

纤维桩与树脂核材料粘接的研究进展

张益琳综述 张富强审校

(上海交通大学医学院附属第九人民医院口腔修复科; 上海市口腔医学重点实验室 上海 200011)

[摘要] 桩核加冠修复是临床根管治疗后, 牙冠外形重建的主要手段之一。纤维/树脂桩核系统具有优良的机械、生物学性能和较好的修复效果, 被广泛用于临床。近年来, 纤维桩与树脂核材料间的粘接研究成为了热点。纤维桩与树脂核材料间能否形成牢固和持久的化学和机械固位, 直接关系到修复体的临床成功率。树脂核材料的种类、纤维桩的种类以及纤维桩的表面处理均会影响纤维桩与树脂核材料间的粘接强度。下面就上述影响因素的研究现状作一综述。

[关键词] 纤维桩; 树脂核; 粘接强度

[中图分类号] R 783.2 [文献标志码] A [doi] 10.3969/j.issn.1673-5749.2010.02.028

Research progress on adhesion between fiber post and resin core ZHANG Yi-lin, ZHANG Fu-qiang. (Dept. of Prosthodontics, The Ninth People's Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200011, China; Shanghai Key Laboratory of Stomatology, Shanghai 200011, China)

[Abstract] The restoration with post-and-core systems and dental crowns is one of the main reconstructions of teeth after root canal therapy. The fiber/resin post-and-core systems are thought to have excellent mechanical and biological properties and satisfied prosthetic effect. These systems have been widely used in clinic. Recently, the adhesion between fiber post and resin core has become an area of intensive investigation. The clinical success ratio of restoration is affected by the adhesion and retention between fiber post and resin core. The factors which influence the bond strength between fiber post and resin core include the resin core material selection, fiber post selection and surface treatments of fiber post. The purpose of this article was to review recent research of these factors.

[Key words] fiber post; resin core; bond strength

纤维桩具有与牙齿相似的弹性模量, 能够有效地分散应力, 并且具有耐疲劳、耐腐蚀, 良好的生物相容性以及容易拆除等优越性能。自 1990 年被应用到口腔修复领域以来, 纤维/树脂桩核系统的相关研究日益深入, 其在临床上的应用也日益广泛。由于纤维桩与树脂核间固位的稳定性和持久性直接关系到修复体的最终成功, 故核材料与纤维桩之间应具有足够的粘接强度^[1]。本文对影响纤维桩与树脂核间粘接强度的因素作一综述。

1 树脂核材料的种类

目前, 不同纤维/树脂桩核系统的核材料在性能、成分上各有差异。常用来作桩核的树脂材料

根据特性分为混合型树脂(hybrid)、流动性树脂(flowable)、微填料树脂(microfilled)和可压缩树脂(packable)。从聚合反应角度, 核材料可以分为光固化、化学固化和双重固化。临床和体外实验中, 采用不同类型的树脂核材料, 其与纤维桩间的粘接效果也不同^[1-2]。

Monticelli等^[3]的研究发现, 流动性树脂与纤维桩交界面形成的气泡与空洞最少, 桩/核界面间很少有不连续的现象。流动性树脂较混合型树脂与纤维桩间有更好的密合性。该作者分析后认为, 由于树脂具有润湿性, 低黏滞的树脂单体可以穿透并进入互穿聚合物网状组织, 从而增加了两者的密合性^[2-3]。Salameh等^[4]的研究表明, 流动性树脂与纤维桩之间的粘接强度高于混合型树脂。同时该作者还发现, 与双重固化树脂相比较, 光固化树脂与纤维桩之间会发生更多的早期破坏(早期破坏即在实验中, 试件加力前已发生断裂。形成

[收稿日期] 2009-03-06; [修回日期] 2009-12-05

[基金项目] 上海市重点学科(特色学科)建设基金资助项目(T0202)

[作者简介] 张益琳(1984—), 女, 山东人, 硕士

[通讯作者] 张富强, Tel: 021-63138341-5207

原因是在制备时,试件受到震动、侧向力等的不利影响,使试件断裂)。但也有学者分析认为,流动性树脂含有较高的树脂成分,会导致材料在聚合时产生显著收缩。收缩产生的应力会影响纤维桩与流动树脂间的粘接强度,所以与流动性树脂相比较,低黏滞、高填料核材料和混合型树脂是最好的选择^[5-6]。高填料核材料聚合时所产生的收缩应力小,并且收缩力的方向指向纤维桩内部,聚合产生的应力促进了与收缩相关机械锁合的形成,而且高填料含量也可改善核材料的机械性能,这些都加强了纤维桩与树脂核间的粘接强度^[1]。

2 纤维桩的种类

纤维桩为纤维增强树脂基复合材料,增强体为纤维,基体为树脂。纤维桩的成分影响到其与树脂材料间的粘接^[7]。纤维桩根据增强纤维的类型分为玻璃纤维桩、石英纤维桩、碳纤维桩、氧化锆纤维桩和有机硅纤维桩等,实验与临床中最常用的是前两者。成品化的纤维桩多采用环氧树脂为基质,亦有少数采用二甲基丙烯酸酯为基质^[8]。

Aksornmuang等^[9]比较了一种双重固化核材料与玻璃、石英纤维桩的粘接强度,实验所用纤维桩树脂基质为环氧树脂。实验结果显示,对粘接剂进行光照,可增加核材料与玻璃纤维桩的粘接强度,但其对石英纤维桩则无影响。原因是2种纤维桩的光传导特性不同,石英纤维具有良好的光传导性,在对树脂核进行光照固化时,光线可通过石英纤维的传导间接引发桩表面粘接剂的固化,从而加强了石英纤维桩表面粘接剂的机械性能;而且,2种纤维桩与树脂核间的破坏模式也不同,石英纤维桩表现为界面的破坏,而玻璃纤维桩表现为桩本身结构的损坏。Radovic等^[8]研究了二甲基丙烯酸酯玻璃纤维桩与双重固化核材料间的粘接后发现,二甲基丙烯酸酯能与树脂核材料发生化学键合,在一定程度上会影响纤维桩/树脂核间的粘接强度。

3 纤维桩表面的化学处理和物理处理

3.1 酸蚀处理

酸蚀可以使纤维桩的基质发生氧化,溶解部分树脂基质。这一过程不但暴露出了外层的纤维表面,提供硅烷化位点,还增加了纤维桩表面的

粗糙性,从而增加了纤维桩与树脂材料间的化学和机械固位。在最近的研究中,一般用质量分数为10%的过氧化氢(20 min)、质量分数为24%的过氧化氢(10 min)^[10-11]、质量分数为21%的乙醇钠(20 min)^[12-13]和体积分数为20%的高锰酸钾(10 min)分别处理纤维桩后,纤维桩与树脂核间的粘接强度会显著增强^[13]。

Vano等^[11]用质量分数为4%的氢氟酸酸蚀玻璃纤维桩60 s后发现,氢氟酸并不能增加桩/核间的粘接强度,这可能是由于氢氟酸溶解了纤维桩的玻璃成分,过大地改变了桩的表面结构。Valandro等^[14]对石英纤维桩表面处理后发现,与质量分数为10%的氢氟酸酸蚀1 min相比较,质量分数为32%的磷酸酸蚀1 min更能提高桩/核间的粘接强度。磷酸的酸蚀能力较氢氟酸更为适当,不会过度地改变纤维桩的表面性状。无论是对环氧树脂基玻璃纤维桩还是对二甲基丙烯酸酯基石英纤维桩,过氧化氢均只部分溶解树脂基质而不会损伤纤维成分,使完整光滑的纤维裸露于硅烷偶联剂下,从而有效地增加了桩/核间的粘接强度。但是,使用质量分数为10%或24%的过氧化氢进行酸蚀处理,其增加桩/核间粘接强度的效果相差不大^[10-11]。Monticelli等^[13]比较了体积分数为20%的高锰酸钾(pH12~13、10 min)、质量分数为10%的过氧化氢(20 min)和质量分数为21%的乙醇钠(20 min)对石英纤维桩酸蚀的效果后发现,高锰酸钾处理后的纤维桩其桩/核间的粘接强度较后两者显著增大。原因可能有2点:1)使用高锰酸钾酸蚀可以使石英纤维暴露;2)高锰酸钾酸蚀后,还需用特殊的溶液“清洗”纤维表面残留的 MnO_4^{2-} ,这增加了石英纤维的亲水性能。以上2种作用都能增加纤维桩与硅烷偶联剂的反应。但高锰酸钾酸蚀需要进行多步操作,因此该处理较费时。Yemisey等^[7]的研究发现,质量分数为10%的过氧化氢酸蚀20 min后能明显提高桩/核间的粘接强度,但二氯甲烷酸蚀5 s组与甲烷偶联剂处理组间则无显著差异。该研究者认为,使用二氯甲烷酸蚀5 s的时间过短,导致溶解环氧树脂基质和暴露纤维不足,推测延长酸蚀时间可以改善其酸蚀效果。

3.2 摩擦化学处理

摩擦化学处理系统是用硅化合物修饰的氧化铝颗粒喷涂纤维桩表面。摩擦化学处理不但增加了桩表面的粗糙度,增加了桩/核间的微机械固

位,而且喷涂时产生的高热和压力使氧化硅覆盖并埋植于纤维桩表面,从而形成氧化硅涂层。氧化硅覆盖的表面表现出与树脂材料的高化学活性。该处理可在口内或口外进行,CoJet 系统为椅旁口内操作系统,Rocatec 系统则在口外进行操作^[8,15]。最近的实验数据表明,摩擦化学处理是一种有效增加纤维桩与树脂核粘接的手段^[8,16]。

Cheleux 等^[16]发现,用 50 μm 的氧化铝对石英纤维桩喷涂,可以增加桩/核间的粘接强度。喷涂处理后,对纤维桩表面进行硅烷化处理能进一步增加桩/核间的粘接强度。Radovic 等^[8]研究了二甲基丙烯酸酯玻璃纤维桩与双固化树脂核间的粘接强度后发现,用 110 μm 的氧化铝颗粒经 Rocatec 系统处理所得的粘接强度值最高;而且,纤维桩经喷涂处理后,不需要使用硅烷偶联剂处理。但同时应注意,虽然摩擦化学能增加树脂核的固位,但是这种处理侵袭效果太强,可能会影响纤维桩的形态,从而降低纤维桩的机械强度。

3.3 硅烷偶联剂处理

许多实验证明,石英与玻璃纤维桩表面的硅烷化处理可以增加纤维桩与树脂材料间的粘接强度^[17-19]。Albaladejo 等^[18]认为,偶联剂可以改变纤维桩基质中聚合物的形态,增加纤维桩表面的润湿性。这使材料间的接触更充分,从而能增加纤维桩与流动树脂间的粘接强度。Goracci 等^[19]的研究同样证明,硅烷化能增加复合树脂纤维桩与流动树脂间的粘接强度;而且,他们还认为,偶联剂不但增加了材料表面的润湿性,而且还化学性地连接了树脂与无机物的羟基层,但是此连接只存在于桩的玻璃成分和核的树脂成分间。对碳素桩表面进行硅烷化处理并不能明显地增加桩/核间的粘接强度,原因是碳素纤维桩表面没有足够的羟基与硅烷发生化学反应。目前,硅烷偶联剂的作用机制还有待于进一步研究^[19-20]。Wrbas 等^[6]的实验得出,纤维桩表面的硅烷化处理不能显著增加桩/核间的粘接强度。该作者分析后认为,硅烷的作用受到纤维桩内纤维数量的影响,而且传统的粘接力测试方法存在缺陷,所以之前的实验结果与事实存在偏差。微拉伸实验的试件发生了较多的早期破坏,而推出实验只测量了 1 mm 薄片的剪切强度且冲头位置影响所测得数据的大小。

一些学者对石英纤维桩的硅烷化处理进行了系统的研究,如偶联后的不同干燥温度对粘接强度的影响^[21]、偶联剂与粘接剂合用^[12,22]以及硅烷偶

联剂的水解稳定性^[23]。使用偶联剂处理后,在 38 $^{\circ}\text{C}$ 的空气中干燥可以增加偶联剂中溶剂的蒸发,从而增加桩与复合树脂的粘接强度^[21]。Monticelli 等^[12]将硅烷偶联剂与 1 步或 2 步自酸蚀粘接剂(one-step or two-step self-etch adhesives)联合处理纤维桩表面并分别进行了观察测量后发现,2 种处理都能增加纤维桩与复合树脂的粘接强度,但硅烷偶联剂与 1 步自酸蚀粘接剂联合应用于纤维桩时,处理后的桩表面会形成广泛的纳米微漏,使桩/核间界面暴露于水解作用下。但 Ferrari 等^[22]的研究表明,中间粘接层的缺失并不会影响硅烷化处理后的纤维桩与树脂核间的粘接强度。硅烷偶联剂在使用前要进行水解,加入亲水树脂单体 4-甲基丙烯酰氧乙基偏苯三酸酐的双组分偶联剂 Porcelain Liner M 与预活化的丙基三甲氧基硅烷进行比较后发现,前者表现出更强的吸水性,会发生更强烈的水解降解反应^[23]。

4 临床研究

体外研究不能真正模拟体内复杂的情况。因此,临床研究对评估纤维/树脂桩核系统至关重要。现有的临床研究显示,观察时间为 2~7 年的纤维/树脂桩核系统的临床成功率在 90% 以上^[24-27]。Monticelli 等^[27]将 225 名患者的第一前磨牙分为 3 组,分别使用 Aesthetic、Plus.DT 和 FRC Podtel 纤维桩与 AElite Flo 和 Tetric Flow 共 2 种流动树脂作为核材料进行修复后发现,2 种流动树脂均能为烤瓷冠提供至少 2 年的可靠支持,这就提示,临床采用流动树脂进行核堆塑能够为修复体提供足够的固位和支持。

5 结束语

纤维桩与树脂核间粘接强度的大小受多种因素的影响。目前,用来增加桩/核间粘接强度的方法较多,各有其特点。随着研究的进一步深入,将会有更多的依据来指导临床。医生可根据临床具体情况的不同,选择合适的方法来达到最终成功的修复治疗。

6 参考文献

- [1] Wrbas KT, Schirmeister JF, Altenburger MJ, et al. Influence of adhesive systems on bond strength between fiber posts and composite resin cores in a pull-out test design[J]. Dent Mater J, 2007, 26(3): 401-408.
- [2] Monticelli F, Goracci C, Ferrari M. Micromorphology of

- the fiber post-resin core unit :A scanning electron microscopy evaluation[J]. *Dent Mater*, 2004, 20(2) :176-183.
- [3] Monticelli F, Goracci C, Grandini S, et al. Scanning electron microscopic evaluation of fiber post-resin core units built up with different resin composites[J]. *Am J Dent*, 2005, 18(1) :61-65.
- [4] Salameh Z, Papacchini F, Ounsi HF, et al. Adhesion between prefabricated fiber-reinforced posts and different composite resin cores :A microtensile bond strength evaluation[J]. *J Adhes Dent*, 2006, 8(2) :113-117.
- [5] Sadek FT, Monticelli F, Goracci C, et al. Bond strength performance of different resin composites used as core materials around fiber posts[J]. *Dent Mater*, 2007, 23(1) :95-99.
- [6] Wrbas KT, Schirmeister JF, Altenburger MJ, et al. Bond strength between fibre posts and composite resin cores : Effect of post surface silanization[J]. *Int Endod J*, 2007, 40(7) :538-543.
- [7] Yenisey M, Kulunk S. Effects of chemical surface treatments of quartz and glass fiber posts on the retention of a composite resin[J]. *J Prosthet Dent*, 2008, 99(1) :38-45.
- [8] 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]. *J Dent*, 2007, 35(6) :496-502.
- [9] Aksormmuang J, Foxton RM, Nakajima M, et al. Microtensile bond strength of a dual-cure resin core material to glass and quartz fibre posts[J]. *J Dent*, 2004, 32(6) :443-450.
- [10] Monticelli F, Toledano M, Tay FR, et al. A simple etching technique for improving the retention of fiber posts to resin composites[J]. *J Endod*, 2006, 32(1) :44-47.
- [11] 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 [J]. *Int Endod J*, 2006, 39(1) :31-39.
- [12] Monticelli F, Osorio R, Toledano M, et al. Improving the quality of the quartz fiber postcore bond using sodium ethoxide etching and combined silane/adhesive coupling [J]. *J Endod*, 2006, 32(5) :447-451.
- [13] Monticelli F, Toledano M, Tay FR, et al. Post-surface conditioning improves interfacial adhesion in post/core restorations[J]. *Dent Mater*, 2006, 22(7) :602-609.
- [14] Valandro LF, Yoshiga S, de Melo RM, et al. Microtensile bond strength between a quartz fiber post and a resin cement :Effect of post surface conditioning [J]. *J Adhes Dent*, 2006, 8(2) :105-111.
- [15] Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E, et al. Bond strength of resin cement to dentin and to surface-treated posts of titanium alloy, glass fiber, and zirconia[J]. *J Adhes Dent*, 2003, 5(2) :153-162.
- [16] Cheleux N, Sharrock P, Degrange M. Surface treatments on quartz fiber post :Influence on adhesion and flexural properties[J]. *Am J Dent*, 2007, 20(6) :375-379.
- [17] D'Arcangelo C, D'Amario M, Prosperi GD, et al. Effect of surface treatments on tensile bond strength and on morphology of quartz-fiber posts[J]. *J Endod*, 2007, 33(3) :264-267.
- [18] Albaladejo A, Osorio R, Papacchini F, et al. Post silanization improves bond strength of translucent posts to flowable composite resins[J]. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 2007, 82(2) :320-324.
- [19] Goracci C, Raffaelli O, Monticelli F, et al. The adhesion between prefabricated FRC posts and composite resin cores :Microtensile bond strength with and without post-silanization[J]. *Dent Mater*, 2005, 21(5) :437-444.
- [20] Matinlinna JP, Lassila LV, Ozcan M, et al. An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry [J]. *Int J Prosthodont*, 2004, 17(2) :155-164.
- [21] Monticelli F, Toledano M, Osorio R, et al. Effect of temperature on the silane coupling agents when bonding ore resin to quartz fiber posts[J]. *Dent Mater*, 2006, 22(11) :1024-1028.
- [22] Ferrari M, Goracci C, Sadek FT, et al. An investigation of the interfacial strengths of methacrylate resin-based glass fiber post-core buildups[J]. *J Adhes Dent*, 2006, 8(4) :239-245.
- [23] Monticelli F, Osorio R, Toledano M, et al. *In vitro* hydrolytic degradation of composite quartz fiber-post bonds created by hydrophilic silane couplings [J]. *Oper Dent*, 2006, 31(6) :728-733.
- [24] 李 冰, 葛学军, 罗晓晋, 等. 玻璃纤维桩在磨牙残冠桩核冠修复中的临床应用[J]. *国际口腔医学杂志*, 2008, 35(3) :240-241.
- [25] Ferrari M, Cagidiaco MC, Goracci C, et al. Long-term retrospective study of the clinical performance of fiber posts[J]. *Am J Dent*, 2007, 20(5) :287-291.
- [26] Subramaniam P, Babu KL, Sunny R. Glass fiber reinforced composite resin as an intracanal post—a clinical study[J]. *J Clin Pediatr Dent*, 2008, 32(3) :207-210.
- [27] Monticelli F, Grandini S, Goracci C, et al. Clinical behavior of translucent-fiber posts :A 2-year prospective study[J]. *Int J Prosthodont*, 2003, 16(6) :593-596.

(本文编辑 王 晴)