

[DOI]10.12016/j.issn.2096-1456.2017.03.012

· 综述 ·

Er,Cr:YSGG激光对乳牙硬组织粘接性能影响的研究进展

梁韵^{1,2} 综述; 陈柯² 审校

1. 暨南大学医学院, 广东 广州(510623);

2. 广州市妇女儿童医疗中心口腔医学中心, 广东 广州(510632)

【摘要】 Er,Cr:YSGG激光以其能够安全、精确地切割牙体硬组织而成为近年来激光牙科学的研究热点。Er,Cr:YSGG激光照射后牙体硬组织的表面形态、成分及结构均发生改变,这些变化对后续修复材料粘接力的影响目前还存在争议。本文从Er,Cr:YSGG激光用于牙体硬组织切割的机制、乳牙组织的结构特点、Er,Cr:YSGG激光处理对乳牙牙体硬组织粘接力的影响、Er,Cr:YSGG激光在儿童口腔领域应用的安全性、优势及展望做一综述。

【关键词】 Er,Cr:YSGG激光; 乳牙牙釉质; 乳牙牙本质; 粘接性能

【中图分类号】 RR788*.2 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2017)03-196-04

【引用著录格式】 梁韵,陈柯. Er,Cr:YSGG激光对乳牙硬组织粘接性能影响的研究进展[J]. 口腔疾病防治, 2017, 25(3): 196-199.

Research progress on the bonding strength of primary teeth after Er, Cr: YSGG laser irradiation LIANG Yun^{1,2}, CHEN Ke². 1. School of Medicine, Jinan University, Guangzhou 510632, China; 2. Center of Dentistry, Guangzhou Women and Children Health Care Center, Guangzhou 510632, China

Corresponding author: CHEN Ke, Email: dentchenke@sohu.com, Tel: 0086-20-38076376

【Abstract】 With many advantages such as safety, effective cutting of enamel and dentin, Er, Cr: YSGG laser has gained more and more attention in recent years. After irradiation, the morphology, composition, and structure of tooth surface has changed, yet, the effect of these alterations to the bonding strength of the subsequent material is controversial. The paper has made a review from the following four aspects: Mechanism for tooth hard tissue cutting with Er, Cr: YSGG laser; The structure characteristics of primary teeth; The enamel bonding strength of primary teeth after Er, Cr: YSGG laser treatment; Safety, superiority and expectation for the application of Er, Cr: YSGG laser in primary teeth.

【Key words】 Er, Cr: YSGG laser; Enamel of primary teeth; Dentin of primary teeth; Bonding strength

自1998年美国食品药品监督管理局首次批准Er,Cr:YSGG激光(erbium, chromium: yttrium scandium gallium garnet laser)可应用于牙釉质、牙本质及窝

洞预备的切割性治疗^[1, 2], Er,Cr:YSGG激光以其能安全、精确地切割牙体硬组织而成为近年来激光牙科学的研究热点,因其无痛、微创、舒适等特点适用于各年龄段,尤其是有牙科恐惧症的患儿。Er,Cr:YSGG激光照射后牙体硬组织的表面形态、成分及结构均发生改变,国内外已有众多学者展开相关研究,然而,Er,Cr:YSGG激光处理乳牙表面的相关研究相对较少。本文拟就Er,Cr:YSGG激光处理后乳牙牙体组织与修复材料粘接性能的研究进展情况,作一简要综述。

【收稿日期】 2016-01-24; **【修回日期】** 2016-04-07

【基金项目】 广东省自然科学基金(S2013010014879);广州市科技计划项目(201510010160)

【作者简介】 梁韵,在读硕士研究生, Email: 472850355@qq.com

【通讯作者】 陈柯,教授、主任医师,硕士, Email: dentchenke@sohu.com

1 Er,Cr:YSGG激光用于牙体硬组织切割的机制

Er,Cr:YSGG激光是由钕铬铷钪镱石榴石晶体释放出的中红外激光,波长为 $2.78\ \mu\text{m}$ (接近水的吸收峰值 $3\ \mu\text{m}$),频率 $200\ \text{Hz}$,脉宽 $140\sim 200\ \mu\text{s}$,输出功率 $0\sim 6\ \text{W}$,经光导纤维传导^[3]。

原理是应用水动力学技术,通过照射将激光能量传递到同轴的空气—水混合物中,激发高速喷射的雾化水颗粒,使其成为具有超强动能的水分子,水分子携带能量作用于光照处组织,引起微爆裂,从而有效切割牙体硬组织^[4,5]。

激光的影响范围只限制于几微米厚的表面层上,表层组织及其中的水分迅速升温,水分子吸收能量后汽化、体积膨胀,该薄层受辐射区域内部压力增大,直至超过牙体组织承受强度,引起瞬间的沸腾和水的蒸发,导致微爆破,从而引起了牙体组织的消融、使其表面呈现凹凸不平的微隙坑样。随后水雾颗粒重新凝结成普通水滴,在保护正常组织的同时,带走热量和病损组织的碎屑^[1,4,5]。

2 乳牙组织的结构特点

乳牙硬组织厚度约为恒牙的 $1/2$,有机物含量多于恒牙,矿化程度比恒牙低,牙髓更接近于釉牙本质界,无釉柱层更厚,由于水的含量高,激光处理乳牙釉质时的能量要比恒牙低^[6,7]。维氏显微硬度(Vicker's microhardness, VHN)的测定证实乳牙的釉质硬度比恒牙差。乳牙牙本质硬度差,约为乳牙釉质之 $1/10$,故临床治疗时很易切削,应小心操作,以免不必要地去除过多的组织或造成意外穿髓^[8,9]。

由于乳、恒牙釉质及本质的组成、结构和形态学存在明显差异,导致其耐磨性、粘接性及牙髓反应性不同,因此,由研究恒牙所得结果不能轻率地应用于乳牙,只能作为参考^[8,10]。

3 Er,Cr:YSGG激光处理对乳牙牙体硬组织粘接力的影响

乳牙牙体组织表面经一定能量的Er,Cr:YSGG激光照射后光镜下表面粗糙度增加,形态不规则;显微镜下纵剖面呈鳞状粗糙表面,无玷污层,釉柱完整,牙本质小管口开放呈漏斗样,钙磷含量增加^[11,12]。这些变化对后续修复材料粘接力的影响目前还存在争议^[4,13-15]。

激光处理牙体组织后粘接力的评价指标主要包括牙体组织与粘接材料(微)剪切拉伸强度以及与界面的密合性。

3.1 剪切拉伸粘接强度及微剪切拉伸强度

各种修复材料与牙体间的剪切拉伸强度是判断粘接力的主要指标,影响修复粘接的远期临床效果。Sungurtekin-Ekci^[16]等评估参数为 $2.5\ \text{W}$ 和 $3.5\ \text{W}$ 的Er,Cr:YSGG激光单独或联合传统酸蚀对乳牙釉质与树脂型窝沟封闭剂间粘接强度的影响。发现 $3.5\ \text{W}$ 激光联合酸蚀($13.04\pm 3.62\ \text{MPa}$)可产生与传统酸蚀($12.18\pm 3.95\ \text{MPa}$)相似的粘接力。Masoumeh^[17]等对牙釉质进行 $2\ \text{W}$ 的Er,Cr:YSGG激光照射、喷砂处理后酸蚀,比较其与窝沟封闭剂的粘接强度。结果显示Er,Cr:YSGG激光照射和单独质量分数 37% 磷酸酸蚀牙面的粘接强度无显著差异。Cafer等^[18]发现 $4\ \text{W}$ 的激光联合传统酸蚀($48.00\pm 13.86\ \text{MPa}$)的粘接强度显著高于 37% 磷酸酸蚀($38.95\pm 20.07\ \text{MPa}$)。Garbui^[19]等研究不同参数($0\ \text{W}$; $0.5\ \text{W}$; $1.0\ \text{W}$; $1.5\ \text{W}$)的Er,Cr:YSGG预备恒牙本质后与玻璃离子的粘接力,发现参数为 $0.5\ \text{W}$, $20\ \text{Hz}$, $25\ \text{mJ}$,粘接力最高为 $10.50\pm 0.84\ \text{MPa}$ 。分析原因为激光酸蚀的表面干净缺乏玷污层,牙表面的类球状结构是再结晶的羟基磷灰石晶体。激光通过微消融过程引发水和牙体组织有机成分蒸发而移除组织,促进微爆破,引起无机质的破坏导致表面不规则形态使粘接系统渗入,加强固位^[20]。Er,Cr:YSGG激光发射中红外区的能量,被含水和羟基磷灰石的牙体硬组织高度吸收,所以其预备的牙釉质表面能产生与传统酸蚀类似但又不完全相同的独特酸蚀模式^[3]。激光照射可以限制范围,加速粘接的速度,且所形成凹凸不平的釉质表面和开放牙本质小管都有利于粘接。虽然Er,Cr:YSGG激光的脉冲间隔会遗留未受激光照射的区域,但是磷酸酸蚀增强了粗糙度,产生更均一的酸蚀模式^[17]。中间层牙釉质与表层牙釉质相比,釉柱晶体更丰富,矿化度更低、无机物和氟更少。当表层釉质被磨除后,釉质晶体结构更均匀,因此酸蚀效果增强^[18]。乳牙釉质耐酸的无柱釉柱表层使其抵抗酸蚀程度的能力更强。因此,更大的输出功率更有利于酸蚀乳牙釉质^[16]。

然而, Malekafzali^[21]等比较参数为 $1.5\ \text{W}$, $20\ \text{Hz}$ 的Er,Cr:YSGG激光、 37% 的磷酸分别处理乳牙釉质后与树脂充填体的微拉伸粘接强度,拉伸强度测试结果显示激光组($18.55\pm 6.41\ \text{MPa}$)显著低于

酸蚀组(24.62 ± 5.56 MPa),认为使用Er, Cr: YSGG酸蚀乳牙釉质并不能取代传统的酸蚀方法。牙釉质与树脂之间的粘接力取决于酸蚀后粗糙表面的机械固位。乳牙和恒牙结构之间的差异,如乳牙中更厚的无柱釉柱层会影响树脂的固位力^[21]。Dundar等^[22]发现传统酸蚀所得粘接强度最高(15.4 ± 3.8 MPa),激光(2.5 W, 20 Hz)照射联合传统酸蚀所得强度值最低(11.5 ± 4.6 MPa),认为传统酸蚀和激光的应用顺序很重要,成功的粘接依赖树脂突和牙釉质机械嵌锁的力量及其界面之间的应力。目前乳牙牙本质研究剪切拉伸强度研究较少,以下为目前恒牙的研究成果:Ferreira^[23]等对比传统机钻、Er, Cr: YSGG激光(4W, 20 Hz, 200 mJ)、Er: YAG激光(1W, 4Hz, 250mJ)预备牙本质后与复合树脂间的拉伸强度,发现传统机钻组(22.3 ± 4.5 MPa)显著高于激光组。

3.2 界面密合性

一些研究得出Er, Cr: YSGG激光备洞后可获得与传统方法相似甚至更好的粘接界面密合性。Oznurhan等^[24]研究Er, Cr: YSGG激光备洞(乳牙釉质:6.0W, 20 Hz;乳牙本质:3.5 W, 20 Hz)对粘接界面纳米微渗漏的影响,将牙齿样本经热循环处理后存于硝酸铵银溶液中,结果显示激光备洞组银渗漏面积低于传统方法。Rossic等^[25]评估Er, Cr: YSGG激光(釉质:3 W, 20 Hz;本质:1.5 W, 20 Hz)和传统方法预备乳牙窝洞后,充填传统玻璃离子和树脂改性玻璃离子的微渗漏情况,认为Er, Cr: YSGG激光可为乳牙窝洞的预备提供一个等效的方法。激光处理后牙面呈现的类酸蚀样可加强树脂的粘接性和渗透性;粗糙度增加,形态不规则,开放的牙本质小管能促进混合区的形成,底漆和粘接剂可渗透混合区达到牙表面,酸性底漆的应用加强了湿粘接能力从而增强了微机械嵌合力,进而提高了充填物和牙体之间的结合和粘接程度。但是,Elif等^[26]评估Er, Cr: YSGG激光单独(2.5和3.5 W, 20 Hz)及联合磷酸酸蚀处理对乳牙牙体与窝沟封闭剂界面的边缘完整性,发现磷酸酸蚀组微渗漏显著低于Er, Cr: YSGG激光单处理组,认为Er, Cr: YSGG激光处理后牙釉质呈现不同于传统酸蚀的类酸蚀样降低了边缘封闭的质量,导致单独激光处理的微渗漏较高,激光酸蚀应与传统酸蚀相辅相成。

Baygin等^[10]评估不同粘接系统对Er, Cr: YSGG激光预备乳牙V类洞(釉质:3W, 20Hz;牙本

质:2W, 20 Hz)与复合树脂间微渗漏的影响,发现没有任何一种牙本质粘接剂可以完全消除微渗漏,此外,龈边缘的微渗漏显著高于殆边缘。自酸蚀粘接剂中的10-甲基丙烯酰氧癸基磷酸酯单体能与羟基磷灰石中钙离子结合的能力,在Er, Cr: YSGG激光预备的窝洞与自酸蚀系统粘接剂的粘接中起到重要作用。Cehreli^[27]等用Er, Cr: YSGG激光(3.5 W, 20 Hz)预处理乳牙殆面后应用全酸蚀、自酸蚀粘接系统进行粘接,发现预处理不影响粘接剂抵抗微渗漏的能力。然而Shafiei等^[28]评估Er, Cr: YSGG激光(釉质:3.0 W, 20 Hz;本质:2.0 W, 20 Hz)和传统机钻预备乳牙V类洞后与环氧基复合树脂间封闭性的情况,发现激光预备窝洞后联合酸蚀能显著提高牙釉质和牙本质的边缘封闭性。

4 Er, Cr: YSGG激光在儿童口腔领域应用的安全性、优势

研究表明Er, Cr: YSGG激光具有切割效率高、不引起牙髓炎症、对邻近组织热损伤小的优点^[4, 20, 29]。组织学研究发现Er, Cr: YSGG激光备洞时,髓腔温度升高范围在2℃以内^[14, 26, 30]。

近年来,使用中红外线的激光(Er, Cr: YSGG和Er: YAG)愈趋普遍,因其在操作过程中振动噪音少,不需要用橡皮障隔离牙齿,大部分病例不需要局部麻醉而病人没有疼痛感^[2, 10, 24, 26]。

5 展望

激光牙医学作为一门新兴起的学科,其基础理论体系还不完备,虽然已有众多学者对其展开了研究,但因为所采用的激光设备、激光参数、实验条件很难统一,因此研究结果还存在一定的分歧;而且激光价格昂贵,操作要由专业人员进行,需要定期保养,所以临床应用也存在一定的探索性。随着激光技术在口腔医学领域的进一步拓展和深入,Er, Cr: YSGG激光凭借本身所特有的优势在儿童口腔领域会取得更大的进展。

参考文献

- [1] Vergauwen TE, Michiels R, Torbeyns D, et al. Investigation of Coronal Leakage of Root Fillings after Smear Layer Removal with EDTA or Er, Cr: YSGG Laser through Capillary Flow Porometry [J]. Int J Dent, 2014, 2014: 593160.
- [2] Malekafzali B, Fekrazad R, Mirfasihi A, et al. Comparison of microtensile bond strength of a resin composite to enamel condi-

- tioned by acid etching and Er, Cr: YSGG laser in human primary teeth[J]. *Eur Arch Paediatr Dent*, 2015, 16(1): 57-62.
- [3] Kato C, Taira Y, Suzuki M, et al. Conditioning effects of cavities prepared with an Er, Cr: YSGG laser and an air-turbine[J]. *Odontology*, 2012, 100(2): 164-171.
- [4] Al-Omari WM, Palamara JE. The effect of Nd: YAG and Er, Cr: YSGG lasers on the microhardness of human dentin[J]. *Lasers Med Sci*, 2013, 28(1): 151-156.
- [5] Lee SY, Jung HI, Jung BY, et al. Desensitizing efficacy of nano-carbonate apatite dentifrice and Er, Cr: YSGG laser: a randomized clinical trial[J]. *Photomed Laser Surg*, 2015, 33(1): 9-14.
- [6] Olivi G, Genovese M. Laser restorative dentistry in children and adolescents[J]. *Eur Arch Paediatr Dent*, 2011, 12(2): 68-78.
- [7] Al-Batayneh OB, Seow WK, Walsh LJ. Assessment of Er: YAG laser for cavity preparation in primary and permanent teeth: a scanning electron microscopy and thermographic study[J]. *Pediatr Dent*, 2014, 36(3): 90-94.
- [8] Guler C, Malkoc MA, Gorgen VA, et al. Effects of Er: YAG laser on mineral content of sound dentin in primary teeth[J]. *Scientific-World Journal*, 2014, 2014: 578342.
- [9] Kamburoglu K, Yetimoglu NO, Altan H. Characterization of primary and permanent teeth using terahertz spectroscopy[J]. *Dento Maxillofac Radiol*, 2014, 43(6): 20130404.
- [10] Baygin O, Korkmaz FM, Arslan I. Effects of different types of adhesive systems on the microleakage of compomer restorations in Class V cavities prepared by Er, Cr: YSGG laser in primary teeth [J]. *DENT MATER J*, 2012, 31(2): 206-214.
- [11] Oznurhan F, Olmez A. Morphological analysis of the resin-dentin interface in cavities prepared with Er, Cr: YSGG laser or bur in primary teeth[J]. *Photomed Laser Surg*, 2013, 31(8): 386-391.
- [12] Malkoc MA, Tasdemir ST, Ozturk AN, et al. Effects of laser and acid etching and air abrasion on mineral content of dentin[J]. *Lasers Med Sci*, 2011, 26(1): 21-27.
- [13] Oskoe PA, Kimyai S, Ebrahimi Chaharom ME, et al. Cervical margin integrity of Class II resin composite restorations in laser- and bur-prepared cavities using three different adhesive systems [J]. *Oper Dent*, 2012, 37(3): 316-323.
- [14] 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.
- [15] Ana PA, Velloso WF, Jr., Zezell DM. Three-dimensional finite element thermal analysis of dental tissues irradiated with Er, Cr: YSGG laser[J]. *Rev Sci Instrum*, 2008, 79(9): 093910.
- [16] Sungurtekin-Ekci E, Oztas N. Microtensile bond strength of a resin-based fissure sealant to Er, Cr: YSGG laser-etched primary enamel[J]. *Odontology*, 2015.
- [17] Masoumeh M, Leila E, Fekrazad R, et al. The effect of Er, Cr: YSGG laser and air abrasion on shear bond strength of a fissure sealant to enamel[J]. *J Am Dent Assoc*, 2010, 141(2): 157-161.
- [18] Cafer T, Hesna S-Öl, Mahir G, et al. Shear bond strength of composite bonded with three adhesives to Er, Cr: YSGG laser-prepared enamel[J]. *QUINTESSENCE INT*, 2010, 41(6): 119-124.
- [19] Garbui BU, de Azevedo CS, Zezell DM, et al. Er, Cr: YSGG laser dentine conditioning improves adhesion of a glass ionomer cement [J]. *Photomed Laser Surg*, 2013, 31(9): 453-460.
- [20] George R, Walsh LJ. Thermal Effects from Modified Endodontic Laser Tips Used in the Apical Third of Root Canals with Erbium-Doped Yttrium Aluminium Garnet and Erbium, Chromium-Doped Yttrium Scandium Gallium Garnet Lasers[J]. *Photomed Laser Surg*, 2010, 28(2): 161-165.
- [21] Bahrololoomi Z, Heydari E. Assessment of Tooth Preparation via Er: YAG Laser and Bur on Microleakage of Dentin Adhesives[J]. *J DENT*, 2014, 11(2): 172-178.
- [22] Dundar B, Guzel KG. An analysis of the shear strength of the bond between enamel and porcelain laminate veneers with different etching systems: acid and Er, Cr: YSGG laser separately and combined[J]. *Lasers Med Sci*, 2011, 26(6): 777-782.
- [23] Ferreira LS, Apel C, Francci C, et al. Influence of etching time on bond strength in dentin irradiated with erbium lasers[J]. *Lasers Med Sci*, 2010, 25(6): 849-854.
- [24] Oznurhan F, Olmez A. Nanoleakage in primary teeth prepared by laser irradiation or bur[J]. *Lasers Med Sci*, 2013, 28(4): 1099-1105.
- [25] Rossi RR, Aranha AC, Eduardo Cde P, et al. Microleakage of Glass Ionomer Restoration in Cavities Prepared by Er, Cr: YSGG Laser Irradiation in Primary Teeth[J]. *J Dent Child (Chic)*, 2007, 75(2): 151-157.
- [26] Elif S, Nurhan Ö. The effect of erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet laser etching on marginal integrity of a resin-based fissure sealant in primary teeth[J]. *Laser Med Sci*, 2010, 25(6): 841-847.
- [27] Cehreli SB, Gungor HC, Karabulut E. Er, Cr: YSGG laser pretreatment of primary teeth for bonded fissure sealant application: a quantitative microleakage study[J]. *J Adhes Dent*, 2006, 8(6): 381-386.
- [28] Shafiei F, Memarpour M, Fekrazad R. Sealing of silorane-based composite in laser-prepared primary teeth: effect of acid etching[J]. *Pediatr Dent*, 2014, 36(5): 378-383.
- [29] Ryu JJ, Yoo S, Kim KY, et al. Laser modulation of heat and capsaicin receptor TRPV1 leads to thermal antinociception[J]. *J Dent Res*, 2010, 89(12): 1455-1460.
- [30] 郭晓钰, 陈慧芬, 司海燕, 等. 激光和脱敏剂治疗牙本质敏感症的临床疗效对比[J]. *广东牙病防治*, 2014, 22(10): 515-519.

(编辑 全春天)