进展[J]. *南昌大学学报(医学版)*, 2014, 54(8): 101-104.
- [19] RODRIGO T, FABRÍCIO A L, LUCIANO B. CO₂ laser as auxiliary in the debonding of ceramic brackets[J]. *Lasers Med Sci*, 2015, 30: 1835-1841.
- [20] 赖仁发, 王海云, 陈铁, 等. 脉冲激光辅助去除正畸金属托槽方法初探[J]. *中华口腔医学杂志*, 2010, 45(7): 407-410.
- [21] ZACH L, COHEN G. Pulp response to externally applied heat[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1965, 19: 515-530.
- [22] FAN X C, CHEN L, HUANG X F. Effects of various debonding and adhesive clearance methods on enamel surface: an *in vitro* study[J]. *BMC Oral Health*, 2017, 17(1): 58.
- [23] AMASYALI M, SABUNCUOĞLU FA, ERSAHAN Ş, et al. Comparison of the effects of various methods used to remove adhesive from tooth surfaces on surface roughness and temperature changes in the pulp chamber[J]. *Turk J Orthod*, 2019, 32(3): 132-138.
- [24] MANK S, STEINECK M, BRAUCHLI L. Influence of various polishing methods on pulp temperature: an *in vitro* study[J]. *Orofac Orthop*, 2011, 72(5): 348-357.
- [25] SEVIN E Ü, MÜYESSER S, SÖNMEZ F. The effect of low-level laser therapy on tooth movement during canine distalization[J]. *Lasers Med Sci*, 2017, 32: 757-764.
- [26] AL SHAHRANI I, TOGOO R A, HOSMANI J, et al. Photobiomodulation in acceleration of orthodontic tooth movement: a systematic review and meta analysis[J]. *Complement Ther Med*, 2019, 47: 102220.
- [27] 陈静, 黄晓峰. 激光在口腔正畸临床应用中的进展[J]. *国际口腔医学杂志*, 2017, 44(6): 712-716.
- [28] SUBRAMANIAM V P, TURUVEKERE R P, VIJAYARANGAN K. Low-level laser therapy: a noninvasive method of relieving postactivation orthodontic pain—a randomized controlled clinical trial[J]. *J Pharm Bioallied Sci*, 2019, 11(2): S228-S231.
- [29] SRUTHI N, ROOPA R N, VEENA S P. Effect of a papain-based chemomechanical agent on structure of dentin and bond strength: an *in vitro* study[J]. *Int J Clin Pediatr Dent*, 2018, 11(3): 161-166.
- [30] ALICE S P, LUANA S A, JÚLIO E A Z, et al. Gingival enlargement in orthodontic patients: effect of treatment duration[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2017, 152(4): 477-482.
- [31] 王永俭, 周同高, 周国庆, 等. 应用 CO₂ 激光治疗舌系带过短临床症状观察[J]. *口腔医学研究*, 2002, 18(5): 351.
- [32] SANT'ANNA E F, ARAÚJO MTS, NOJIMA L I, et al. High-intensity laser application in orthodontics[J]. *Dental Press J Orthod*, 2017, 22(6): 99-109.

(2021-12-24 收稿)

·读者·作者·编者·

《天津医科大学学报》对缩略语的使用说明

文题原则上不能使用缩略语, 文中应尽量减少缩略语。公认的缩略语在文中可以直接使用。未公布的名词术语, 请按照如下规则进行缩写: 原词过长且在文中出现 3 次以上者, 可在第一次出现时写出全称, 并在括号内写出缩略语。不超过 5 个汉字的名词不宜使用缩略语, 以免影响文章的可读性。

缩略语	中文名称	缩略语	中文名称
ADA	美国糖尿病协会	MRI	磁共振成像
CT	电子计算机断层扫描	MtDNA	线粒体 DNA
ELISA	酶联免疫吸附试验	OR	优势比
HE	苏木素-伊红	PCR	聚合酶链反应
HIV	人类免疫缺陷病毒	PET	正电子发射断层摄影术
HbA _{1c}	糖化血红蛋白	Real-time PCR	实时定量聚合酶链反应
HR	风险比	RT-PCR	反转录聚合酶链反应
ICU	重症监护治疗病房	WHO	世界卫生组织