

龋源性露髓成熟恒牙活髓保存的2种生物陶瓷材料 盖髓效果比较

贾晓玲¹, 章慧²

1. 浙江中医药大学附属杭州市中医院口腔科, 浙江 杭州 310007; 2. 浙江大学, 浙江 杭州 310058

摘要: **目的** 比较2种生物陶瓷材料iRoot BP Plus和三氧化矿物凝聚体(MTA)在龋源性露髓成熟恒牙的活髓盖髓效果, 为此类患牙选择合适的盖髓剂提供参考。**方法** 选择浙江中医药大学附属杭州市中医院口腔科就诊的龋源性露髓的成熟恒牙并行活髓保存术的120例患者及其120颗患牙, 随机分为两组, 分别使用iRoot BP Plus和MTA作为盖髓剂。术后定期复诊, 通过临床检查和影像学检查评估盖髓效果。**结果** iRoot组60例, 其中男性23例, 女性37例; 年龄 $M(Q_R)$ 为41(12)岁; 患牙在前磨牙27例, 磨牙33例; I类洞8例, II类洞52例。MTA组60例, 其中男性29例, 女性31例; 年龄 $M(Q_R)$ 为39(14)岁; 患牙在前磨牙21例, 磨牙39例; I类洞10例, II类洞50例。两组性别、年龄、患牙位置和洞型差异均无统计学意义($P>0.05$)。术后12个月, iRoot组和MTA组盖髓成功率分别为91.67%和88.33%, 牙髓感染率分别为8.33%和11.67%, 差异均无统计学意义($P>0.05$); 但MTA组牙冠变色占61.67%, iRoot组无变色。**结论** 12个月观察期内, iRoot BP Plus和MTA在龋源性露髓成熟恒牙活髓保存中均能取得较好的盖髓效果, 无明显差异, 但MTA盖髓后存在牙冠变色问题。两种材料的远期临床效果还有待进一步研究。

关键词: 活髓保存; 成熟恒牙; 生物陶瓷材料; iRoot BP Plus; 三氧化矿物凝聚体

中图分类号: R781.05 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-5087(2024)03-0224-04

Comparison of the efficacy of two bioceramic materials in vital pulp preservation of mature permanent teeth with exposed pulp of caries origin

JIA Xiaoling¹, ZHANG Hui²

1. Department of Stomatology, Hangzhou Traditional Chinese Medicine Hospital Affiliated to Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou, Zhejiang 310007, China; 2. Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310058, China

Abstract: Objective To compare the efficacy of two bioceramic materials, iRoot BP Plus and mineral trioxide aggregate (MTA) in the preservation of vital pulp of mature permanent teeth with exposed pulp of caries origin, so as to provide insights into appropriate selection of pulp capping agents in clinical process. **Methods** Vital pulp therapy were performed on 120 mature permanent teeth with carious exposure at the Department of Stomatology of Hangzhou Traditional Chinese Medicine Hospital Affiliated to Zhejiang Chinese Medical University. The teeth were randomly divided into two groups which were treated respectively by iRoot BP Plus (iRoot group) and MTA (MTA group). The clinical efficacy was evaluated by clinical examinations and imaging examinations. **Results** There were 60 cases in iRoot group, including 23 males and 37 females, 27 cases affected premolars and 33 cases affected molars, and 8 cases of Class I and 52 cases of Class II cavity type, with a median age of 41 (interquartile range, 12) years. There were 60 cases in MTA group, including 29 males and 31 females, 21 cases affected premolars and 39 cases affected molars, and 10 cases of Class I and 50 cases of Class II cavity type, with a median age of 39 (interquartile range, 14) years. There were

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2024.03.010

基金项目: 杭州市医药卫生科技项目(A20200542)

作者简介: 贾晓玲, 硕士, 副主任医师, 主要从事口腔牙体牙髓、种植修复等临床工作, E-mail: 147804371@qq.com

no significant differences in gender, age, affected tooth location and cavity type between the two groups ($P>0.05$). The success rate of iRoot group at 12 months was 91.67% while the MTA group was 88.33%, and the pulp infection rate of iRoot group at 12 months was 8.33% while the MTA group was 11.67%. There were no significant differences in success rate and pulp infection rate between the two groups ($P>0.05$). The rate of crown discoloration in MTA group was 61.67%, while there was no discoloration in iRoot group. **Conclusions** During 12 months, iRoot BP Plus and MTA can both achieve great effects in the treatment of mature permanent teeth with carious pulp exposure, but there is a problem of tooth discoloration after pulp covering using MTA. The long-term clinical effects of the two materials need to be further studied.

Keywords: vital pulp preservation; mature permanent tooth; bioceramic material; iRoot BP Plus; MTA

保存牙髓活力、维持牙髓活性对牙齿功能的发挥和远期生存具有重要意义，因此成熟恒牙的活髓保存有其必要性，也是牙髓治疗领域的研究热点之一^[1]。以往认为龋源性露髓的成熟恒牙牙髓已被细菌感染，根管治疗是保存患牙的首选方法，但随着牙髓生物学的深入、治疗技术的提高、盖髓材料的革新，多项研究显示龋源性露髓成熟恒牙在彻底清除感染牙髓的前提下也能保存剩余牙髓，取得较好的长期疗效，而盖髓材料的选择是成功的重要影响因素^[2-4]。

以三氧化矿物凝聚体 (mineral trioxide aggregate, MTA) 和 iRoot BP Plus 为代表的硅酸钙生物活性陶瓷材料是具有临床应用前景的一类盖髓材料。MTA 是第一个硅酸钙基类材料，已取代氢氧化钙成为盖髓剂的金标准，但其存在操作技术敏感性高、固化时间较长、盖髓时髓腔部位可能过度钙化、导致牙冠变色及价格昂贵等不足之处^[5-6]。iRoot BP Plus 是一种预混型生物陶瓷材料，与 MTA 的元素组成相似，不同的是 iRoot BP Plus 含有大量的钽和锆，不含有铝和铋。它有 MTA 类似的生物相容性、良好的抗菌性、亲水性、不收缩、化学性能稳定及高于牙本质的 X 线阻射性等特点，被认为能弥补 MTA 的不足^[7]。本研究旨在比较 iRoot BP Plus 和 MTA 应用于龋源性露髓成熟恒牙活髓保存的盖髓效果，为此类患牙临床选择合适的盖髓剂提供参考。

1 对象与方法

1.1 对象

选择 2020 年 8 月—2022 年 8 月浙江中医药大学附属杭州市中医院口腔科就诊的患者，纳入标准：(1) 龋源性露髓的成熟恒牙；(2) 术前无不可逆性牙髓炎症状，可伴有食物嵌入痛或酸甜一过性刺激痛；(3) 临床检查牙齿无松动，轻度叩痛或无叩痛，无牙龈红肿及瘘管；(4) X 片显示深龋近髓，根尖孔已闭合，根尖周未见低密度影；(5) 全身情况良好；(6) 知情同意。排除标准：(1) 牙髓坏死；(2) 炎性牙髓

切除至根管口 5 min 仍不能止血。本研究通过浙江中医药大学附属杭州市中医院医学伦理会审查，审批号：202008292046000182100。

1.2 方法

共纳入 120 例患者的 120 颗患牙，使用随机数表法将患牙分配至 iRoot 组和 MTA 组，由同一名医生对患牙行活髓保存术，实验组选用盖髓剂 iRoot BP Plus (加拿大 Innovative Bioceramics 公司)，对照组选用盖髓剂 MTA (美国 Densply 公司)。对患者、盖髓效果评价者采用盲法；由于 2 种盖髓剂材料性状明显不同，实施者未能采用盲法。

1.2.1 应用 iRoot 和 MTA 行活髓保存术

对患牙实施 4% 阿替卡因局部麻醉，用橡皮障隔离患牙，术区碘伏消毒。去尽腐质，硬组织感染清除以牙体硬组织的颜色和硬度为标准，生理盐水冲洗，无菌金刚砂球钻扩大露髓点，评估牙髓状态。使用 3%NaClO 冲洗露髓口，将蘸有 3%NaClO 的无菌棉球置于牙髓创面 5 min 可止血则行直接盖髓术。

盖髓剂充填方法如下：iRoot 组，止血后，无菌棉球干燥，立即将 iRoot BP Plus 覆盖于暴露的牙髓及其周围 2 mm 范围的牙本质，厚度约 2 mm，盖髓材料与牙髓组织及周围牙本质直接紧密接触，不留空隙，严密封闭，盖髓剂上玻璃离子水门汀垫底后用纳米树脂充填；MTA 组，无菌水和 MTA 粉剂按 3:1 调拌，覆盖于暴露的牙髓及其周围 2 mm 范围的牙本质，盖髓剂上放置生理盐水棉球，玻璃离子暂封，1 周后复诊，取出生理盐水棉球，玻璃离子水门汀垫底后用纳米树脂充填。

1.2.2 盖髓效果评价

两组患者于术后 3、6、12 个月定期复查，通过温度测试、牙髓电活力测试、比色、探诊、叩诊和松动度等临床检查及 X 线检查评估盖髓效果。患牙无主观不适感及阳性检查体征，能行使正常咀嚼功能，温度测试及牙髓电活力测试正常，X 线片显示露髓孔处有牙本质钙化桥形成封闭露髓孔，根尖周无病变，

同时满足以上情况判定为成功；患牙有自发痛，叩诊疼痛，冷热刺激痛，牙龈红肿或瘻管形成，牙髓活力测试异常，X线片显示根尖区低密度影或牙根吸收，出现以上任一异常均判定为失败。比较两组患者随访12个月后的盖髓效果。

1.3 统计分析

采用SPSS 26.0软件统计分析。定量资料不服从正态分布的采用中位数和四分位数间距 [$M(Q_R)$] 描述，组间比较采用Wilcoxon秩和检验；定性资料采用相对数描述，组间比较采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般情况比较

iRoot组60例，其中男性23例，占38.33%，女性37例，占61.67%；年龄 $M(Q_R)$ 为41(12)岁；患牙在前磨牙27例，占45.00%，磨牙33例，占55.00%；I类洞8例，占13.33%，II类洞52例，占86.67%。MTA组60例，其中男性29例，占48.33%，女性31例，占51.67%；年龄 $M(Q_R)$ 为39(14)岁；患牙在前磨牙21例，占35.00%，磨牙39例，占65.00%；I类洞10例，占16.67%，II类洞50例，占83.33%。两组性别($\chi^2=1.222$, $P=0.269$)、年龄($Z=-0.429$, $P=0.668$)、患牙位置($\chi^2=1.250$, $P=0.264$)和洞型($\chi^2=0.261$, $P=0.609$)差异均无统计学意义。

2.2 两组患者盖髓效果比较

术后12个月，120例患者盖髓成功108例，其中iRoot组盖髓成功55例，MTA组盖髓成功53例，成功率分别为91.67%和88.33%，差异无统计学意义($\chi^2=0.370$, $P=0.543$)。

2.3 两组患者不良反应比较

术后12个月，iRoot组出现牙髓感染5例，占8.33%；其中3例在术后3个月诊断为不可逆性牙髓炎，2例在术后6个月诊断为牙髓坏死。MTA组出现牙髓感染7例，占11.67%；其中4例在术后3个月诊断为不可逆性牙髓炎，2例在术后6个月诊断为牙髓坏死，1例在术后12个月诊断为根尖周炎。两组牙髓感染率差异无统计学意义($\chi^2=0.370$, $P=0.543$)。MTA组有37颗盖髓牙出现不同程度的牙冠变色，占61.67%；而iRoot组未发现牙冠变色。

3 讨论

活髓保存术是一种保存受龋源性、创伤性或机械

性损伤的患牙牙髓组织的方法，比根管治疗术操作简便，安全有效，能最大限度保留健康牙髓组织，不会破坏根管壁组织，提高患牙远期保存率，更符合牙体牙髓的微创理念^[8]。活髓保存时选择抗菌性能和生物相容性更好的生物陶瓷材料，远期成功率更高^[4, 9]。MTA和iRoot BP Plus属于硅酸钙材料，能提供较好的矿化微环境，促进牙髓细胞分化，引导修复性牙本质的形成，抑制细菌生长。本研究采用随机对照方法分析了iRoot BP Plus与MTA在龋源性露髓并行活髓保存术的恒牙中的应用效果，结果显示iRoot组和MTA组的盖髓成功率分别为91.67%和88.33%，差异无统计学意义。另有多项研究也证实了iRoot BP Plus和MTA对龋源性露髓成熟恒牙的活髓保存效果良好^[10-12]。但研究中仍有12例失败病例，可能与感染的牙髓未完全去除有关，直视下观察并不能准确判断牙髓的组织病理学改变，如果术中能利用显微光学放大设备观察牙髓状态，可能会有更高的成功率。

多项体内和体外实验研究显示，iRoot BP Plus和MTA在生物相容性、封闭能力和抗菌能力等方面有相似的性能^[13-16]。两组术后牙髓感染率无明显差异，但MTA组有61.67%的盖髓牙出现牙冠变色，考虑与MTA含有铋等金属元素有关，氧化铋可与牙本质中的胶原蛋白相互作用形成黑色晶体，还能与次氯酸钠作用产生深棕色反应^[17]。另一部分牙齿未观察到牙冠变色，可能与牙本质厚度、观察时间有关。

综上所述，在12个月随访期内，iRoot BP Plus和MTA在龋源性露髓的成熟恒牙活髓保存上均取得了一定的临床效果，iRoot BP Plus盖髓后没有出现牙齿变色问题，在美学方面表现更出色。但由于随访时间有限，两组盖髓成功率未发现明显差异，需进一步研究以观察远期临床成功率。

参考文献

- [1] DUNCAN H F, GALLER K M, TOMSON P L, et al. European society of endodontology position statement: management of deep caries and the exposed pulp [J]. Int Endod J, 2019, 52 (7): 923-934.
- [2] LIN L M, RICUCCI D, SAOUD T M, et al. Vital pulp therapy of mature permanent teeth with irreversible pulpitis from the perspective of biology [J]. Aust Endod J, 2020, 46 (1): 154-166.
- [3] ASGARY S, HASSANIZADEN R, TORABZADEN H, et al. Treatment outcomes of 4 vital pulp therapies in mature molars [J]. J Endod, 2018, 44 (4): 529-535.
- [4] 吴补领, 罗奕菲, 徐稳安, 等. 恒牙牙髓炎的活髓保存治疗 [J]. 口腔疾病防治, 2021, 29 (7): 433-441.

- [5] ASGARY S, PARIROKH M, EGHBAL M J, et al. Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate [J]. J Endod, 2005, 31 (2): 101-103.
- [6] CAMILLERI J, MONTESIN F E, PAPAIOANNOU S, et al. Biocompatibility of two commercial forms of mineral trioxide aggregate [J]. Int Endod J, 2004, 37 (10): 699-704.
- [7] 钱磊, 潘洁, 朱文昊, 等. 两种硅酸钙类材料用于成熟恒牙牙髓切断术的临床效果 [J]. 北京大学学报 (医学版), 2022, 30 (4): 260-264.
- [8] 何文喜, 余擎. 牙髓炎的活髓保存及再生治疗新进展 [J]. 中华口腔医学杂志, 2022, 57 (1): 16-22.
- [9] 陈嘉琪, 董艳梅. 龋源性露髓成熟恒牙活髓保存治疗的研究进展 [J]. 中华口腔医学杂志, 2022, 57 (1): 95-100.
- [10] ALSUBAIT S, ALJARBOU F. Biodentine or mineral trioxide aggregate as direct pulp capping material in matural permanent teeth with carious exposure? A systematic review and meta-analysis [J]. Oper Dent, 2021, 46 (6): 631-640.
- [11] AHLAWAT M, GREWAL M S, GOEL M, et al. Direct pulp capping with mineral trioxide aggregate and biodentine in cariously exposed molar teeth: 1-year follow-up-an *in vivo* study [J]. J Pharm Bioallied Sci, 2022, 14 (1): 983-985.
- [12] MOTWANI N, IKHAR A, NIKHADE P, et al. Premixed bio-ceramics: a novel pulp capping agent [J]. J Conserv Dent, 2021, 24 (2): 124-129.
- [13] SHI S, BAO Z F, LIU Y, et al. Comparison of *in vivo* dental pulp response to capping with iRoot BP Plus and mineral trioxide aggregate [J]. Int Endod J, 2016, 49 (2): 154-160.
- [14] MATSUURA T, ZIAUDDIN S M, KAWATA-MATSUURA V, et al. Long-term clinical and radiographic evaluation of the effectiveness of direct pulp capping materials: a meta-analysis [J]. Dent Mater J, 2021, 40 (1): 1-7.
- [15] 黄伟曼, 张栋杰, 胡旭初, 等. iRoot BP Plus 和 MTA 用于年轻恒牙直接盖髓的临床疗效观察 [J]. 中华口腔医学研究杂志, 2017, 11 (6): 366-370.
- [16] EIMSMARI F, RUIZ X F, MIRO Q, et al. Outcome of partial pulpotomy in cariously exposed posterior permanent teeth: a systematic review and meta-analysis [J]. J Endod, 2019, 45 (11): 1296-1306.
- [17] WILLERSHAUSEN B, WILLERSHAUSEN I, ROSS A, et al. Retrospective study on direct pulp capping with calcium hydroxide [J]. Quintessence Int, 2011, 42 (2): 165-171.
- 收稿日期: 2023-10-18 修回日期: 2024-01-10 本文编辑: 徐文璐

(上接第223页)

- [6] TILG H, ADOLPH T E, GERNER R R, et al. The intestinal microbiota in colorectal cancer [J]. Cancer Cell, 2018, 33 (6): 954-964.
- [7] GAO R Y, ZHU Y F, KONG C, et al. Alterations, interactions, and diagnostic potential of gut bacteria and viruses in colorectal cancer [J]. Front Cell Infect Microbiol, 2021, 11: 1-13.
- [8] SHEN W T, TANG D R, WAN P, et al. Identification of tissue-specific microbial profile of esophageal squamous cell carcinoma by full-length 16S rDNA sequencing [J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2022, 106 (8): 3215-3129.
- [9] JIN P, YOU P, FANG J Y, et al. Comparison of performance of two stool DNA tests and a fecal immunochemical test in detecting colorectal neoplasm: a multicenter diagnostic study [J]. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev, 2022, 31: 654-661.
- [10] XU H L, CHEN H X, HU J J, et al. Feasibility of quantification based on novel evaluation with stool DNA and fecal immunochemical test for colorectal cancer detection [J]. BMC Gastroenterol, 2022, 22 (1): 1-8.
- [11] DOUGLAS G M, MAFFEI V J, ZANEVELD J R, et al. PICRUSt2 for prediction of metagenome functions [J]. Nat Biotechnol, 2020, 38 (6): 685-688.
- [12] GAO H L, LV L B, ZHAO W F, et al. Diagnostic accuracy of the multi-target stool DNA test in detecting colorectal cancer: a hospital-based study [J]. World J Gastrointest Oncol, 2023, 15 (1): 102-111.
- [13] FAN J Q, ZHAO W F, LU Q W, et al. Fecal microbial biomarkers along with multi-target stool DNA improve the diagnostic accuracy in colorectal cancer [J]. World J Gastrointest Oncol, 2023, 15 (8): 1424-1435.
- [14] SONG M, CHAN A T, SUN J. Influence of the gut microbiome, diet, and environment on risk of colorectal cancer [J]. Gastroenterology, 2020, 158 (2): 322-340.
- [15] KENKHUIS M F, VAN DUIJNHOFEN F J B, VAN ROEKEL E H, et al. Longitudinal associations of fiber, vegetable, and fruit intake with quality of life and fatigue in colorectal cancer survivors up to 24 months posttreatment [J]. Am J Clin Nutr, 2022, 115 (3): 822-832.
- [16] TAHA H M, SLADE A N, SCHWARTZ B, et al. A case-control study examining the association of fiber, fruit, and vegetable intake and the risk of colorectal cancer in a Palestinian population [J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19 (12): 1-11.
- [17] CAO X, YU G X, REN W, et al. DualWMDR: detecting epistatic interaction with dual screening and multifactor dimensionality reduction [J]. Hum Mutat, 2020, 41 (3): 719-734.
- 收稿日期: 2023-05-24 修回日期: 2023-09-12 本文编辑: 徐文璐