

不同参数钕: 钇激光表面处理后纤维桩的黏结强度

李晓杰¹, 胡书海¹, 董明², 许诺², 任翔¹, 左恩俊¹(¹大连医科大学口腔医学院, 辽宁省大连市 116044; ²大连医科大学中山分校, 辽宁省大连市 116028)

文章亮点:

- 1 纤维桩和树脂核修复根管治疗后大面积牙体硬组织成功的关键在于提高纤维桩与根管牙本质间的黏结强度。
- 2 不同参数的钕: 钇铝石榴石激光表面处理对纤维桩黏结强度的作用不同。
- 3 以较大功率的钕: 钇铝石榴石激光进行纤维桩的表面处理, 可以提高其黏结强度。

关键词:

生物材料; 口腔生物材料; 钕: 钇铝石榴石激光; 表面处理; 纤维桩; 推出实验; 弹性模量; 上颌中切牙; 釉牙骨质界; 黏结强度

主题词:

激光; 表面特性; 牙本质粘结剂; 牙粘合

基金资助:

辽宁省科技厅科学事业公益研究基金(2013001007)

摘要

背景:近年来, 纤维桩和树脂核已经被广泛应用于修复已行根管治疗后的大面积牙体硬组织缺损, 并取得了令人满意的效果。钕: 钇铝石榴石激光(erbium: yttrium aluminum garnet laser, Er:YAG 激光)是新型水动力激光系统, 可以用于纤维桩的表面处理。但是关于 Er:YAG 激光表面处理对纤维桩黏结强度影响的实验研究国内外鲜有报道。

目的:探讨不同参数 Er:YAG 激光进行表面处理对玻璃纤维桩与不同部位根管牙本质黏结强度的影响。

方法:选择 50 颗新鲜拔除根长相近的单根管上颌中切牙, 常规根管治疗后去除牙冠, 完成根桩牙体预备后, 黏固 ParaPost FIBER LUX 玻璃纤维桩至根管内。根据黏固前桩表面处理方法, 将 50 颗离体牙随机等分为 5 组: 对照组、1.5, 2.5, 3.5 和 4.5 W Er:YAG 激光照射组。对照组未进行表面处理, 1.5, 2.5, 3.5 和 4.5 W Er:YAG 激光照射组纤维桩分别以 150, 250, 350 和 450 mJ, 频率为 10 Hz, 脉冲持续频率为 100 μ s 的 Er:YAG 激光进行表面处理 60 s。

结果与结论:纤维桩与牙本质间黏结强度均值牙颈部最大, 根中部次之, 根尖部最小。牙颈部黏结强度与根中部和根尖部之间差异有显著性意义($P < 0.05$); 根中部与根尖部之间差异无显著性意义($P > 0.05$)。相同根管部位的黏结强度值均表现为 4.5 W Er:YAG 激光照射组最高, 且与其他组比差异有显著性意义($P < 0.05$)。说明用 4.5 W Er:YAG 桩表面处理可提高纤维桩与根管牙本质的黏结强度, 且根颈部黏结强度大于根中及根尖部。

李晓杰, 胡书海, 董明, 许诺, 任翔, 左恩俊. 不同参数钕: 钇激光表面处理后纤维桩的黏结强度[J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(47):7627-7632.

Effect of surface treatment using Er:YAG laser with different parameters on the bond strength of fiber posts

Li Xiao-jie¹, Hu Shu-hai¹, Dong Ming², Xu Nuo², Ren Xiang¹, Zuo En-jun¹ (¹College of Stomatology, Dalian Medical University, Dalian 116044, Liaoning Province, China; ²Zhongshan College of Dalian Medical University, Dalian 116028, Liaoning Province, China)

Abstract

BACKGROUND: Recent years, fiber posts and resin cores have been widely used in repairing the endodontically treated teeth with satisfactory effect. Erbium:yttrium aluminum garnet (Er:YAG) laser is a new type of water power laser system, which can be used for surface treatment of fiber posts. But studies on the effect of Er:YAG laser surface treatment on the bond strength of fiber posts are rarely reported.

OBJECTIVE: To evaluate the effect of surface treatment utilizing Er:YAG laser irradiation with different parameters on the bond strength of fiber posts to root canal dentin.

METHODS: Fifty human maxillary central incisors that had similar dimensions were used. After endodontic treatment, removal of the crown and canal preparation, ParaPost FIBER LUX glass fiber posts were cemented into the root canals. According to the method of surface treatment, 50 teeth were randomly divided into: no surface treatment as control group; four groups undergoing surface preparation with Er:YAG laser with four different power settings (150, 250, 350 and 450 mJ at 10 Hz for 60 s at 100- μ s pulse duration), named 1.5, 2.5, 3.5, and 4.5 W Er:YAG laser irradiation groups, respectively.

RESULTS AND CONCLUSION: The mean bond strength values reduced from the cervical to the apical root canal,

李晓杰, 女, 1978 年生, 辽宁省大连市人, 满族, 2005 年大连医科大学毕业, 硕士, 讲师, 主治医师, 主要从事口腔修复学基础和临床方面研究。

通讯作者: 左恩俊, 硕士, 主治医师, 大连医科大学口腔医学院, 辽宁省大连市 116044

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.

2014.47.015

[http://www.crter.org]

中图分类号:R318

文献标识码:A

文章编号:2095-4344

(2014)47-07627-06

稿件接受: 2014-10-28

Li Xiao-jie, Master, Lecturer, Attending physician, College of Stomatology, Dalian Medical University, Dalian 116044, Liaoning Province, China

Corresponding author: Zuo En-jun, Master, Attending physician, College of Stomatology, Dalian Medical University, Dalian 116044, Liaoning Province, China

Accepted: 2014-10-28

and the bond strength of the dental cervix was significantly different from that of middle and apical thirds ($P < 0.05$), but there was no difference between the middle and apical thirds ($P > 0.05$). Regardless of the different part of the root slices, the bond strength was highest in the 4.5 W Er:YAG laser irradiation group, showing significant difference from other groups ($P < 0.05$). These findings indicate that 4.5 W Er:YAG laser irradiation significantly increases the bond strength of the fiber posts to root canal dentin.

Subject headings: lasers; surface properties; dentin-bonding agents; dental bonding

Funding: a grant from the Public-Service Foundation of Liaoning Department of Science and Technology for Scientific Development, No. 2013001007

Li XJ, Hu SH, Dong M, Xu N, Ren X, Zuo EJ. Effect of surface treatment using Er:YAG laser with different parameters on the bond strength of fiber posts. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2014;18(47):7627-7632.

0 引言 Introduction

桩的主要作用是修复由于龋坏、外伤等原因造成牙冠大面积缺损、根管治疗后抗折性能大幅下降的牙齿^[1-3]。自1990年碳纤维桩被首次介绍后^[4], 纤维桩和树脂核已经被广泛应用, 这种修复方式不仅美观与功能兼具^[5-8], 并取得了令人满意的效果^[9-11]。纤维桩的生物力学性能与牙本质接近^[12-14], 会提供更加合理的应力分布, 降低无法修复根折的发生^[15-18]。

纤维桩是由碳、石英、氧化锆、玻璃或二氧化硅纤维包裹在树脂基质中构成, 这种树脂基质的成分通常是环氧树脂^[19-21]。纤维桩通常含有35%~65%的纤维成分, 纤维成分是纤维桩坚固和抗折的物质基础。而包裹在纤维束表面的环氧树脂是一种不含硅酸盐的高度交联的聚合物, 活性很小, 给纤维桩与树脂黏结剂和牙体组织的黏结造成困难^[22]。大量临床观察发现纤维桩修复失败的主要原因是根管内黏结失败^[23]。因此通过对纤维桩表面进行有效处理更好的暴露纤维成分是提高纤维桩与牙本质黏结强度的重要手段。

近年来, 纤维桩的表面处理已被认为是一种有效地增强其化学性黏结力和机械锁结力的方法^[24]。关于纤维桩表面处理方法众多, 如化学蚀刻法(过氧化氢、氢氟酸、磷酸、高锰酸钾、二氯甲烷、氯仿、乙醇钠等)、喷砂处理以及外形修整, 摩擦化学涂层硅烷化系统等, 均可不同程度改善纤维桩与树脂黏结剂间的黏结效果^[25], 但是这些方法操作繁琐, 不利于椅旁操作。激光在口腔医学方面应用愈发广泛, 已有学者研究发现将其应用于口腔材料的表面处理, 可以增加口腔材料对金属的黏结强度; 但是, 纤维桩表面经激光处理后对其黏结强度影响的研究, 目前鲜有报道^[26]。

实验拟探索不同功率的钕: 钇铝石榴石激光(erbium: yttrium aluminum garnet laser, Er:YAG激光)进行纤维桩表面处理, 对纤维桩与根管牙本质间的黏结强度的影响, 以期提高纤维桩修复成功率, 改善远期修复效果, 为临床操作提供理论指导。

1 材料和方法 Materials and methods

设计: 随机对照实验。

时间及地点: 实验于2014年1至6月完成, 其中纤维桩表面处理及试件制作在台湾美容植牙医学会激光中心完

成, 推出实验在大连理工大学材料学院实验室完成。

材料:

试样牙: 选择于大连医科大学附属第一、第二、口腔医院口腔外科门诊因牙周病拔除的正常人离体单根管上颌中切牙50颗, 要求牙根发育完全, 无龋坏、充填体或修复体, 10倍放大镜下观察牙根无隐裂或裂纹。实验经大连医科大学伦理委员会同意, 实验获得患者及家属的知情同意。

不同参数Er:YAG激光表面处理后纤维桩黏结强度影响的实验材料和仪器:

材料和仪器	来源
ParaPost FIBER LUX玻璃纤维桩, ParaCore和ParaBond黏结系统	瑞士康特公司
Er-YAG激光机	意大利 Vicenza公司
光固化机	美国3M公司
SYJ-150低速金刚石切割机	沈阳科晶设备制造有限公司
万能测试仪	日本岛津公司
体视显微镜	南京江南永新光学有限公司
镍钛器械TFAH Plus	墨西哥SybronEndo公司
根管糊剂, X-SMART减速马达	瑞士Dentsply公司
热熔牙胶	瑞士Dentsply/Maillefer公司
超声洁牙机	瑞士EMS公司
根管热压充填机, AH Plus根管封闭剂	墨西哥SybronEndo公司

实验方法:

试样牙的保存和实验分组: 牙齿拔除后立即去净牙根表面残留的牙周膜及牙龈软组织, 生理盐水反复冲洗, 然后保存在生理盐水中, 置于4℃的环境下。将50颗离体牙根据黏固前对纤维桩表面的处理方法随机分为5组(每组10颗离体牙, 每颗离体牙制成6张1.0 mm厚薄片, 共60薄片): ①对照组: 纤维桩于蒸馏水中超声清洗10 min, 吹干。②1.5 W Er:YAG激光照射组: 150 mJ, 频率为10 Hz, 脉冲为100 μs的Er:YAG激光进行表面处理60 s。③2.5 W Er:YAG激光照射组: 以250 mJ, 频率为10 Hz, 脉冲为100 μs的Er:YAG激光进行表面处理60 s。④3.5 W Er:YAG激光照射组: 以350 mJ, 频率为10 Hz, 脉冲为100 μs的Er:YAG激光进行表面处理60 s。⑤4.5 W Er:YAG激光照射组: 以450 mJ, 频率为10 Hz, 脉冲为100 μs的Er:YAG激

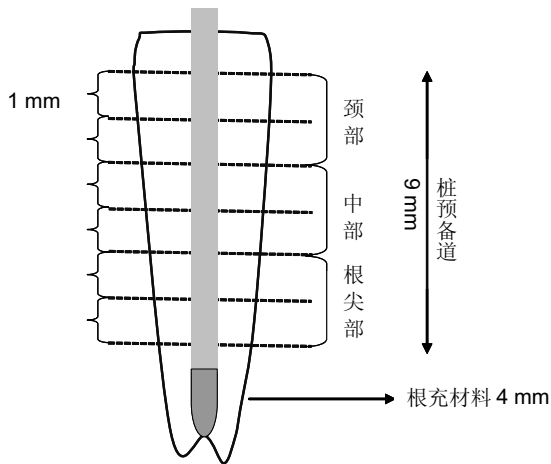


图 1 推出实验试件制作模式图

Figure 1 Schematic illustration of the preparation of test slices

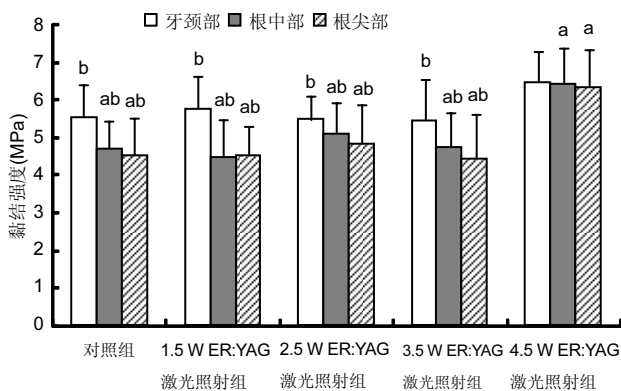


图 3 各组试样牙不同部位试件黏结强度

Figure 3 The bond strength of different parts of root slices in different groups

图注: 与牙颈部相比, ^a $P < 0.05$; 与 4.5 W ER:YAG 激光照射组相比, ^b $P < 0.05$ 。

光进行表面处理60 s。各实验组激光照射过程纤维桩距离激光照射工作头距离为1 mm, 100%水进行冷却。

试件制备: 用低速金刚砂片在釉牙骨质界处截断牙冠, 拔髓后用机用镍钛锉TF扩至F2号, 热熔牙胶联合AH Plus根管封闭剂进行完善根管充填, 置于1%氯亚明溶液中室温下保存。1周后使用生产商提供的纤维桩根管预备钻对根充后的牙根进行桩道预备(深度14 mm, 保持根尖4.0 mm以上的牙胶封闭), 用5.25%NaOCl和17%EDTA交替冲洗, 最后用蒸馏水彻底冲洗, 纸捻吸干根管内的水分。各组按照ParaCore和ParaBond黏结系统的操作要求, 按步骤完成桩的黏接。借助平行研磨仪用自凝树脂将完成纤维桩修复的牙根包埋于圆柱状PVC型圈内, 使牙根长轴与型圈长轴一致。试件于蒸馏水中室温保存24 h后, 用慢速金刚石切割机垂直于型圈长轴将修复后的每个牙根切成6个1.0 mm厚的片段作为测试样本用于推出测试, 从牙颈部开始每相邻连续的2个薄片分别为颈、中、根尖组(图1)。

推出测试: 将所有测试样本置于万能测试仪上, 用不锈钢制加载棒(末端直径1.0 mm)以1.0 mm/min的速度对其加载(图2), 直至纤维桩从根片中完全脱出, 同时记录下

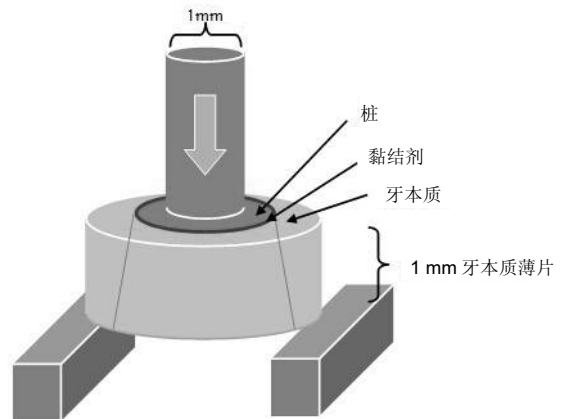


图 2 推出测试示意图

Figure 2 Schematic illustration of push-out test

应力-应变曲线。用最大载荷值与黏结面积的比值作为测试样本的黏结强度, 以MPa表示。

体视显微镜观察: 20倍体视显微镜下观察所有样本的破坏模式并按以下标准进行分类: I型: 桩表面无黏结剂覆盖; II型: 桩表面被黏结剂部分覆盖; III型: 桩表面被黏结剂完全覆盖; IV型: 牙本质内聚破坏。

主要观察指标: 试样牙黏结强度和断裂模式。

统计学分析: 用SPSS 18.0对实验数据进行单因素方差分析及多重比较。测量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示。 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果 Results

2.1 力学测试结果 各组试样牙黏结强度测试的结果见表1。根据双因素方差分析结果: 纤维桩与根管牙本质间黏结强度均值牙颈部最大, 根中部次之, 根尖部最小。牙颈部黏结强度与根中部和根尖部之间差异有显著性意义($P < 0.05$); 根中部与根尖部之间差异无显著性意义($P > 0.05$), 见图3。对于相同根管部位的黏结强度值均表现为4.5 W的Er:YAG激光照射组(4.5 W ER:YAG 激光照射组)最高, 与其他功率Er:YAG激光照射组及对照组间差异有显著性意义($P < 0.05$)。

2.2 试样牙断裂模式 推出测试后样本的破坏模式见表2。各实验组主要表现为II型破坏, 即脱出的桩表面有部分黏结剂覆盖。实验各组均无牙本质内聚破坏。

3 讨论 Discussion

推出实验测试被认为是一种比传统剪切力测试和拉伸实验更好的用来测试纤维桩黏结强度的方法^[27-28]。推出测试是一种更为可靠的实验手段, 因为微拉伸实验会存在样本准备过程中失败率高, 测试数据离散程度大等问题^[28]。推出实验测得的数值并不等同于黏结强度值, 它包含了摩擦力、机械锁结力及化学黏结力等各项力值的总和^[29]。而纤维桩在根管内的固位也正是这3种力的总和, 因此推出实验更接近临床实际情况。因此, 本实验选择推出实验测试

表 1 各组试样牙推出实验的黏结强度

Table 1 The bond strength tested by the push-out test
($\bar{x} \pm s$, $n=60$, MPa)

组别	牙颈部	根中部	根尖部
对照组	5.51±0.86 ^b	4.70±0.73 ^{ab}	4.50±0.97 ^{ab}
1.5 W Er:YAG 激光照射组	5.73±0.84 ^b	4.47±0.96 ^{ab}	4.51±0.73 ^{ab}
2.5 W Er:YAG 激光照射组	5.48±0.62 ^b	5.10±0.83 ^{ab}	4.81±1.00 ^{ab}
3.5 W Er:YAG 激光照射组	5.45±1.08 ^b	4.74±0.89 ^{ab}	4.41±1.19 ^{ab}
4.5 W Er:YAG 激光照射组	6.45±0.78	6.39±0.96 ^a	6.30±0.98 ^a

表注: 与牙颈部相比, ^a $P < 0.05$; 与 4.5 W Er:YAG 激光照射组相比, ^b $P < 0.05$ 。

作为测量纤维桩黏结强度的方法。

以往的临床和实验室研究表明, 纤维桩和树脂黏结剂黏结失败往往是由于纤维桩和树脂黏结剂间或树脂黏结剂和根管牙本质间的黏结强度不足^[30-31]。基质聚合物中包含交联率高, 不能被重新激活的成分, 这些特点影响纤维桩和树脂黏结剂之间的结合^[32]。未经处理的纤维桩表面是光滑的, 纤维桩与树脂黏结剂间缺乏机械锁结作用, 很多物理和化学表面处理方法被证实能够有效地提高纤维桩的黏结效果^[11]。

有实验结果证明氧化氢酸蚀对去除玻璃纤维桩表面环氧树脂基质, 提高桩和复合树脂之间的固位是有效的^[33-34]。另有研究显示在玻璃和石英纤维桩与核树脂材料剪切强度方面, 过氧化氢也是很有效的表面处理剂^[35]。电镜观察显示过氧化氢处理去除了更多环氧树脂基质并且暴露的纤维没有造成破坏。Sahafi等^[36]利用拉伸实验评价表面处理对不同种类桩(钛合金、玻璃纤维桩及二氧化锆桩)黏结强度的影响, 结果提示50 μm 氧化铝颗粒喷砂的方法能够显著提高钛合金及二氧化锆桩的黏结强度, 但不能提高纤维桩的黏结强度。Hakan等^[37]却得到了相反的研究结果, 认为50 μm 氧化铝颗粒喷砂纤维桩表面能够增强其黏结强度, 但是与对照组之间没有统计学意义。作者以往的研究中以推出实验测量不同的表面处理对纤维桩黏结效果的影响, 结果显示若不考虑根管部位, 24%氧化氢组和50 μm 氧化铝颗粒喷砂组均能显著提高纤维桩的黏结效果, 而1.5 W Er:YAG激光照射组没有能够提高纤维桩黏结效果^[38]。目前, 研究者一致认为氧化铝喷砂表面处理不会引起纤维桩表面变形^[36-37, 39]。但是, 氧化铝喷砂处理对纤维桩黏结强度的影响却有不一致的结果, 分析其可能的原因: 第一, 由于不同的研究中分别采用了拉伸实验和推出实验考查纤维桩黏结强度, 所得到的结果可能会有差别; 第二, 就是实验操作过程中的误差也可能得到不同的实验结果。虽然氧化铝喷砂等多种表面处理方法都能够不同程度地提高纤维桩的黏结强度, 但是这些方法不利用于实现椅旁操作, 操作步骤繁琐, 不利于临床应。因此, 本实验在以往研究的基础上, 主要考察不同参数的新型水激光Er:YAG表面处理对纤维桩黏结强度的影响。

从20世纪60年代激光被应用到牙科领域以来, 激光(Nd:YAG激光, CO₂激光, Er:YAG激光、Er,Gr:YSGG激光)在口腔临床中的应用越来越受青睐。许多技术上的进步也促使激光成为牙科材料酸蚀的替代步骤用于提高固位力。

表 2 各组试样牙失败类型观察结果

Table 2 The failure modes by the microscopic evaluation ($n=60$)

组别	破坏类型			
	I 类	II 类	III类	IV类
对照组	0	52	4	4
1.5 W Er:YAG 激光照射组	0	48	8	4
2.5 W Er:YAG 激光照射组	0	54	6	0
3.5 W Er:YAG 激光照射组	8	48	4	0
4.5 W Er:YAG 激光照射组	0	50	8	2

1994年, 德国Heroldsberg的Aesculap Meditec公司最先报道用于牙科的商用钕激光器。Er:YAG激光的波长2.94 mm, 正接近水对光的吸收谱中最强的吸收峰(3 mm), 这是其他一些激光所无法比拟的。近年来, 有文献报道Er:YAG激光被应用于龋洞备洞, 根管预备以去除牙本质玷污层, 根管消毒等。也有学者将其应用于纤维桩表面处理, 检测其对纤维桩黏结强度的影响, 得到了不同的结果^[30, 40-41]。本实验结果显示, Er:YAG激光处理纤维桩表面对其黏结强度的影响与激光的功率大小有关4.5 W Er:YAG激光表面处理可以显著增强纤维桩与根管牙本质间的黏结强度。

钕激光的能量被水吸收, 并使牙齿硬组织成分发生水合作用, 利用微爆炸产生消融作用^[42-44]。钕激光这种热机械效应对牙体硬组织的消融主要依据其成分选择水的浓度^[45]。目前, 应用钕激光进行牙科材料的表面处理报道较少, 多数利用激光进行根管牙本质的处理。利用钕激光进行牙科材料进行表面处理被认为是操作简单和相对安全的方式^[46-48]。Akin等^[49]以Er:YAG激光照射氧化锆表面, 结果提示激光照射增加了其表面粗糙度, 黏结面变得粗糙, 实验组黏结强度与未经处理的试样有显著提高。在水冷却的情况下, 他们没有发现氧化锆表面有明显的裂隙, 并能增强其剪切力强度。因此他们得出结论Er:YAG激光进行氧化锆表面处理能够有效地降低黏合剂-陶瓷界面间微渗漏。Tuncdemir等^[50]以推出实验评价了不同表面处理对石英纤维桩与树脂黏结剂间的黏结强度, 结果发现喷砂处理, 1.5 W Er:YAG激光照射组与对照组的黏结强度没有显著提高($P > 0.05$)。Kakan等^[37]以推出实验考查氧化铝喷砂及150, 300和450 mJ(10 Hz, 100 μs 脉冲持续时间, 100%水冷却)表面处理对纤维桩黏结强度的影响, 结果提示只有450 mJ Er:YAG激光照射组的黏结强度与对照组和其他实验组相比都有显著性提高($P < 0.05$)。本次实验结果与此结果相符合, 150, 250和350 mJ(10 Hz, 100脉冲持续时间, 100%水冷却)Er:YAG激光表面处理纤维桩表面未能增强纤维桩的黏结强度($P > 0.05$), 而450 mJ Er:YAG激光处理纤维桩表面其他实验条件不变的情况下, 纤维桩的黏结强度显著增强($P < 0.05$)。Cumhur等^[25]以拉伸测试为检测方法考察不同表面处理(110 μm 氧化铝喷砂, 30 μm 二氧化硅涂层, 9.5%氢氟酸蚀刻, 100 mJ, 10 Hz, 1 W Nd:YAG及150 mJ, 10 Hz, 1.5 W Er:YAG激光照射)对玻璃纤维桩表面粗糙度和黏结强

度的影响, 结果显示黏结强度最高的是氢氟酸蚀刻组, 二氧化硅涂层组次之。氢氟酸蚀刻组, 二氧化硅涂层组和Er:YAG激光照射组都能够显著增强纤维桩的黏结强度($P < 0.05$)。而氧化铝喷砂组和Nd:YAG激光照射组纤维桩表面粗糙度最高, 但这两组的黏结强度与对照组却差异无显著性意义($P > 0.05$)。而Gulsah等^[51]用与Cumhur^[25]同样的表面处理方法处理石英纤维桩表面, 以拉伸测试纤维桩的黏结强度, 结果显示喷砂组的黏结强度最高, Er:YAG激光照射组次之($P < 0.001$), 但这2组的黏结强度间差异无显著性意义($P > 0.05$)。Nd:YAG激光照射组纤维桩的表面粗糙度最高但是黏结强度均值最低, 但与对照组、二氧化硅涂层和氢氟酸蚀刻组的黏结强度无统计学差异。本实验结果1.5 W Er:YAG激光处理玻璃纤维桩表面, 未能显著增强纤维状的黏结强度。本实验测试的方法是推出实验, Gulsah等^[51]与Cumhur等^[25]是利用拉伸测试检验黏结强度, 具体的原因, 在今后中要进一步优化实验方法, 对不同参数的Er:YAG激光表面处理对纤维桩黏结性能影响做进一步研究。

本实验桩黏结的失败类型分布显示, 虽然大部分样本仍为混合失败, 但是Er:YAG激光表面处理纤维桩, 其失败类型逐渐转向黏结剂-牙本质接合处或二者混合。此结果与一些临床病例随访调查的结果并不一致^[52], 可能主要与纤维桩修复完成后样本测试时间有关。有研究显示冷热循环可显著降低纤维桩的弯曲强度^[27], 机械疲劳可引起桩微渗漏增加^[53]。本实验所有样本均未经历热循环或机械疲劳循环实验, 因此实验结果和临床实际情况可能有一定差距。日后如有条件应该进行几种不同类型激光对纤维桩黏结强度影响的比较研究。

综上黏结强度不同的原因主要是不同参数的Er:YAG激光对纤维桩表面基质的去除作用不同, 暴露的纤维越多越完整, 纤维桩与牙本质间的黏结强度越大。

致谢: 感谢大连医科大学附属第一、口腔医院颌面外科及修复科和台湾美容植牙医学会同仁的帮助!

作者贡献: 实验设计为通讯作者, 实施为全部作者, 评估为第二作者, 资料收集、成文为第一作者, 第三作者(通讯作者)审校并对文章负责。

利益冲突: 文章及内容不涉及相关利益冲突。

伦理要求: 试样牙提供者对实验知情同意。临床试验参研人员具有主治医师职称, 有从事此领域工作的经验。实验经大连医科大学伦理委员会同意。

学术术语: 钕: 钇铝石榴石激光(Erbium: Yttrium Aluminum Garnet Laser, Er:YAG 激光)-波长为 2 940 nm, 脉宽 250 μ s, 含水组织对其的吸收较为容易, 临床使用不良反应较少。由于其热损伤受到限制, 血管凝固非常少, 操作过程中凝血较差。另外, 由于其胶原收缩也受到限制, 临床的改善不十分显著。

作者声明: 文章为原创作品, 无抄袭剽窃, 无泄密及署名和专利争议, 内容及数据真实, 文责自负。

4 参考文献 References

- [1] Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: a literature review. *Aust Dent J*. 2011;56 Suppl 1:77-83.
- [2] Heydecke G, Butz F, Hussein A, et al. Fracture strength after dynamic loading of endodontically treated teeth restored with different post-and-core systems. *J Prosthet Dent*. 2002;87(4):438-445.
- [3] Yenisey M, Kulunk S. Effects of chemical surface treatments of quartz and glass fiber posts on the retention of a composite resin. *J Prosthet Dent*. 2008;99(1):38-45.
- [4] Duret B, Reynaud M, Duret F.[New concept of coronaradicular reconstruction: the Composipost (1). *Chir Dent Fr*. 1990;60(540):131-141 contd.
- [5] Radovic I, Monticelli F, Goracci C, et al. The effect of sandblasting on adhesion of a dual-cured resin composite to methacrylic fiber posts: microtensile bond strength and SEM evaluation. *J Dent*. 2007;35(6):496-502.
- [6] Yenisey M, Kulunk S. Effects of chemical surface treatments of quartz and glass fiber posts on the retention of a composite resin. *J Prosthet Dent*. 2008;99(1):38-45.
- [7] Cekic-Nagas I, Sukuroglu E, Canay S. Does the surface treatment affect the bond strength of various fibre-post systems to resin-core materials? *J Dent*. 2011;39(2):171-179.
- [8] Egilmez F, Ergun G, Cekic-Nagas I, et al. Influence of cement thickness on the bond strength of tooth-colored posts to root dentin after thermal cycling. *Acta Odontol Scand*. 2013;71(1):175-182.
- [9] Soares CJ, Santana FR, Pereira JC, et al. Influence of airborne-particle abrasion on mechanical properties and bond strength of carbon/epoxy and glass/bis-GMA fiber-reinforced resin posts. *J Prosthet Dent*. 2008;99(6):444-454.
- [10] Choi Y, Pae A, Park EJ, et al. The effect of surface treatment of fiber-reinforced posts on adhesion of a resin-based luting agent. *J Prosthet Dent*. 2010;103(6):362-368.
- [11] Balbosh A, Kern M. Effect of surface treatment on retention of glass-fiber endodontic posts. *J Prosthet Dent*. 2006;95(3):218-223.
- [12] Lassila LV, Tanner J, Le Bell AM, et al. Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. *Dent Mater*. 2004;20(1):29-36.
- [13] Drummond JL, Bapna MS. Static and cyclic loading of fiber-reinforced dental resin. *Dent Mater*. 2003;19(3):226-231.
- [14] Mannocci F, Sherriff M, Watson TF. Three-point bending test of fiber posts. *J Endod*. 2001;27(12):758-761.
- [15] Heydecke G, Butz F, Hussein A, et al. Fracture strength after dynamic loading of endodontically treated teeth restored with different post-and-core systems. *J Prosthet Dent*. 2002;87(4):438-445.
- [16] Gu XH, Kern M. Fracture resistance of crowned incisors with different post systems and luting agents. *J Oral Rehabil*. 2006;33(12):918-923.
- [17] Dietschi D, Duc O, Krejci I, et al. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature--Part 1. Composition and micro- and macrostructure alterations. *Quintessence Int*. 2007;38(9):733-743.
- [18] Dietschi D, Duc O, Krejci I, et al. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence Int*. 2008;39(2):117-129.

- [19] Martínez-Insua A, da Silva L, Rilo B, et al. Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with a cast post and core or carbon-fiber post with a composite core. *J Prosthet Dent.* 1998;80(5):527-532.
- [20] Bateman G, Ricketts DN, Saunders WP. Fibre-based post systems: a review. *Br Dent J.* 2003;195(1):43-48; discussion 37.
- [21] Mannocci F, Bertelli E, Watson TF, et al. Resin-dentin interfaces of endodontically-treated restored teeth. *Am J Dent.* 2003;16(1):28-32.
- [22] Goldberg AJ, Burstone CJ. The use of continuous fiber reinforcement in dentistry. *Dent Mater.* 1992;8(3):197-202.
- [23] Ferrari M, Cagidiaco MC, Goracci C, et al. Long-term retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent.* 2007;20(5):287-291.
- [24] Monticelli F, Osorio R, Albaladejo A, et al. Effects of adhesive systems and luting agents on bonding of fiber posts to root canal dentin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2006;77(1):195-200.
- [25] Sipahi C, Piskin B, Akin GE, et al. Adhesion between glass fiber posts and resin cement: evaluation of bond strength after various pre-treatments. *Acta Odontol Scand.* 2014;72(7):509-515.
- [26] Roberts HW, Leonard DL, Vandewalle KS, et al. The effect of a translucent post on resin composite depth of cure. *Dent Mater.* 2004;20(7):617-622.
- [27] Drummond JL, Sakaguchi RL, Racean DC, et al. Testing mode and surface treatment effects on dentin bonding. *J Biomed Mater Res.* 1996;32(4):533-541.
- [28] Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, et al. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci.* 2004;112(4):353-361.
- [29] Sudsangiam S, van Noort R. Do dentin bond strength tests serve a useful purpose? *J Adhes Dent.* 1999;1(1):57-67.
- [30] Akgungor G, Akkayan B. Influence of dentin bonding agents and polymerization modes on the bond strength between translucent fiber posts and three dentin regions within a post space. *J Prosthet Dent.* 2006;95(5):368-378.
- [31] Aksornmuang J, Foxton RM, Nakajima M, et al. Microtensile bond strength of a dual-cure resin core material to glass and quartz fibre posts. *J Dent.* 2004;32(6):443-450.
- [32] Bell AM, Lassila LV, Kangasniemi I, et al. Bonding of fibre-reinforced composite post to root canal dentin. *J Dent.* 2005;33(7):533-539.
- [33] Vano M, Goracci C, Monticelli F, et al. The adhesion between fibre posts and composite resin cores: the evaluation of microtensile bond strength following various surface chemical treatments to posts. *Int Endod J.* 2006;39(1):31-39.
- [34] Monticelli F, Toledano M, Tay FR, et al. A simple etching technique for improving the retention of fiber posts to resin composites. *J Endod.* 2006;32(1):44-47.
- [35] Yenisey M, Kulunk S. Effects of chemical surface treatments of quartz and glass fiber posts on the retention of a composite resin. *J Prosthet Dent.* 2008;99(1):38-45.
- [36] Sahafi A, Peutzfeld A, Asmussen E, et al. Effect of surface treatment of prefabricated posts on bonding of resin cement. *Oper Dent.* 2004;29(1):60-68.
- [37] Arslan H, Kurklu D, Ayrancı LB, et al. Effects of post surface treatments including Er:YAG laser with different parameters on the pull-out bond strength of the fiber posts. *Lasers Med Sci.* 2014;29(5):1569-1574.
- [38] 李晓杰, 许诺, 董明, 等. 表面处理对纤维桩与牙本质粘结强度影响的实验研究[J]. 大连医科大学学报, 2013, 35(5):424-429.
- [39] Xible AA, de Jesus Tavares RR, de Araujo Cdos R, et al. Effect of silica coating and silanization on flexural and composite-resin bond strengths of zirconia posts: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2006;95(3):224-229.
- [40] Sousa-Neto MD, Silva Coelho FI, Marchesan MA, et al. Ex vivo study of the adhesion of an epoxy-based sealer to human dentine submitted to irradiation with Er : YAG and Nd : YAG lasers. *Int Endod J.* 2005;38(12):866-870.
- [41] Mohammadi N, Savadi Oskoei S, Abed Kahnamoui M, et al. Effect of Er,Cr:YSGG pretreatment on bond strength of fiber posts to root canal dentin using a self-adhesive resin cement. *Lasers Med Sci.* 2013;28(1):65-69.
- [42] Cardoso MV, Coutinho E, Ermis RB, et al. Influence of Er,Cr:YSGG laser treatment on the microtensile bond strength of adhesives to dentin. *J Adhes Dent.* 2008;10(1):25-33.
- [43] Esteves-Oliveira M, Zezell DM, Apel C, et al. Bond strength of self-etching primer to bur cut, Er,Cr:YSGG, and Er:YAG lased dental surfaces. *Photomed Laser Surg.* 2007;25(5):373-380.
- [44] Tachibana A, Marques MM, Soler JM, et al. Erbium, chromium:yttrium scandium gallium garnet laser for caries removal: influence on bonding of a self-etching adhesive system. *Lasers Med Sci.* 2008;23(4):435-441.
- [45] Kayano T, Ochiai S, Kiyono K, et al. Effects of Er:YAG laser irradiation on human extracted teeth. *Kokubyo Gakkai Zasshi.* 1989;56(2):381-392.
- [46] Cavalcanti AN, Pilecki P, Foxton RM, et al. Evaluation of the surface roughness and morphologic features of Y-TZP ceramics after different surface treatments. *Photomed Laser Surg.* 2009;27(3):473-479.
- [47] Jacobsen NL, Mitchell DL, Johnson DL, et al. Lased and sandblasted denture base surface preparations affecting resilient liner bonding. *J Prosthet Dent.* 1997;78(2):153-158.
- [48] Spohr AM, Borges GA, Júnior LH, et al. Surface modification of In-Ceram Zirconia ceramic by Nd:YAG laser, Rocatec system, or aluminum oxide sandblasting and its bond strength to a resin cement. *Photomed Laser Surg.* 2008;26(3):203-208.
- [49] Akin H, Tugut F, Akin GE, et al. Effect of Er:YAG laser application on the shear bond strength and microleakage between resin cements and Y-TZP ceramics. *Lasers Med Sci.* 2012;27(2):333-338.
- [50] Tuncdemir AR, Yildirim C, Güller F, et al. The effect of post surface treatments on the bond strength of fiber posts to root surfaces. *Lasers Med Sci.* 2013;28(1):13-18.
- [51] Akin GE, Akin H, Sipahi C, et al. Evaluation of surface roughness and bond strength of quartz fiber posts after various pre-treatments. *Acta Odontol Scand.* 2014;72(8):1010-1016.
- [52] Monticelli F, Grandini S, Goracci C, et al. Clinical behavior of translucent-fiber posts: a 2-year prospective study. *Int J Prosthodont.* 2003;16(6):593-596.
- [53] Reid LC, Kazemi RB, Meiers JC. Effect of fatigue testing on core integrity and post microleakage of teeth restored with different post systems. *J Endod.* 2003;29(2):125-131. Wrist Fractures. *Orthop Clin of North Am.* 2002; 33(1):35-38.