

[DOI]10.12016/j.issn.2096-1456.2019.07.012

• 综述 •

牙本质敏感症激光治疗的研究进展

熊开新¹, 邹玲²

1. 口腔疾病研究国家重点实验室 国家口腔疾病临床研究中心 四川大学华西口腔医院, 四川 成都(610041);
2. 口腔疾病研究国家重点实验室 国家口腔疾病临床医学研究中心 四川大学华西口腔医院牙体牙髓病科, 四川 成都(610041)

【摘要】 牙本质敏感症的发生主要与磨耗、磨损、酸蚀症、隐裂、楔状缺损、牙釉质发育不全、龋病以及牙龈退缩导致牙颈部无牙釉质或牙骨质遮挡的牙本质小管直接暴露于口腔环境中相关。对于牙本质敏感症的治疗主要是封闭暴露的牙本质小管和降低牙髓神经的兴奋性,激光治疗作为一种安全、快捷、方便的治疗措施,单独使用或与其他药剂联合应用均获得了良好的疗效,越来越受到大家的重视。本文从几种常用激光治疗的机制、参数选择及适用范围综述其在牙本质敏感症治疗中的研究进展,文献复习结果表明,Nd:YAG激光穿透力强,热效应高,极短时间内使牙本质小管中蛋白质变性凝固;CO₂激光对牙髓损伤小且即刻疗效明显,通过对羟基磷灰石中水分子的高吸收使牙本质表面发生熔融和再结晶;Er:YAG激光吸水性和热效应高,通过使牙本质管液蒸发、盐类沉积从而堵塞小管;Er,Cr:YSGG激光能量可以被羟基磷灰石和水充分吸收,通过同时切削牙体硬组织和熔融管周牙本质从而脱敏;Ga-Al-As半导体激光和He:Ne激光属于低能量激光,主要改变神经纤维对钾离子和钠离子的通透性,使神经纤维去极化从而产生镇痛作用。激光联合脱敏剂可提高牙本质敏感症的临床治疗效果。以上几种激光在牙本质敏感症的治疗中具有重要应用前景。

【关键词】 牙本质敏感症; 牙本质小管; 牙釉质; 牙骨质; 激光; 脱敏治疗

【中图分类号】 R781.05 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2019)07-0472-04

【引用著录格式】 熊开新, 邹玲. 牙本质敏感症激光治疗的研究进展[J]. 口腔疾病防治, 2019, 27(7): 472-476.

Research progress in laser treatment of dentin hypersensitivity XIONG Kaixin¹, ZOU Ling². 1. State Key Laboratory of Oral Diseases & National Clinical Research Center for Oral Diseases, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 2. State Key Laboratory of Oral Diseases & National Clinical Research Center for Oral Diseases, Department of Conservation Dentistry and Endodontics, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Corresponding author: ZOU Ling, Email: zouling@scu.edu.cn, Tel: 86-28-85502415

【Abstract】 Dentin hypersensitivity is mainly associated with abrasion, wear, acid etching, cracking, wedge-shaped defects, enamel hypoplasia, caries, a lack of neck enamel, and cementum coverage accompanied by gingival recession, resulting in direct exposure of dentin tubules to the oral environment. Dentin hypersensitivity is mainly treated by sealing the exposed dentin tubules and reducing the excitability of the pulpal nerves. Laser therapy, as a safe, fast and convenient treatment measure, has achieved good results both alone and in combination with other medicines and has attracted increasing attention. This paper reviews the research progress in the treatment of dentin hypersensitivity using several common laser therapy mechanisms with parameter selections in various scopes of application. A review of the literature shows that the Nd:YAG laser has a strong penetrating power and a large thermal effect and can denature and coagulate proteins in dentin tubules in a very short time; while the CO₂ laser causes little damage to the dental pulp and has an obvious immediate curative effect by high absorption of water molecules in hydroxyapatite and the dentin surface is melted and recrystallized; the Er:YAG laser has high water absorption and a large thermal effect and can block the tubules by evaporating the fluid in the tubules and depositing salts; Er, Cr:YSGG laser energy can be fully absorbed by hydroxyapatite and water and result in desensitization by cutting hard tissues and melting periodontal dentin of the tube si-

【收稿日期】 2018-06-11; **【修回日期】** 2018-07-05

【基金项目】 国家自然科学基金项目(81570974); 四川省科技计划项目(2015JY0260)

【作者简介】 熊开新, 学士, 医师, Email: 1643213179@qq.com

【通信作者】 邹玲, 副教授, 博士, Email: zouling@scu.edu.cn, Tel: 86-28-85502415

multaneously; The Ga-Al-As semiconductor laser and He:Ne laser are low energy. The laser dosage mainly changes the permeability of nerve fibers to potassium and sodium ions and depolarizes the nerve fibers, producing an analgesic effect. The combination of a laser with a desensitizer can improve the clinical efficacy of treating dentin hypersensitivity.

【Key words】 dentin hypersensitivity; dentin tubule; enamel; cementum; laser; desensitization treatment

J Prev Treat Stomatol Dis, 2019, 27(7): 472-476.

牙本质敏感症(dentin hypersensitivity, DH)是一种常见口腔临床症状,指牙在受到摩擦或咬硬物引起的机械刺激、冷热引发的温度刺激、酸甜等渗透压改变导致的化学刺激等外界生理范围内的刺激时出现的短暂、尖锐的疼痛或不适的现象,主要是由磨耗、酸蚀症、隐裂、楔状缺损、牙釉质发育不全、龋病以及牙龈退缩致牙颈部无牙釉质及牙骨质遮挡的牙本质小管直接暴露于口腔环境中,随外界刺激而发生疼痛^[1-2]。牙本质敏感症主要发病机制为 Brannstrom 提出的流体动力学说,认为外界刺激引起牙本质小管内的液体流动发生变化,异常流动传递到牙髓,引起神经纤维兴奋而产生疼痛^[3]。据此理论,牙本质敏感症的治疗原理主要是封闭牙本质小管或者降低牙髓神经的兴奋性,治疗方法主要包括药物脱敏、激光脱敏、修复脱敏以及有创手术脱敏等。激光治疗作为一种安全快捷的新兴治疗措施,近年来在牙本质敏感症治疗中的应用日趋广泛。目前临床常用的治疗牙本质敏感症的激光主要有:Nd:YAG激光、CO₂激光、Er:YAG激光、Er,Cr:YSGG激光、Ga-Al-As半导体激光、He:Ne激光等,本文就这几种常用激光的机制、参数选择以及适用范围做一综述。

1 Nd:YAG(钕:钇-铝石榴石)激光

1.1 机制

Nd:YAG激光是一种高能量激光,Nd:YAG激光波长1 064 nm,以热效应为主,Nd:YAG激光可以很容易地与牙体组织相互作用,穿透力强。激光的热效应可在光斑处产生高温,在极短的时间内温度迅速升高,使得牙本质小管中蛋白质变性凝固,牙本质表面发生熔融和再结晶,部分或全部封闭牙本质小管,降低牙本质的通透性和小管内液体的流动^[4]。

1.2 治疗参数

实验研究显示治疗牙本质敏感症的较好输出参数是:输出功率1 W,10 脉冲/s,每个脉冲能量输出30 mJ,照射60 s,此剂量的激光既能使牙本质小管口彻底封闭,又不会损伤牙髓^[5-6]。此剂量激

光照射后扫描电镜下可见近照射面牙本质小管管壁进一步增厚且不规则,牙本质小管被熔融物充填,结构模糊不清,管径明显变小,在距牙本质表面10 μm内小管几乎完全熔融封闭,表面平坦,与非照射区未见明显分界^[7]。临床试验证实Nd:YAG激光治疗后即刻疗效和远期疗效显著^[8],且与氟化钠联合应用能延长疗效^[9]。体外实验也发现Nd:YAG激光与含钙氟化钠涂料联合可明显增强牙本质小管封闭效果,加强脱敏效果^[10]。

1.3 适用范围

Nd:YAG激光是应用最早、最广泛且疗效最确切的一种激光,该激光阻塞牙本质小管效果最好,被认为是激光治疗牙本质敏感症的首选。可应用于牙龈退缩和牙体硬组织缺损(磨耗、酸蚀症、楔状缺损)等多种原因造成的牙本质敏感症的治疗。Dilsiz等^[11]分别用Nd:YAG激光和二极管激光器治疗因牙龈退缩导致牙本质敏感症的患者,发现Nd:YAG激光比二极管激光器更为有效。Saluja等^[5]体外实验证实Nd:YAG激光比CO₂激光和二极管激光能够更加明显减小或者封闭暴露牙本质小管的直径。实验证实Nd:YAG激光单独或与其他药物联合运用治疗磨耗面磨损、楔状缺损等因素导致牙本质敏感症的患者也有较好的即刻和远期疗效^[12]。

2 CO₂激光

2.1 机制

CO₂激光脱敏机制同脉冲Nd:YAG激光,其波长10 600 nm,穿透效应较浅,造成的炭化及变性层也相应较浅,因此CO₂激光具有牙髓损伤较小、操作安全性好的优点及刺激反应性牙本质形成的作用。其吸水性仅次于Er激光,对羟磷灰石中水分子的吸收性最强(约为Er激光的100倍),通过对牙体组织羟磷灰石中水分子的高吸收成功地使牙本质表面发生熔融和再结晶,堵塞牙本质小管从而脱敏。

2.2 治疗参数

CO₂激光使用持续波模式,输出功率1~2 W,照射5~10 s,对牙本质敏感症的治疗有较好的疗效^[6,13],研究显示CO₂激光脱敏的即刻效率和3个

月后有效率近100%^[14],与氟化亚锡凝胶联合使用能互相促进各自的脱敏作用,临床效果更佳^[15]。

2.3 适用范围

CO₂激光于1996年首次被应用于牙本质敏感症的治疗^[14],其作用强大而持久,目前研究报道其主要运用于各种原因(如牙龈退缩、医源性牙本质暴露、过度磨损、错颌畸形、刷牙方法不当等)引起的牙颈部牙本质暴露及牙本质敏感症的治疗^[16-17]。张晋等^[15]研究结果发现CO₂激光治疗牙颈部牙本质敏感症即刻有效率为100%,1个月后有有效率为81.6%,3个月后有有效率为71.7%。Moritz等^[14]报道用CO₂激光治疗牙颈部牙本质敏感症的效果的即刻有效率为100%,3个月后有有效率仍高达98.6%,且CO₂激光照射前后对牙髓血流无影响,未引起牙髓发炎或坏死。两项研究的3个月后有有效率有较大的差异,这可能与不同试验中患者的身体状况、疼痛耐受能力以及患牙最初敏感程度等各方面情况存在差异有关。实验证实CO₂激光与纳米羟基磷灰石糊剂联合应用治疗牙本质敏感症疗效更好^[18]。

3 Er:YAG(钕:钇-铝石榴石)激光

3.1 机制

Er:YAG激光是近红外线水激光,波长2940 nm,脱敏机制主要是热机械消融作用和其波长对水分子的高吸收,较高的吸水性能使牙本质管液蒸发,不溶性盐类沉积,进而封闭小管,起到牙本质脱敏的作用。激光照射时小管内表面层液体蒸发、流动性降低、液压传导减小^[19]。Er:YAG激光具有较高的抑菌和杀菌能力,止血作用强,可增加牙本质的抗酸性能,对牙髓组织损伤小。因此,与前两种激光相比,Er:YAG激光不仅可通过封闭牙本质小管来减少管内液体的流动,还具有杀灭牙本质小管内的致病菌从而缓解敏感症状的优势^[20]。

3.2 治疗参数

Er:YAG激光输出功率1 W,10~12脉冲/s,每个脉冲输出能量约100 mJ,照射时间不超过60 s,引起牙本质温度变化较小,更有利于保护牙髓组织^[6]。实验结果提示生物活性玻璃与Er:YAG激光联合使用,激光产生的热效应在熔融部分牙本质的同时加强了生物活性玻璃对牙本质小管的粘附、封闭^[21]。

3.3 适用范围

Er:YAG激光即刻及远期脱敏效果较好,且投

照部位明确,收效快,适用于单颗牙、多颗牙甚至全口牙牙本质敏感症的改善和恢复。Er:YAG激光目前主要用于龋病、牙髓病及牙周病的治疗,所以Er:YAG激光对于因龋病和牙周病导致的牙本质敏感症或者几种症状同时并存的患牙有较好的治疗作用。并且国外学者实验证实Er:YAG激光与含8%精氨酸和碳酸钙的脱敏糊剂联合使用脱敏疗效更好^[22]。

4 Er,Cr:YSGG(钪,铬:钇-钬-镱石榴石)激光

4.1 机制

Er,Cr:YSGG激光是一种新型水动力激光系统,运用流体动力学理论,将水、气与激光同轴输出。该激光属于近红外线水激光,仅能穿透约0.01~0.02 mm的牙体组织,激光波长为2780 nm,与水的吸收峰值及羟基磷灰石的吸收带相一致,因此,激光能量传递给同轴的空气、水混合物时,其能量可被羟基磷灰石和水充分吸收产生“微爆”作用,导致小管内表面层液体蒸发、流动性降低、液压传导减小从而精确、有效切割牙体硬组织。一方面激光切削牙体组织产生的碎屑堵塞小管脱敏,另一方面随着激光能量的增加,激光的光热效应使管周牙本质熔融封闭小管。该激光在工作中不会引起牙髓温度的剧烈改变,且其能量组织渗透有限,因此可在无水条件下,低能量输出时进行脱敏。研究表明,Er,Cr:YSGG激光可以明显熔融管周牙本质且减少牙本质小管入口直径50%以上^[5]。且因为该激光工作期间水、气与激光同轴输出,可有效减少热量的积累,从而避免了牙髓的损害。

4.2 治疗参数

实验表明Er,Cr:YSGG激光的推荐参数为:输出功率3.5 W,20脉冲/s,每个脉冲输出能量约175 mJ,照射10 s,随着输出能力的增高,该激光对牙本质小管的封闭作用也愈明显,当输出能量达4.5 W时,暴露的牙本质小管几乎可以被完全封闭,但此时牙本质表面碳化程度也增加,晶体结构熔融,当激光能量低于3.5 W时,牙本质小管封闭效果较好,且碳化程度也较低,牙本质小管的晶体结构改变较小^[23]。

4.3 适用范围

Er,Cr:YSGG激光主要用于牙本质敏感症的局部脱敏,也可用于釉质蚀刻、去腐备洞以及根管消毒等,研究也证实Er,Cr:YSGG激光照射后牙体

硬组织的抗酸蚀能力明显增强^[24]。

5 Ga-Al-As(镓-铝-砷激光)半导体激光

5.1 机制

Ga-Al-As 半导体激光是一种低能量激光,局部治疗时不引起组织细胞的损伤。与前面几种激光不同,Ga-Al-As 半导体激光对软组织的穿透性较硬组织好且不引起组织损伤,可直接对准患牙根尖部的相应软组织区域以一个非常小的圆周运动进行照射,从根尖处抑制牙髓神经的兴奋性从而阻断牙髓神经的痛觉传导,临床效果和生物安全性均较好。利用低功率的激光照射根尖区,使神经纤维膜对钾离子、钠离子的通透性改变,神经末梢动作电位增加,同时刺激神经轴突内啡肽的形成,起到镇痛的作用^[25]。

5.2 治疗参数

Ga-Al-As 激光常用波长有3种,分别为780、830、900 nm,也偶有使用980 nm波长,输出功率不一,但常用的输出能量为8 500 mJ^[26],输出功率0.15 W,100脉冲/s,每个脉冲输出能量约1.2 mJ,照射60 s。研究显示,1.25% NaF凝胶与Ga-Al-As激光(0.5 W)联合应用能提高疗效^[27],Ga-Al-As激光(980 nm)与5% NaF保护漆联合应用治疗牙本质敏感症的效果也更佳^[28]。

5.3 适用范围

Ga-Al-As 激光是目前最常用的治疗牙本质敏感症的半导体激光。其脱敏疗效在不同原因导致的牙本质敏感症中差异较大,53.3%~94.2%不等^[6]。该激光对因牙龈退缩、牙根暴露引起的牙本质敏感症患者疗效较好,有效率可达90%左右^[29],主要适用于牙龈退缩、牙根暴露和咬合面磨损导致的牙本质敏感症的治疗。另外,由于直接作用于神经,Ga-Al-As激光脱敏见效快,疗效可维持6个月以上,且即刻有效率高达93.7%^[25],故对于敏感症状非常严重的患者可以首先用Ga-Al-As激光进行对症处理以缓解疼痛,再进一步选择其他的远期治疗方案。

6 He:Ne(氦-氖)激光

6.1 机制

同Ga-Al-As 半导体激光,He:Ne 激光也是低能量激光,治疗时照射温度很低,生物效应并非由热导致,而是激光照射直接引起的,氦氖激光波长为633 nm,激光照射能引起神经纤维对钾离子、钠离子的通透性改变,使传入神经C纤维去极化,起到

镇痛的效果,从而缓解敏感症状^[6]。

6.2 治疗参数

He:Ne 激光的常用参数有一定差异:有学者建议使用输出功率0.006 W,5脉冲/s,每个脉冲输出能量约1.2 mJ,也有使用输出功率0.3~1 W,10脉冲/s,每个脉冲输出能量30~100 mJ,照射10~40 s^[30]。

6.3 适用范围

Senda等^[31]首次将He-Ne激光应用于牙本质敏感症治疗。He-Ne激光治疗牙本质敏感症的有效性差异较大,5%~100%不等^[6]。研究表明He-Ne激光对牙颈部楔状缺损、颌面磨损以及修复中牙体预备所致牙本质敏感症均有较好疗效,比常用的脱敏剂氟化钠甘油糊剂效果更好^[32],故推荐主要将He-Ne激光用于这几种原因导致的牙本质敏感症治疗。

7 总结与展望

激光具有简单、安全、无痛、无刺激、快速、高效的特点,单独使用或与药物联合使用治疗牙本质敏感症均可获得良好疗效。Nd:YAG激光在牙本质敏感症的治疗中适用范围最广泛,即刻和远期疗效都非常确切,推荐作为牙本质敏感症治疗的首选激光,但由于其激光波长并不能很好地被牙体硬组织吸收,在使用时应避免长时间、高能量照射,以免引起牙髓损伤以及牙本质熔融和裂纹等现象;CO₂激光操作安全性好,作用强大而持久,但其疗效与牙齿的位置、病变部位和光束方向有关,对于光束不能垂直照射的牙表面效果不佳,如位置靠后的牙;Er:YAG激光牙髓损伤小,封闭牙本质小管同时对小管内致病菌有较好的抑菌杀菌作用,但其疗效稳定性欠佳,且需严格控制激光照射时间;Er,Cr:YSGG激光治疗牙本质敏感症时低痛、微创、出血少、牙髓损伤小,使用时应注意控制激光能量;Ga-Al-As、He:Ne两种激光则直接作用于神经末梢,照射后即刻显效,不会引起牙髓炎症性反应且很少引起牙本质显微结构的变化,但其操作复杂、费时较多且远期疗效尚不稳定。

由于不同激光对牙本质敏感症的疗效受“照射方式-能量-时间-频率”组合的选择、牙齿敏感部位及大小、余留牙本质的厚度、个人身体状况、疼痛耐受情况、心理作用等多方面因素的影响,如何根据临床具体情况选择激光类型、参数设置、照射方式及时间、与药物的联合等问题还需进一步临床试验。

参考文献

- [1] Trushkowsky RD, Garcia-Godoy F. Dentin hypersensitivity: differential diagnosis, tests, and etiology[J]. *Compend Contin Educ Dent*, 2014, 35(2): 99-104.
- [2] West N, Seong J, Davies M. Dentine hypersensitivity[J]. *Monogr Oral Sci*, 2014, 25: 108-122.
- [3] Brännström M, Lindén LA, Åström A. The hydrodynamics of the dental tubule and of pulp fluid. A discussion of its significance in relation to dentinal sensitivity[J]. *Caries Res*, 1967, 1(4): 310-317.
- [4] Ozlem K, Esad GM, Ayse A, et al. Efficiency of lasers and a desensitizer agent on dentin hypersensitivity treatment: a clinical study[J]. *Niger J Clin Pract*, 2018, 21(2): 225-230.
- [5] Saluja M, Grover HS, Choudhary P. Comparative morphologic evaluation and occluding effectiveness of Nd: YAG, CO₂ and diode lasers on exposed human dentinal tubules: an *in vitro* SEM study[J]. *J Clin Diagn Res*, 2016, 10(7): ZC66-ZC70.
- [6] Asnaashari M, Moeini M. Effectiveness of lasers in the treatment of dentin hypersensitivity[J]. *J Lasers Med Sci*, 2013, 4(1): 1-7.
- [7] 李雪英, 林敏, 从丛, 等. Nd: YAG激光作用下牙本质脱敏机制的研究[J]. *西安交通大学学报:医学版*, 2015, 36(2): 275-279.
- [8] Talesara K, Kulloli A, Shetty S, et al. Evaluation of potassium binoxalate gel and Nd:YAG laser in the management of dentinal hypersensitivity: a split-mouth clinical and ESEM study[J]. *Lasers Med Sci*, 2014, 29(1): 61-68.
- [9] 雷科, 王伦昌, 李龙江, 等. 多乐氟-氟化钠护齿剂与Nd: YAG激光联合治疗牙本质过敏症的临床研究[J]. *口腔材料器械杂志*, 2015, 24(1): 19-22.
- [10] Tosun S, Culha E, Aydin U, et al. The combined occluding effect of sodium fluoride varnish and Nd: YAG laser irradiation on dentinal tubules - A CLSM and SEM study[J]. *Scanning*, 2016, 38(6): 619-624.
- [11] Dilsiz A, Canakci V, Ozdemir A, et al. Clinical evaluation of Nd: YAG and 685-nm diode laser therapy for desensitization of teeth with gingival recession[J]. *Photomed Laser Surg*, 2009, 27(6): 843-848.
- [12] Cunha SR, Garofalo SA, Zezell DM, et al. The association between Nd:YAG laser and desensitizing dentifrices for the treatment of dentin hypersensitivity[J]. *Lasers Med Sci*, 2017, 32(4): 873-880.
- [13] Zhang C, Matsumoto K, Kimura Y, et al. Effects of CO₂ laser in treatment of cervical dentinal hypersensitivity[J]. *J Endod*, 1998, 24(9): 595-597.
- [14] Moritz A, Gutknecht N, Schoop U, et al. The advantage of CO₂ - treated dental necks, in comparison with a standard method: results of an *in vivo* study[J]. *J Clin Laser Med Surg*, 1996, 14(1): 27-32.
- [15] 张晋, 陈曼丽, 高晓蔚. CO₂激光联合氟化亚锡凝胶治疗牙颈部敏感症的疗效分析[J]. *中国美容医学*, 2015, 24(18): 50-52.
- [16] Chen CL, Parolia A, Pau A, et al. Comparative evaluation of the effectiveness of desensitizing agents in dentine tubule occlusion using scanning electron microscopy[J]. *Aust Dent J*, 2015, 60(1): 65-72.
- [17] Belal MH, Yassin A. A comparative evaluation of CO₂ and erbium-doped yttrium aluminium garnet laser therapy in the management of dentin hypersensitivity and assessment of mineral content[J]. *J Periodontal Implant Sci*, 2014, 44(5): 227-234.
- [18] Mohammed AA, Ali SM, Tamara SA, et al. The effects of CO₂ laser with or without nanohydroxyapatite paste in the occlusion of dentinal tubules [J]. *Sci World J*, 2014: 798732.
- [19] Yu CH, Chang YC. Clinical efficacy of the Er:YAG laser treatment on hypersensitive dentin[J]. *J Formos Med Assoc*, 2014, 113(6): 388-391.
- [20] Schwarz F, Arweiler N, Georg T, et al. Desensitizing effects of an Er:YAG laser on hypersensitive dentine[J]. *J Clin Periodontol*, 2002, 29(3): 211-215.
- [21] 董菁杰, 丁亚娟, 陈亚明. Er: YAG激光联合生物活性玻璃治疗牙本质过敏症的体外研究[J]. *中国激光医学杂志*, 2015, 24(2): 64-68, 115-116.
- [22] Tunar OL, GURSOY H, Cakar G, et al. Evaluation of the effects of Er: YAG laser and desensitizing paste containing 8% arginine and calcium carbonate, and their combinations on human dentine tubules: a scanning electron microscopic analysis[J]. *Photomed Laser Surg*, 2014, 32(10): 540-545.
- [23] Al-Omari WM, Palamara JE. Effect of Er, Cr: YSGG laser on human dentin fluid flow[J]. *Lasers Med Sci*, 2013, 28(6): 1445-1451.
- [24] 刘思婧, 李湏. 不同能量 Er, Cr: YSGG激光照射对牙体硬组织抗酸作用的体外研究[J]. *实用口腔医学杂志*, 2017, 33(4): 464-468.
- [25] Tengrungrun T, Sangkla W. Comparative study in desensitizing efficacy using the GaAlAs laser and dentin bonding agent[J]. *J Dent*, 2008, 36(6): 392-395.
- [26] Apel C, Meister J, Schmitt N, et al. Calcium solubility of dental enamel following sub-ablative Er: YAG and Er: YSGG laser irradiation *in vitro*[J]. *Lasers Surg Med*, 2002, 30(5): 337-341.
- [27] Umberto R, Claudia R, Gaspare P, et al. Treatment of dentine hypersensitivity by diode laser: a clinical study [J]. *Int J Dent*, 2012, 2012: 858950.
- [28] Suri I, Singh P, Qj S, et al. A comparative evaluation to assess the efficacy of 5% Sodium fluoride varnish and diode laser and their combined application in the treatment of dentin hypersensitivity [J]. *J Indian Soc Periodontol*, 2016, 20(3): 307-314.
- [29] Kawakami T, Ibaraki Y, Haraguchi K, et al. The effectiveness of GaAlAs semiconductor laser treatment to pain decrease after irradiation[J]. *Higashi Nihon Shigaku Zasshi*, 1989, 8(1): 57-62.
- [30] Gelskey SC, White JM, Pruthi VK. The effectiveness of the Nd: YAG laser in the treatment of dental hypersensitivity[J]. *J Can Dent Assoc*, 1993, 59(4): 383-386.
- [31] Senda A, Gomi A, Tani T, et al. A clinical study on "soft laser 632", a He-Ne low energy medical laser. 1: pain relief immediately after irradiation[J]. *Aichi Gakuin Daigaku Shigakkai Shi*, 1985, 23(4): 773-780.
- [32] 尚君兰, 苏萍, 王贺伟. 氦氛激光和氟化钠甘油治疗牙本质过敏症的疗效比较[J]. *临床医学*, 1999, 19(12): 33-34.

(编辑 张琳, 曾曙光)