

# Er : YAG 激光在口腔医学中的应用

陈敏乐 丁江峰综述 江千舟 何邕江审校

(广州医学院口腔医院牙体牙髓病科 广州 510140)

**[摘要]** Er : YAG 激光属于中红外线激光,是新一代水动力生物激光系统,拥有适合切除口腔软硬组织的特点,与传统治疗方法相比具有许多优点,可减轻治疗过程中的不适感和疼痛,患者更易接受。因钕激光在牙科治疗中的研究和应用的不断深入,本文对其工作原理及其在口腔治疗中的优势和应用进行综述。

**[关键词]** Er : YAG 激光; 工作原理; 口腔治疗

**[中图分类号]** R 780.1 **[文献标识码]** A **[doi]** 10.3969/j.issn.1673-5749.2012.06.025

**The applications of Er :YAG laser in Oral Science** Chen Minle, Ding Jiangfeng, Jiang Qianzhou, He Yijiang. (Dept. of Conservative Dentistry and Endodontics, Hospital of Stomatology, Guangzhou Medical College, Guangzhou 510140, China)

**[Abstract]** Er :YAG laser is a new type of laser-powered hydrokinetic system belonging to middle infrared lasers, which has the suitable characteristics of oral soft tissues resection. In contrast with the traditional method, Er :YAG laser has many advantages, including ease pain and discomfort in the course of treatment, which the patients are more likely to accept. Er :YAG laser is being gradually studied and applied for dentistry. The article summarized the working principle of Er :YAG laser, as well as the advantages and application in oral therapy.

**[Key words]** Er : YAG laser ; working principle ; oral therapy

Er : YAG(钕:钇、铝、石榴石)激光是一种水动力生物激光系统, Hibst等<sup>[1]</sup>于1989年首次提出Er : YAG激光能有效切割牙体硬组织。1997年钕激光获得美国食品及药物管理局批准,作为牙体硬组织激光应用于临床,其在去腐、备洞等方面的作用已得到证实。自此,Er : YAG激光凭借其自身的优势也在口腔医学领域获得了越来越多的关注。

## 1 Er : YAG 激光工作原理

区别激光的重要特征之一是激光的波长,不同波长的激光对组织的作用不同,Er : YAG激光属于中红外线激光,其穿透性差,仅能穿透约0.01 mm的牙体组织。区别激光的重要特征之二是激光的强度(即功率),用于治疗激光通常是中等强度的激光。另外,激光对组织的作用还取决于激光脉冲的发射方式。Er : YAG激光以短脉

冲方式发射激光,短脉冲式的激光强度可达到1 000 W或更高,这些强度高、吸光性也高的激光适用于清除硬组织。

Er : YAG激光射线波长为2.94 μm,由于其波长与水(3.0 μm)和羟磷灰石的OH<sup>-</sup>(2.8 μm)对红外线的吸收峰值接近,激光能量可被照射区组织中的水分子充分吸收(吸收程度可达90%),因此可作用于所有含水的口腔组织上。组织受激光辐射时,激光的影响范围只限制于几微米厚的表面层上,激光能量被传递到同轴的水-空气混合物中,激活水雾产生具有超高能量的水分子,水分子携带能量作用于光照处的组织,导致该薄层内部压力增大至超过牙体组织可承受的强度,蒸汽压从组织分子中释放产生微爆炸,从而进行有效地组织切割<sup>[2]</sup>。

## 2 Er : YAG 激光在口腔治疗中的优势

### 2.1 杀菌作用

Er : YAG激光即使输出能量较低时也具有较高的杀菌能力,且温度不会过度升高<sup>[3]</sup>。同时,Er : YAG激光可使水分子分裂,产生OH<sup>-</sup>自由基,大量的氧自由基也有一定的杀菌能力。另外有研

[收稿日期] 2012-01-15; [修回日期] 2012-06-11

[基金项目] 广州医学院口腔医院学科启动基金资助项目(GYKQ-201102)

[作者简介] 陈敏乐(1986—),女,广东人,硕士

[通讯作者] 江千舟, Tel : 15112115676

究<sup>[4]</sup>也报道, 钕激光能通过减少脂多糖而产生杀菌作用。有研究显示, 使用 60 mJ 较低辐射能量的激光进行照射治疗后, 可以使牙根表面的内毒素和外毒素降低 61%~93%。同样, 在种植体表面也得到了类似结果: 使用 60 mJ 的能量可降低约 99.51% 的内、外毒素, 然而 120 mJ 可以降低约 99.94%<sup>[5]</sup>。

## 2.2 增加釉质和牙本质的抗酸性

Er: YAG 激光照射使釉质的扩散系数降低, 抗酸能力增强<sup>[6]</sup>, 这可能是钕激光预防龋齿的机制之一。并且 Hossain 等<sup>[7]</sup>也发现, 激光照射可使牙本质获得较高的抗酸性。

## 2.3 热损伤少

Mollica 等<sup>[8]</sup>认为, Er: YAG 激光备洞引起的牙髓温度的升高与高速手机相似。在使用水冷却的情况下, Er: YAG 激光备洞时髓腔温度的升高范围在 3 °C 以内, 温度为 25~30 °C。Oelgiesser 等<sup>[9]</sup>研究了不同的激光治疗参数后发现, 激光引起髓腔的最大升温温度低于 5.5 °C, 牙髓不会发生坏死变性。

Yoshino 等<sup>[10]</sup>观察了经 Er: YAG 激光切割的骨组织后发现, 除了表面微结构层受影响外其他结构均没有严重的热损伤, 并且可以观察到表层的烧蚀损伤会逐渐被修复, 其损伤并没有阻止新骨的形成。

## 2.4 精确的切割能力

Er: YAG 激光属于红外线, 其穿透性差, 仅能穿透牙体组织约 0.01 mm, 当组织受激光辐射时, 激光的影响范围只限制于一个几微米厚的表面层上, 加上所产生的热损伤少, 可以精确的切割目标组织而对其周围组织影响少。另外, 钕激光的靶组织范围广, 只要组织中含水即可, 对软硬组织均有切割能力, 且组织含水量越多, 切割效能越高。

## 2.5 生物刺激功能

Er: YAG 激光分裂了水分子, 产生 OH·自由基, 产生自由基的含量多少很大程度上决定于脉冲重复率和每激光脉冲的能量密度。大量的氧自由基有杀菌能力, 而低浓度的氧自由基则可刺激纤维母细胞, 引起胶原蛋白和细胞外基质的形成。而且, 钕激光可以使组织收缩, 促进胶原蛋白的重构<sup>[3]</sup>。

## 2.6 较少的疼痛

基于患者对 Er: YAG 激光治疗的接受程度和

治疗时的感觉也有相关研究, 研究结果显示: 与传统的牙体预备方法相比, 几乎超过 80% 的患者表示, 使用 Er: YAG 激光进行窝洞预备要舒适得多。只有很少的患者在治疗时需要辅以局部麻醉, 通常也是由于患牙在治疗前还有牙本质敏感存在的缘故。约 93% 的患者在 Er: YAG 激光备洞时短时间内会感到患牙有压力存在, 但是很少会感到疼痛<sup>[11]</sup>。

## 3 Er: YAG 激光在口腔治疗中的应用

### 3.1 牙体预备

Er: YAG 切割牙体组织是一个光热机械切削过程, 这种热机械过程使被照射的牙体硬组织对周围组织产生了较低的热损伤, 并且作用过程中有水参与, 不仅冷却了作用区域, 而且还参与了窝洞的机械预备。Er: YAG 激光的脉冲宽度越短, 在适度的脉冲能量密度下, 切削效能越高。

在使用 Er: YAG 激光时, 可以根据靶组织不同对激光参数予以适当调整。被照射组织含水量越多, 其切割时所需的能量越小。由于釉质含水量较少, 在切割时所需能量为 4~8 W, 而牙本质含水量相对较多, 所需的切割能量为 2~5 W。龋坏组织含水更多, 所需能量更少, 1~3 W 即可。

用 Er: YAG 激光照射釉质后, 扫描电子显微镜下观察可见照射区域呈鳞状外观, 釉质结构清晰, 未见玷污层; 照射后再对其进行酸蚀, 可观察到釉质表面结构更加均匀, 釉柱的核心被选择性去除, 柱间质几乎被完整地保留<sup>[12]</sup>。

在电子显微镜下观察 Er: YAG 激光照射后的牙本质, 可见弹坑样的不规则粗糙表面, 呈鳞片状, 部分牙本质小管开放但未被扩大, 牙本质小管结构清晰, 未见玷污层<sup>[13]</sup>。Giachetti 等<sup>[14]</sup>观察了 Er: YAG 激光照射后的牙本质, 发现在其表面下存在微裂, 牙本质表面覆盖着一层厚 3~5 μm 的激光改性牙本质层, 表面片状结构脆弱, 与其下面的管间牙本质分离, 基部的胶原纤维变性熔融。

利用钕激光制备的窝洞边缘不整齐, 洞壁不光滑, 洞底不平, 而且均为粗糙面, 不同于 GV Black 所提出的底平、壁直、线角圆钝等洞型要求, 理论上更适用于粘接性充填材料的修复。关于使用 Er: YAG 激光对牙本质粘接性能影响的报道存在一定的争议<sup>[15-16]</sup>, 多数文献认为, 单纯使用 Er: YAG 激光照射牙本质后, 其粘接力比常规方法处理牙本质后的粘接力小, 而激光照射后并

行酸蚀处理可以得到与常规方法相当甚或更好的粘接力。

### 3.2 窝沟封闭

Er:YAG激光可应用于封闭窝沟,其优点在于仅用一样设备操作一步就将去污、清洁和修整同时完成,激光辐射可到达之前难以进入的深度,且照射后的釉质抗龋性增加<sup>[8]</sup>。研究<sup>[17]</sup>显示,使用Er:YAG激光辐射后再用磷酸酸蚀剂酸蚀牙面的效果,与车针处理再酸蚀的效果相同,二者微渗漏程度无明显差异。而若只用Er:YAG激光处理后直接进行窝沟封闭,其比常规方法所得效果差,边缘微渗漏亦明显。因此,用Er:YAG激光照射后仍需酸蚀剂对牙齿表面进行酸蚀。

### 3.3 牙髓治疗

3.3.1 根管预备 与传统方法相比,Er:YAG激光可以更快更有效地进行根管通畅、扩大、塑形以及根管清洁。在使用激光后,根管内几乎没有牙髓组织残留,根管壁上也无碎屑残留,如果在操作中同时使用冷却水进行冲洗,还可有效去除玷污层,且杀菌效果显著。

3.3.2 活髓切断 Huth等<sup>[18]</sup>使用Er:YAG激光进行活髓切断临床试验并随访1~2年后发现,临床成功率分别为93%和78%,而对照组(2%戊二醛)分别为96%和85%,二者间的差异无统计学意义。与传统方法相比,使用Er:YAG激光备洞意外露髓后牙髓无明显的炎症反应,也无出血或残留的牙本质碎片,且表现出了较好的愈合能力,X线检查可见牙本质桥形成,靠近露髓处形成了较多的修复性牙本质<sup>[19]</sup>。

3.3.3 去除根管充填物 Er:YAG激光对根周组织产生的热效应较少,只需用很低的输出量(切割牙体硬组织的输出量的1/10~1/3)即可以融化和移除根充材料,但应该避免对弯曲根管使用<sup>[20]</sup>。

### 3.4 手术治疗

Er:YAG激光手术的优点有:1)精确切割的同时对手术部位具有消毒能力;2)对小血管同步止血可减少出血,并获得干燥清晰的手术视野;3)非接触技术;4)同时具有杀菌和生物调整的功能,对微循环和血管再生有生物刺激功能;5)减轻术后疼痛、水肿、瘢痕。加之Er:YAG激光器械的通用性,使其成为手术治疗技术的良好选择之一。

3.4.1 切除骨组织 Er:YAG激光可应用于切除死骨、清创和骨皮质切开等手术,并显示出了良

好的治疗能力<sup>[21]</sup>。利用Er:YAG激光切割骨组织,精确度高,很少产生周缘组织碳化,热损伤少且局限于切口边缘数微米之内,切口边缘齐整,没有熔融现象,切削时没有骨组织碎片,照射后的骨组织具有良好的愈合能力。钕激光接触式照射可用于切除大量骨组织,而非接触式照射则用于切除少量骨组织<sup>[10]</sup>。Lewandrowski等<sup>[22]</sup>报道,Er:YAG激光照射后骨组织的愈合速率与常规钻切割后骨组织的类似甚至更快,这可能是由于激光照射后,骨组织表面呈典型的不规则形态,增加了血液成分在愈合初期对骨组织的黏附。

3.4.2 切割软组织 Er:YAG激光可应用于系带成型术和牙龈切除术<sup>[23]</sup>等,使用Er:YAG激光进行软组织切割,可以得到清洁而准确的切口,即使在高切割效率的情况下,对周围组织产生的伤害也很少,且对牙龈等软组织有一定的治疗效果,术后愈合速度也较快<sup>[3]</sup>。

3.4.3 根尖切除术 相对于常规使用的牙钻,激光用于根尖切除术的优势在于:更好的明视度、准确的根尖切除、非接触式、利用气化快速去除病变组织、同步止血、无震动或不适、疼痛较轻、邻近组织受创伤感染的风险较少。有研究<sup>[24]</sup>表明,Er:YAG激光具有控制微生物的能力,能去除根面激光照射区的根尖微生物膜,处理后的牙骨质表面略微粗糙,这提示污染或感染的牙骨质已被气化,而且没有暴露的牙本质小管。Pozza等<sup>[25]</sup>推荐使用Er:YAG激光(400 mJ, 10 Hz)进行根尖切除后再用Nd:YAG激光(150 mJ, 10 Hz)进行根面处理,他们认为这是较好的根尖手术操作顺序。在牙科显微镜下使用Er:YAG激光的安全性已被证实,可放心地将其应用于切除根尖、刮除肉芽组织和修补穿孔等精细的手术中<sup>[26]</sup>。

3.4.4 牙周手术 Eberhard等<sup>[27]</sup>认为,虽然Er:YAG激光清除牙结石的效率不如手用器械,但是它在清除过程中对牙骨质的损伤很少,牙骨质被很好地保留下来,所以Er:YAG激光可以成为牙周支持治疗的可行手段之一。有研究模拟了牙根外吸收后发现,用Er:YAG激光照射牙根的冠1/3牙面后,产生了适合纤维母细胞附着形态改变,如微粗糙表面、无玷污层等,这种形态有利于牙周新附着的产生。亦有研究认为,Er:YAG激光能有效解决肉芽组织、牙龈黑色素沉着和牙龈变色,并且其可进行损伤少的骨修整和切削,提高了损伤组织的恢复速度等。另外,钕激光可降低

脂多糖的含量,产生一定的杀菌作用。

#### 4 参考文献

- [1] Hibst R, Keller U. Experimental studies of the application of the Er :YAG laser on dental hard substances : . Measurement of the ablation rate[J]. *Lasers Surg Med*, 1989, 9(4) 338-344.
- [2] Kilinc E, Roshkind DM, Antonson SA, et al. Thermal safety of Er :YAG and Er, Cr :YSGG lasers in hard tissue removal[J]. *Photomed Laser Surg*, 2009, 27(4) 565-570.
- [3] Lubart R, Kesler G, Lavie R, et al. Er :YAG laser promotes gingival wound repair by photo-dissociating water molecules[J]. *Photomed Laser Surg*, 2005, 23(4) 369-372.
- [4] Ishikawa I, Aoki A, Takasaki AA. Potential applications of Erbium :YAG laser in periodontics[J]. *J Periodontal Res*, 2004, 39(4) 275-285.
- [5] Kreisler M, Kohnen W, Marinello C, et al. Bactericidal effect of the Er :YAG laser on dental implant surfaces : An *in vitro* study[J]. *J Periodontol*, 2002, 73(11) :1292-1298.
- [6] Maung NL, Wohland T, Hsu CY. Enamel diffusion modulated by Er :YAG laser(Part 1)—FRAP[J]. *J Dent*, 2007, 35(10) :787-793.
- [7] Hossain M, Nakamura Y, Kimura Y, et al. Caries-preventive effect of Er :YAG laser irradiation with or without water mist[J]. *J Clin Laser Med Surg*, 2000, 18(2) : 61-65.
- [8] Mollica FB, Camargo FP, Zamboni SC, et al. Pulpal temperature increase with high-speed handpiece, Er :YAG laser and ultrasound tips[J]. *J Appl Oral Sci*, 2008, 16(3) 209-213.
- [9] Oelgiesser D, Blasbalg J, Ben-Amar A. Cavity preparation by Er-YAG laser on pulpal temperature rise[J]. *Am J Dent*, 2003, 16(2) 96-98.
- [10] Yoshino T, Aoki A, Oda S, et al. Long-term histologic analysis of bone tissue alteration and healing following Er :YAG laser irradiation compared to electrosurgery[J]. *J Periodontol*, 2009, 80(1) 82-92.
- [11] Keller U, Hibst R, Geurtsen W, et al. Erbium :YAG laser application in caries therapy. Evaluation of patient perception and acceptance[J]. *J Dent*, 1998, 26(8) 649-656.
- [12] Sasaki LH, Lobo PD, Moriyama Y, et al. Tensile bond strength and SEM analysis of enamel etched with Er : YAG laser and phosphoric acid : A comparative study *in vitro*[J]. *Braz Dent J*, 2008, 19(1) 57-61.
- [13] Soares LE, Resende EB, Brugnera A Jr, et al. Combined FT-Raman and SEM studies of the effects of Er :YAG laser irradiation on dentin[J]. *Photomed Laser Surg*, 2007, 25(4) 239-244.
- [14] Giachetti L, Scaminaci Russo D, Scarpelli F, et al. SEM analysis of dentin treated with the Er :YAG laser : A pilot study of the consequences resulting from laser use on adhesion mechanisms[J]. *J Clin Laser Med Surg*, 2004, 22(1) 35-41.
- [15] Kameyama A, Kato J, Aizawa K, et al. Tensile bond strength of one-step self-etch adhesives to Er :YAG laser-irradiated and non-irradiated enamel[J]. *Dent Mater J*, 2008, 27(3) 386-391.
- [16] Ramos AC, Esteves-Oliveira M, Arana-Chavez VE, et al. Adhesives bonded to erbium yttrium-aluminum-garnet laser-irradiated dentin : Transmission electron microscopy, scanning electron microscopy and tensile bond strength analyses[J]. *Lasers Med Sci*, 2010, 25(2) :181-189.
- [17] 乔丽艳, 刘静明, 王静, 等. Er : YAG激光制备窝洞对树脂充填微渗漏的影响[J]. *现代口腔医学杂志*, 2009, 23(2) :179-181.
- [18] Huth KC, Paschos E, Hajek-Al-Khatat N, et al. Effectiveness of 4 pulpotomy techniques—randomized controlled trial[J]. *J Dent Res*, 2005, 84(12) :1144-1148.
- [19] Jayawardena JA, Kato J, Moriya K, et al. Pulpal response to exposure with Er :YAG laser[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2001, 91(2) 222-229.
- [20] Tachinami H, Katsuimi I. Removal of root canal filling materials using Er :YAG laser irradiation[J]. *Dent Mater J*, 2010, 29(3) 246-252.
- [21] Vescovi P, Merigo E, Manfredi M, et al. Surgical treatment of maxillary osteonecrosis due to bisphosphonates using an Er :YAG(2 940 nm) laser. Discussion of 17 clinicalcases[J]. *Rev Belge Med Dent(1984)*, 2009, 64(2) 87-95.
- [22] Lewandrowski KU, Lorente C, Schomacker KT, et al. Use of the Er :YAG laser for improved plating in maxillofacial surgery : Comparison of bone healing in laser and drill osteotomies[J]. *Lasers Surg Med*, 1996, 19(1) : 40-45.
- [23] Genovese MD, Olivi G. Use of laser technology in orthodontics : Hard and soft tissue laser treatments[J]. *Eur J Paediatr Dent*, 2010, 11(1) 44-48.
- [24] Araki AT, Ibraki Y, Kawakami T, et al. Er :Yag laser irradiation of the microbiological apical biofilm[J]. *Braz Dent J*, 2006, 17(4) 296-299.
- [25] Pozza DH, Fregapani PW, Xavier CB, et al. CO<sub>2</sub>, Er : YAG and Nd :YAG lasers in endodontic surgery[J]. *J Appl Oral Sci*, 2009, 17(6) 596-599.
- [26] Saegusa H, Watanabe S, Anjo T, et al. Safety of laser use under the dental microscope[J]. *Aust Endod J*, 2010, 36(1) 6-11.
- [27] Eberhard J, Ehlers H, Falk W, et al. Efficacy of subgingival calculus removal with Er :YAG laser compared to mechanical debridement : An *in situ* study[J]. *J Clin Periodontol*, 2003, 30(6) 511-518.