

- ol, 2013, 190(1): 250-258.
- [10] Kalvegren H, Skoglund C, Helldahl C, et al. Toll-like receptor 2 stimulation of platelets is mediated by purinergic P2X(1)-dependent Ca^{2+} mobilisation, cyclooxygenase and purinergic P2Y(1) and P2Y(12) receptor activation[J]. *Thrombo Haemosta*, 2010, 103(2): 398-407.
 - [11] Quinn KL, Henriques M, Tabuchi A, et al. Human neutrophil peptides mediate endothelial-monocyte interaction, foam cell formation, and platelet activation[J]. *Arteriosclero Thrombo Vascular Biol*, 2011, 31(9): 2070-2413.
 - [12] Mariani E, Filardo G, Canella V, et al. Platelet-rich plasma affects bacterial growth in vitro[J]. *Cytotherapy*, 2014, 16(9): 1294-1304.
 - [13] Yount NY, Cohen SE, Kupferwasser D, et al. Context mediates antimicrobial efficacy of kinocidin congener peptide RP-1[J]. *PLoS One*, 2011, 6(11): e26727.
 - [14] Wong CH, Jenne CN, Petri B, et al. Nucleation of platelets with blood-borne pathogens on Kupffer cells precedes other innate immunity and contributes to bacterial clearance[J]. *Nat Immunol*, 2013, 14(8): 785-792.
 - [15] Kral JB, Schrottmaier WC, Salzman M, et al. Platelet interaction with innate immune cells[J]. *Transfus Med Hemother*, 2016, 43(2): 78-88.
 - [16] Bertling A, Brodde MF, Visser M, et al. Misfolded proteins in plasma-derived FVIII concentrates activate platelets and inhibit heme oxygenase-1 upregulation in macrophages by secreted platelet factor 4 (CXCL4) [J]. *J Thrombo Haemosta*, 2015, 132(1): 565-569.
 - [17] Broadley SP, Plaumann A, Coletti R, et al. Dual-Track clearance of circulating bacteria balances rapid restoration of blood sterility with induction of adaptive immunity [J]. *Cell Host Microbe*, 2016, 20(1): 36-48.
 - [18] Mudd JC, Panigrahi S, Kyi B, et al. Inflammatory function of CX3CR1⁺ CD8⁺ T cells in treated HIV infection is modulated by platelet interactions[J]. *J Infect Dis*, 2016, 214(12): 1808-1816.
 - [19] Ke N, Su A, Huang W, et al. Regulating the expression of CD80/CD86 on dendritic cells to induce immune tolerance after xeno-islet transplantation[J]. *Immunobiology*, 2016, 221(7): 803-812.
 - [20] Antczak AJ, Vieth JA, Singh N, et al. Internalization of IgG-coated targets results in activation and secretion of soluble CD40 ligand and rantes by human platelets[J]. *Clin Vacc Immunol*, 2011, 18(2): 210-216.
 - [21] Johnston LR, La Flamme AC, Larsen PD, et al. Prasugrel inhibits platelet-enhanced pro-inflammatory CD4⁺ T cell responses in humans[J]. *Atherosclerosis*, 2015, 239(1): 283-286.
 - [22] Zhu L, Huang Z, Stalesen R, et al. Platelets provoke distinct dynamics of immune responses by differentially regulating CD4(+) T-cell proliferation[J]. *J Thrombo Haemosta*, 2014, 12(7): 1156-1165.
 - [23] Gerdes N, Zhu L, Ersoy M, et al. Platelets regulate CD4(+) T-cell differentiation via multiple chemokines in humans[J]. *Thrombo Haemosta*, 2011, 106(2): 353-362.
 - [24] 安娜, 梁宇生. 衍生自人 II A 型磷脂酶 A₂ N-端的多肽 hPLA₂ N₁₋₁₁ 杀菌活性的研究[J]. *广西医学*, 2012, 40(6): 689-691.
 - [25] Shannon O. Platelet interaction with bacterial toxins and secreted products[J]. *Platelets*, 2015, 26(4): 302-308.
 - [26] Kahn F, Hurley S, Shannon O. Platelets promote bacterial dissemination in a mouse model of streptococcal sepsis [J]. *Microbes Infect*, 2013, 15(10/11): 669-676.

(收稿日期: 2017-03-12 修回日期: 2017-04-18)

• 综 述 •

Er,Cr:YSGG 激光在根管治疗中的应用进展

郭瑞征¹综述, 高平²审校

(1. 中国人民解放军第二五四医院口腔科, 天津 300142; 2. 天津医科大学口腔医院口腔科, 天津 300010)

关键词: 钕、铬: 钇钛绿石榴石激光; 根管治疗; 临床应用

DOI: 10.3969/j.issn.1672-9455.2017.17.061 文献标志码: A 文章编号: 1672-9455(2017)17-2648-03

近年来激光在根管治疗中的应用越来越受到国内外学者的普遍关注, 其中新一代水动力生物激光系统即钕、铬: 钇钛绿石榴石激光(Er,Cr: YSGG 激光)被认为在根管治疗中最具应用潜力。它不仅具有消毒根管、去除根管壁玷污层和清理成形根管作用, 还具有封闭根尖作用。其光纤细小柔韧, 能够插入到根尖孔区, 定位准确, 从而便于根管内操作。Er,Cr: YSGG 激光不仅具有以上的优点与特性, 同时由于其间断发射激光的特点能够有效降低热能, 避免温度过高导致周围软组织损伤。本文就近年来关于 Er,Cr: YSGG 激光在根管治疗中的应用情况作一综述。

1 Er,Cr: YSGG 激光作用原理及特点

Er,Cr: YSGG 激光又称为水激光, 美国 Biolase 公司最先用于口腔疾病的自化疗中^[1]。正常状态下水激光能够释放

2 780 nm 波长的激光, 可在激发治疗手柄前端雾化区域形成水分子, 并使水分子能够排列形成具有高速动能的粒子束, 以高能量进行切割与消除, 而当粒子束内能量消失后能够再次凝结成小水滴, 发挥保护组织器官以及降低温度的作用。该波长激光可激发治疗手柄前端雾化区生成水分子, 使水分子排列成具有高速动能的粒子束^[2]。

2 Er,Cr: YSGG 激光对根管壁的消毒作用

根管系统的复杂性决定了根管消毒的必要性。Er,Cr: YSGG 激光对根管的消毒作用是通过 Er,Cr: YSGG 激光照射瞬间产生的高温杀灭根管内的细菌, 灭活其代谢产物产生的。Bergmans 等^[3]研究用 1.5 W、15 Hz 的 Er,Cr: YSGG 激光照射接种了粪肠球菌的离体牙根管 4 次, 每次 5 s 后发现细菌量有了显著地减少。Talebi-Ardakani 等^[4]分别用 1 W/70 mJ 和

1.5 W/100 mJ 的 Er,Cr:YSGG 激光照射接种铜绿假单胞菌和接种内氏放线菌的根管 15 s 后,细菌计数发现激光照射后的细菌数量可显著减少。Licata 等^[5]在以 75/25 mJ 以及 30、60 s 的 Er,Cr:YSGG 照射根管内的乳酸球菌时发现,Er,Cr:YSGG 激光有杀菌作用,特别是 75 mJ、60 s 的 Er,Cr:YSGG 激光照射杀菌效果最好。有研究者以粪肠球菌感染根管模型为对象,并用不同参数状态下的 Er,Cr:YSGG 激光进行根管荡洗,结果发现 Er,Cr:YSGG 激光在 75 mJ 能量下照射 60 s 可有效去除根管内粪肠球菌,其去除率可达 100%^[6]。Cheng 等^[7]发现,Er,Cr:YSGG 激光+次氯酸钠+生理盐水+蒸馏水组的根管表面和牙本质小管 100、200 μm 处未发现细菌。他们认为,这可能会是一种较理想的根管消毒方法。

弯曲根管内的消毒是否彻底是非常重要的,Yasuda 等^[8]分别给予感染根管钇铝石榴石晶体激光(Nd:YAG 激光)和 Er,Cr:YSGG 激光照射,结果 Er,Cr:YSGG 优于 Nd:YAG 在直根管和弯曲根管中的杀菌效果,但是 Er,Cr:YSGG 激光在弯曲根管内的杀菌效果明显低于直根管,故激光发射手柄尖端的进一步改进是非常重要的。Schoop 等^[9]通过体外实验证明,应用水激光进行根管荡洗时可有效冲洗侧枝根管并使牙本质小管口开放,从而清除根管壁内 1 mm 深处的细菌,且不会导致根管壁升温过高。Amid 等^[10]分别用频率为 5 Hz 和 10 Hz 的 Er,Cr:YSGG 激光照射接种内氏放线菌和铜绿假单胞菌的根管后显示,频率为 5 Hz 时内氏放线菌的菌落形成单位减少 34.0%,铜绿假单胞菌的菌落形成单位减少 15.7%。而激光频率为 10 Hz 时内氏放线菌减少 77.4%,铜绿假单胞菌减少 85.8%,提示 Er,Cr:YSGG 激光具有抗菌效应且其作用与辐射频率有关。Dunia 等^[11]用血链球菌和中间普氏菌接种的离体牙实验发现,1.8 W 的 Er,Cr:YSGG 激光照射 30 s 可杀死根管中的全部细菌。

近年来众多学者又进一步研究了与激光杀菌相关的因素。Renan 等^[12]指出激光杀菌效果与激光脉冲频率有关。他们比较 30 mJ、50 mJ 和 75 mJ Er,Cr:YSGG 激光杀灭链球菌的效果,发现 Er,Cr:YSGG 激光在 75 mJ 能量下更能有效杀灭链球菌。Taichen 等^[13]研究发现激光杀菌效果与细菌的种类有关。他们比较大肠杆菌和粪肠球菌对 Er,Cr:YSGG 激光敏感性差异时发现,随着照射剂量增大,对这两种细菌的损伤作用均增大,但大肠杆菌照射后即刻结构破坏而死亡,而粪肠球菌需重复照射才能破坏其结构使其死亡。

3 Er,Cr:YSGG 激光还可发挥去除根管壁玷污层的功效

在根管预备中应用器械可清除根管壁牙本质形成的玷污层,但感染根管的玷污层作为细菌滋生和繁殖的场所,覆盖在根管壁表面较难清除,并且其不利于根充材料与根管壁的密合,影响根管治疗的效果。Er,Cr:YSGG 激光的热效应可使根管壁上的玷污层气化,从而达到清除的目的,还可以熔融牙本质小管,起到封闭作用。

Varella 等^[14]以透明离体牙为研究对象,用 Er,Cr:YSGG 激光(1.50 W、20 Hz、30%水、50%气)进行根管荡洗后再行根管充填,与 170 g/L EDTA 组 and 对照组相比,能充填到更多的侧枝根管和根管峡部。以上说明 Er,Cr:YSGG 激光可有效去除玷污层,并可打开侧枝根管。Gupta 等^[15]也在体外模拟了 Er,Cr:YSGG 激光对根管充填效果的影响,该试验将 105 个新鲜拔除的单根管牙随机分为 7 组,经常规根管预备后,分别用不同参数的 Er,Cr:YSGG 激光治疗仪进行处理,然后再进行根管充填及微渗漏检测。结果显示,与对照组相比,Er,Cr:YSGG 激光处理组的微渗漏值明显减小,且差异有统计学意义($P<0.05$)。以上研究结果说明,Er,Cr:YSGG 激光所产生的

热效应及化学效应可有效去除根管壁的玷污层,并可在一定程度上打开侧枝根管,在根管消毒及充填中均具有良好作用,从而利于根管严密充填。

4 Er,Cr:YSGG 激光对根尖的封闭作用

根管治疗的重要环节在于严密封闭整个根管系统,若封闭不严会造成根尖微渗漏,使细菌容易侵入最终导致治疗失败。大量研究表明,Er,Cr:YSGG 激光的高能量光能被管壁组织吸收后转化为热能,使细菌及其代谢产物等有机物气化,牙本质无机成分熔融、再结晶,封闭牙本质小管,并在管壁产生等离子光化学效应,使根管成形,产生根尖封闭作用。Koppolu 等^[16]将 42 颗提前预备完成的离体牙分为 EDTA+1% NaCl 冲洗组,Nd:YAG 激光照射组和 Er,Cr:YSGG 激光照射组。侧方加压冷牙胶充填后浸入 2% 亚甲蓝溶液 48 h,观察根尖微渗漏情况。结果显示,根尖微渗漏最深的为 Nd:YAG(7.3 mm),其次为 EDTA(1.6 mm),Er,Cr:YSGG 对减少根尖微渗漏情况效果最好(0.6 mm)。

Er,Cr:YSGG 激光根管内照射可气化根管壁上的碎屑和玷污层,使牙本质内的无机成分熔融、再结晶,封闭牙本质小管及根管侧支,能有效提高根管充填后的封闭效果;1 W Er,Cr:YSGG 激光照射时根管封闭效果最好^[17]。

5 Er,Cr:YSGG 激光照射对根尖周组织的影响

Er,Cr:YSGG 激光光纤末端主要以热传递的方式输出到根尖周,并利用其温热的生理反应促使根尖周组织内的毛细血管扩张,改善局部的血流动力学参数,并且对组织细胞的代谢具有积极的作用,有助于患者根尖周组织与细胞的修复、愈合,并可产生良好的术后镇痛效果^[18]。Ramos 等^[19]研究发现,Er,Cr:YSGG 激光治疗组,根管治疗 1、3 个月后叩痛发生率明显低于常规组。周娟等^[20]用 1.7 W、20 Hz、85 mJ/p 的激光照射 30 s,发现小型乳猪磨牙根尖周组织接受激光治疗后能够发生明显的组织学变化。这一结果显示通过根管内的激光照射能够有效促进根周膜血管的扩张与充血,并且对促进根尖周组织反应具有重要意义,对有病变的根尖周组织可增加血液循环,促进炎症吸收,有利于组织愈合。王原明等^[21]研究用 2 W 或 1.5 W、20 Hz、5 s×4 剂量的 Er,Cr:YSGG 激光照射一次法、碘伏冲洗一次法和 FC 封药多次法治疗无症状的慢性根尖周炎患者 124 例 137 颗牙,结果显示根充后 24 h 内 3 组自发痛发生率及其程度差异无统计学意义,叩痛发生率 3 组在 1、12 周无统计学意义,而 24 周激光组显著低于 FC 组。结合根充前后的根尖指数分值变化表明,激光用于根管治疗更有助于促进根尖周炎症的愈合,且远期效果更为明显。贺小宁等^[22]观察 100 mJ、15 Hz 的 Er,Cr:YSGG 激光照射预备完的根管根尖 6 s 辅助治疗老年人慢性根尖周炎的临床疗效,结果显示使用激光照射消毒的根管,其急性发作率、患者诊间痛发生率和临床症状均轻于对照组。这说明 Er,Cr:YSGG 激光对老年患者牙根管内根尖周区的消毒,以及避免根尖周炎急性发作有一定的效果。

6 Er,Cr:YSGG 激光的剂量和安全性的问题

大量研究表明,Er,Cr:YSGG 激光对组织有消炎止血作用,但不适当的激光照射可能引起根尖周组织的损伤。激光对根尖周组织的作用与其照射能量、照射时间、照射方式、根管的湿润度、是否使用光敏剂有关。高剂量的激光照射有利于根管清理,但过高的温度则可能损伤根尖周组织。目前认为牙根表面的温度上升 7℃ 就能去除根管内的玷污层,牙根表面温度上升不超过 10℃ 对牙周组织是安全的。Guilherme 等^[23]研究 60 颗新鲜拔除牙,常规根管预备后充满酸红感光剂,分为单次照射组(照射条件为功率≤4 W,时间≤2.55 ms,频率≤20 Hz)

和重复照射组(照射条件为 5 Hz, 间隔 1 s, 功率 ≤ 2.25 W, 时间 ≤ 2.55 ms, 频率 ≤ 20 Hz)。结果显示, 激光在上述参数时温度通常升高小于 7℃, 在该温度范围内激光对根尖周组织是安全的。葛琳华等^[24]动物实验结果表明, Er,Cr:YSGG 激光在 3 种参数(3 W、20 Hz、0.5 s; 2 W、20 Hz、1 s; 1 W、20 Hz、2 s)条件下照射距根管狭窄处 1 mm, 不会造成根尖周组织损伤, 可加速根尖周病得愈合。Genovese 等^[25]用 100 mJ 和 200 mJ 的 Er,Cr:YSGG 激光连续照射根管 20 s, 可引起 24.3℃ 和 61.8℃ 的牙根表面升温。

综上所述, 根管治疗被认为是治疗牙髓病和根尖周病首选的、疗效较为可靠的治疗方法。但传统根管内封药消毒的根管治疗术常难以彻底清理根管, 残留细菌感染是导致根管治疗术失败的主要原因之一, 且需多次就诊。而 Er,Cr:YSGG 激光作为一种快捷、可靠、安全、简便的根管消毒新方法, 能有效地解决这一问题。适宜剂量的 Er,Cr:YSGG 激光用于根管治疗术可提高疗效, 缩短疗程, 具有较好的临床应用前景。

参考文献

- [1] 陈馨, 彭友俭. Er,Cr:YSGG 激光治疗牙体牙髓疾病的研究进展[J]. 北京口腔医学, 2016, 24(3): 178-180.
- [2] 崔庆哲, 杨经纬, 凌琳, 等. Er:YAG 激光脉宽对牙硬组织消融特性影响的研究[J]. 激光生物学报, 2015, 24(4): 341-347.
- [3] Bergmans L, Moisiadis P, Teughels W, et al. Bactericidal effect of Er,Cr:YSGG laser irradiation on some endodontic pathogens ex vivo[J]. Int Endod J, 2006, 39(7): 547.
- [4] Talebi-Ardakani M, Torshabi M, Elahe-Arbabi E, et al. In Vitro Study of Er:YAG and Er,Cr:YSGG Laser Irradiation on Human Gingival Fibroblast Cell Line. [J]. Acta Medica Iranica, 2016, 54(4): 134-140.
- [5] Licata M, Albanese A, Campisi G, et al. Effective-ness of a new method of disinfecting the root canal, using Er,Cr:YSGG laser to kill Enterococcus faecalis in an infected tooth model[J]. Lasers Med Sci, 2015, 30(2): 707-712.
- [6] Licata ME, Albanese A, Campisi G, et al. Effectiveness of a new method of disinfecting the root canal, using Er,Cr:YSGG laser to kill Enterococcus faecalis in an infected tooth model[J]. Lasers Med Sci, 2015, 30(2): 707-712.
- [7] Cheng X, Guan S, Lu H, et al. Evaluation of the bactericidal effect of Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG laser radiation, and antimicrobial photodynamic therapy(a PDT) in experimentally infected root canals [J]. Lasers Surg Med, 2012, 44(10): 824-831.
- [8] Yasuda Y, Kawamorita T, Yamaguchi HA. Bactericidal effect of Nd:YAG and Er:YAG lasers in experimentally infected curved root canals [J]. Photomed Laser Surg, 2010, 28(2): 75-78.
- [9] Schoop U, Barylyak A, Goharkhay K, et al. The impact of an er-bium, chromium; yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial-firing tips on endodontic treatment [J]. Lasers Med Sci, 2009, 24(1): 59-65.
- [10] Amid R, Azizi E, Ashnagar S, et al. Effects of Er,Cr:YSGG laser treatment on human gingival fibroblast attachment, viability and morphology of root surface: an in vitro study [J]. J California Dent Assoc, 2016, 44(5): 276-281.
- [11] Dunia A, Natheer A, Farah Jabber, et al. Smear layer re-

moval and ultramorphological changes of root canal dentin induced by erbium, chromium; Yttrium-scandium-gallium-garnet laser [J]. J Restora Dent, 2016, 4(2): 268-270.

- [12] Renan D, José A, Alessandra C, et al. In vitro behavior of osteoblasts on zirconia after different intensities of erbium, chromium-doped; yttrium, scandium, gallium, and garnet-laser irradiation [J]. J Craniofac Surg, 2016, 27(3): 583-587.
- [13] Taichen L, Akira A, Norihito S, et al. Dental hard tissue ablation using mid-infrared tunable nanosecond pulsed Cr: CdSe laser [J]. Lasers Surg Med, 2016, 48(10): 250-255.
- [14] Varella CH, Pileggi R. Obturation of root canal system treated by Cr, Er: YSGG laser irradiation [J]. J Endod, 2007, 33(9): 1091-1093.
- [15] Gupta M, Lamba AK, Verma M, et al. Comparison of periodontal open flap debridement versus closed debridement with Er,Cr:YSGG laser [J]. Aust Dent J, 2013, 58(1): 121-125.
- [16] Koppolu M, Sannapureddy S, Chinni S, et al. Effect of endoactivator and Er,Cr:YSGG laser irradiation in removing the smear layer after root canal instrumentation; An in vitro study [J]. J Dr. NTR Univer Health Sci, 2016, 5(1): 158-160.
- [17] 吕静雅, 郭亚娟, 蔡兴伟. Er:YAG 激光应用于牙体硬组织的研究进展 [J]. 口腔颌面修复学杂志, 2017, 18(1): 60-64.
- [18] Ozkan L, Cetiner S, Sanlidag T. Effect of Er,Cr:YSGG laser irradiation with radial firing tips on Candida albicans in experimentally infected root canals. [J]. Biomed Res Int, 2014, 2014(4): 938245.
- [19] Ramos T, Ramos-Oliveira M, Moretto S, et al. Microtensile bond strength analysis of adhesive systems to Er:YAG and Er,Cr:YSGG laser-treated dentin. [J]. Lasers Med Sci, 2013, 16(4): 217-220.
- [20] 周娟, 谭雅琴, 叶双. Er,Cr:YSGG 激光在根管治疗术中根管清理方面的应用 [J]. 口腔医学, 2017, 36(1): 93-96.
- [21] 王原明, 张文娟. Er,Cr:YSGG 水激光在慢性根尖周炎治疗中的应用 [J]. 延安大学学报(医学科学版), 2017, 15(1): 43-45.
- [22] 贺小宁, 李斌, 赵燕玲, 等. Er,Cr:YSGG 激光照射在老年人根管治疗中应用的临床效果 [J]. 中华老年口腔医学杂志, 2007, 5(4): 195.
- [23] Guilherme J, Mariana A, José E. A microscopic analysis of the effects of root surface scaling with different power parameters of Er,Cr:YSGG laser [J]. Microsc Res Tech, 2015, 78(6): 45-51.
- [24] 葛琳华, 束蓉. Er,Cr:YSGG 激光在慢性牙周炎基础治疗中的应用观察 [J]. 口腔医学研究, 2014, 29(3): 235-237.
- [25] Genovese MD, Olivi G. Use of laser technology in orthodontics; hard and soft tissue laser treatments. [J]. Euro J Paediat Dent, 2010, 11(1): 24-26.