

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2026.07.016

MTA、iRoot BP Plus 根尖屏障术在难治性前牙根尖周病根管治疗中的应用分析*

张会芹¹, 吴迪¹, 杨帆^{1△}, 李星茹²

1. 西安交通大学口腔医院(陕西省颅颌面精准医学研究重点实验室/陕西省牙颌疾病临床研究中心/第三门诊部), 陕西西安 710004; 2. 西安市第三医院口腔科, 陕西西安 710021

摘要:目的 探讨矿物三氧化物聚合物(MTA)、iRoot BP Plus 根尖屏障术在难治性前牙根尖周病根管治疗中的应用。方法 选取 2022 年 1 月至 2024 年 4 月西安交通大学口腔医院收治的 108 例难治性前牙根尖周病患者作为研究对象, 采用随机数字表法分为观察组和对照组, 每组 54 例。观察组采用 iRoot BP Plus 根尖屏障术治疗, 对照组采用 MTA 根尖屏障术治疗。比较 2 组术后充填质量; 采用视觉模拟评分法(VAS)评价 2 组术后 1 周疼痛情况; 评估 2 组术前及术后 3、6、12 个月影像学愈合情况[旧根尖指数(O-PAI)评分]; 比较 2 组术后 12 个月疗效; 统计 2 组术后 12 个月并发症发生情况。结果 2 组术后超充、欠充、恰充率比较, 差异均无统计学意义($P>0.05$)。2 组术后 1 周 VSA 评分均低于术前, 差异均有统计学意义($P<0.05$)。观察组术后 3、6、12 个月 O-PAI 评分均低于对照组, 差异均有统计学意义($P<0.05$)。2 组术后 3、6、12 个月 O-PAI 评分均低于术前, 差异均有统计学意义($P<0.05$)。观察组术后 12 个月总有效率为 96.30%, 高于对照组的 85.19%, 差异有统计学意义($P<0.05$)。观察组术后牙齿变色发生率明显低于对照组, 差异有统计学意义($P<0.05$)。结论 MTA、iRoot BP Plus 根尖屏障术在难治性前牙根尖周病根管治疗中术后充填质量和短期疼痛控制方面表现相当, 但 iRoot BP Plus 根尖屏障术在促进根尖骨组织恢复、提高长期疗效及降低牙齿变色风险方面优势更为明显。

关键词: 难治性前牙根尖周病; 根管治疗; 矿物三氧化物聚合物根尖屏障术; iRoot BP Plus 根尖屏障术

中图法分类号: R781.05; R45

文献标志码: A

文章编号: 1672-9455(2026)07-0965-06

Analysis of the application of MTA and iRoot BP Plus apical barrier surgery in Root canal treatment of refractory periapical diseases of anterior teeth*

ZHANG Huiqin¹, WU Di¹, YANG Fan^{1△}, LI Xingru²

1. School of Stomatology, Xi'an Jiaotong University (Key Laboratory of Craniomaxillofacial Precision Research of Shaanxi Province/Clinical Research Center for Dental Diseases of Shaanxi Province/Third Clinic Department), Xi'an, Shaanxi 710004, China; 2. Department of Stomatology, Xi'an Third Hospital, Xi'an, Shaanxi 710021, China

Abstract: Objective To investigate the application of mineral trioxide polymer (MTA) and iRoot BP Plus apical barrier technique in the treatment of refractory anterior teeth with periapical disease. **Methods** A total of 108 patients with refractory anterior periapical disease admitted to the Hospital of Stomatology, Xi'an Jiaotong University from January 2022 to April 2024 were selected as the research objects. The patients were divided into observation group and control group by random number table method, with 54 cases in each group. The observation group was treated with iRoot BP Plus apical barrier surgery, and the control group was treated with MTA apical barrier surgery. The quality of postoperative filling was compared between the two groups. Visual analogue scale (VAS) was used to evaluate the pain of the 2 groups at 1 week after operation. The imaging healing [old apical index (O-PAI) score] was evaluated before operation and at 3, 6, and 12 months after operation. The efficacy of the two groups at 12 months after operation was compared. The complications of the two groups at 12 months after operation were recorded. **Results** There was no significant

* 基金项目: 陕西省教育厅专项科研计划项目(21JK0452)。

作者简介: 张会芹, 女, 医师, 主要从事牙体牙髓病学方向的研究。△ 通信作者, E-mail: yangyang080900@163.com。

引用格式: 张会芹, 吴迪, 杨帆, 等. MTA、iRoot BP Plus 根尖屏障术在难治性前牙根尖周病根管治疗中的应用分析[J]. 检验医学与临床, 2026, 23(7): 965-970.

difference in postoperative overfilling, underfilling, and correct filling rates between 2 groups ($P > 0.05$). The VSA scores of the two groups at 1 week after operation were significantly lower than those before operation ($P < 0.05$). The O-PAI scores of the observation group were lower than those of the control group at 3, 6 and 12 months after operation, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). The O-PAI scores of the two groups at 3, 6, and 12 months after operation were significantly lower than those before operation, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). The total effective rate of the observation group 12 months after operation was 96.30%, which was higher than 85.19% of the control group, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). The incidence of postoperative tooth discoloration in the observation group was significantly lower than that in the control group ($P < 0.05$). **Conclusion** MTA and iRoot BP Plus are comparable in terms of postoperative filling quality and short-term pain control in the treatment of refractory anterior apical periodontitis. However, iRoot BP Plus has more advantages in promoting apical bone recovery, improving long-term efficacy and reducing the risk of tooth discoloring.

Key words: refractory anterior periapical disease; root canal treatment; mineral trioxide polymer apical barrier technique; iRoot BP Plus apical barrier technique

根尖周病是一种位于牙根尖周的炎症性疾病,由细菌感染、创伤、化学刺激及免疫反应等引起,多累及根尖周围的牙槽骨、牙周膜及根尖部的骨质^[1]。难治性根尖周病作为其特殊类型,指患牙在接受规范的根管治疗后,病变仍持续存在或反复发作,其成因复杂,愈合缓慢,治疗难度极大^[2-3]。根尖屏障术是常用于治疗根尖周病的一种牙髓病治疗技术,其核心原理是通过非外科手术方式将生物相容性材料充填到根尖部位,形成一个物理屏障,从而封闭根尖孔并阻止感染物质进入根尖周组织,同时促进根尖的生理性闭合^[4]。与传统的根尖诱导成形术比较,根尖屏障术具有疗程短、操作相对简单、感染风险小及治疗成功率高等优点,有助于保留患牙^[5]。近年来,随着材料学的发展,根尖屏障术被广泛用于治疗前牙难治性根尖周病。矿物三氧化物聚合物(MTA)、iRoot BP Plus是目前被广泛应用于治疗牙髓疾病的充填材料,具有较好的封闭性、便捷性、生物相容性等特点^[6-7]。有研究表明,与传统根管充填材料比较,MTA、iRoot BP Plus用于根尖周炎的治疗均显示出更好的临床疗效,成功率较高^[8-9]。然而,在兼具高美学要求与解剖特殊性的前牙区,针对根尖孔常伴感染和骨缺损的难治性病例中,MTA、iRoot BP Plus在临床疗效、美学稳定性(如牙冠变色风险)与操作性能方面的差异尚不明确。现有研究多聚焦于常规根尖周病,缺乏在难治性前牙这一特殊类型疾病下的系统比较。鉴于此,本研究采用MTA、iRoot BP Plus根尖屏障术方案,比较MTA、iRoot BP Plus在难治性前牙根尖周病治疗中的临床疗效,以期为该特定临床情境提供循证依据,优化治疗策略。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年1月至2024年4月西安交通大学口腔医院收治的108例(108颗患牙)难治性前牙根尖周病患者作为研究对象,采用随机数字表法分为观察组和对照组,每组54例。2组性别、年龄、

病程、病变位置、患牙松动度(松动度评估标准参考《口腔内科学》^[10]中的三度分级标准)比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。见表1。纳入标准:(1)诊断为根尖周病的患者^[10],患牙持续性自发疼痛、咬合痛、咬合无力等,叩诊疼痛(++);CBCT提示根尖周透射影(直径 ≥ 5 mm)伴唇舌向骨板破坏,或存在窦道影像。(2)经规范化根管治疗4周以上,仍存在窦道未闭合或复发;X线片检查显示患牙根尖周病变未减轻或加重。(3)单颗前牙病变。(4)年龄 ≥ 18 岁。排除标准:(1)重度牙周炎;(2)牙槽骨吸收超过根长1/3;(2)严重高血压(收缩压 ≥ 160 mmHg或舒张压 ≥ 100 mmHg)、高血糖(空腹血糖 ≥ 10 mmol/L或糖化血红蛋白 $\geq 8\%$)等基础疾病症状波动明显无法行手术治疗者;(3)患牙松动度为Ⅲ度;(4)根尖狭窄或牙根吸收障碍;(5)合并牙列缺损、口腔颌面肿瘤者;(6)1周内服用过抗菌药物的患者;(7)对本研究根管封闭剂过敏的患者。所有患者或其家属均知情同意并签署知情同意书。本研究经西安交通大学口腔医院医学伦理委员会审核批准(2021SCC031)。

1.2 方法 所有患者术前拍摄X线片(无锡莱弗思生物实验器材有限公司,货号:D-X8V),观察患牙根尖周病变状况,排除牙侧穿、根折、根管堵塞,所有手术均由同一组手术团队合作完成。对照组采用MTA根尖屏障术治疗,常规消毒、铺巾,局部麻醉。开髓及根管预备:放置橡皮障,开髓,打通根管通路,Pro-Taper Gold预备至F4(尖端直径0.40 mm),配合超声活化冲洗(17%乙二胺四乙酸3 mL与3%次氯酸钠10 mL交替冲洗,每次60 s),确认根尖止点稳定后用氢氧化钙常规根管封药,采用氧化锌丁香油水门汀[海青浦普齿科材料有限公司,批号:国食药监械(准)字2013第3630797号]暂封。根管充填:根尖周炎症状消失,根尖孔无渗出、无叩痛时预备根管充填。将含有MTA(美国Dentsply公司)的输送器尖端向根管中插入,均匀加压,缓慢注入根管内,充填厚度4~6

mm,湿棉球覆盖间隔 10 min 充实根管,玻璃离子(美国 3M 公司)暂封。观察组采用 iRoot BP Plus 根尖屏障术治疗。根管预备流程与对照组相同,将 37 °C 预热 10 min 的 iRoot BP plus(加拿大 IBC 公司)装入专用输送器,将其尖端插入根尖区,均匀加压,缓慢注入

材料的同时逐渐退出输送器,充填厚度 4~6 mm,充实根管,玻璃离子水门汀暂封。2 组术后 1 周复诊,X 线片检查结果显示跟进充填密封性良好时,进行全瓷冠修复。之后每 3 个月复查 1 次。

表 1 2 组一般资料比较[n(%)或 $\bar{x} \pm s$]

| 组别 | n | 性别 | | 年龄 (岁) | 病程 (年) | 病变位置 | | 患牙松动度 | |
|------------|----|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 男 | 女 | | | 上颌 | 下颌 | I 度 | II 度 |
| 观察组 | 54 | 26(48.15) | 28(51.85) | 48.22±4.17 | 1.42±0.23 | 25(46.30) | 29(53.70) | 28(51.85) | 26(48.15) |
| 对照组 | 54 | 28(51.85) | 26(48.15) | 47.13±5.23 | 1.44±0.24 | 26(48.15) | 28(51.58) | 29(53.70) | 25(46.30) |
| χ^2/t | | 0.148 | | 1.197 | -0.442 | 0.037 | | 0.037 | |
| P | | 0.700 | | 0.234 | 0.659 | 0.847 | | 0.847 | |

1.3 观察指标

1.3.1 2 组术后充填质量 术后拍摄根尖 X 线片,显示充填物距根尖 ≤2 mm,根管充填致密为恰充;充填物距根尖 >2 mm 或充填不密实(与根管壁贴合距离 >0.25 mm)为欠充;显示充填物超出根尖者为超充。

1.3.2 2 组术前、术后 1 周视觉模拟评分法(VAS)评分 采用 VSA^[11]评定疼痛情况,总分 0~10 分,分数越高表明疼痛程度越严重。

1.3.3 2 组影像学愈合情况 采用旧根尖指数(O-PAI)评价 2 组术前及术后 3、6、12 个月根尖影像学愈合情况^[12],分别于术前及术后 3、6、12 个月进行 X 线片根尖拍摄,由 2 名影像学医师双盲阅片,协商统一意见。

1.3.4 2 组术后 12 个月临床疗效 评估 2 组术后 12 个月临床疗效^[13];显效表现为自觉无不适,牙齿功能良好,临床检查各项未见异常,X 线片检查显示根管充填物致密流畅,原有根尖暗影消失;有效表现为无咬合痛、叩痛,牙龈无肿胀、窦道等,X 线片检查显示根尖周透明阴影明显缩小,有不完整的骨硬板和较宽的牙周膜间隙;无效表现为有自觉症状,查体有叩痛或咬合痛,窦道从未愈合或愈合后又出现,X 线片检查显示根尖周透明暗影无明显缩小或增大。总有效率=(显效例数+有效例数)/总例数×100%。

1.3.5 2 组术后 12 个月并发症 统计 2 组术后 12 个月牙齿变色、根管钙化等并发症发生情况。

1.4 统计学处理 采用 SPSS26.0 统计软件进行数据分析处理。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间比较采用独立样本 t 检验,组内术前、术后比较采用配对 t 检验;计数资料以例数或百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验,等级资料比较采用秩和检验。符合正态分布的重复测量资料若满足球形假设,则进行重复测量方差分析,若存在交互效应,需分析单独效应,组内效应采用单因素方差分析,事后比较

采用 LSD-t 检验。以 P < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 组术后超充、欠充、恰充率比较 2 组术后超充、欠充、恰充率比较,差异均无统计学意义(P > 0.05)。见表 2。

表 2 2 组术后超充、欠充、恰充率比较[n(%)]

| 组别 | n | 超充 | 欠充 | 恰充 |
|----------|----|---------|---------|-----------|
| 对照组 | 54 | 2(3.70) | 4(7.41) | 48(88.89) |
| 观察组 | 54 | 2(3.70) | 3(5.56) | 49(90.74) |
| χ^2 | | 0.001 | 0.210 | 0.101 |
| P | | 0.970 | 0.647 | 0.750 |

2.2 2 组术前、术后 1 周 VSA 评分比较 2 组术前、术后 1 周 VSA 评分比较,差异均无统计学意义(P > 0.05);2 组术后 1 周 VSA 评分均低于术前,差异均有统计学意义(P < 0.05)。见表 3。

表 3 2 组术前、术后 1 周 VSA 评分比较($\bar{x} \pm s$,分)

| 组别 | n | 术前 | 术后 1 周 | t | P |
|-----|----|-----------|-----------|--------|--------|
| 对照组 | 54 | 6.24±1.11 | 2.96±1.32 | 14.679 | <0.001 |
| 观察组 | 54 | 6.31±1.01 | 3.14±1.21 | 14.780 | <0.001 |
| t | | -0.343 | -0.739 | | |
| P | | 0.732 | 0.462 | | |

2.3 2 组术前、术后 O-PAI 评分比较 重复测量方差分析结果显示,2 组不同时间 O-PAI 评分存在组间效应($F_{组间} = 23.632, P_{组间} < 0.001$)、时间效应($F_{时间} = 28.416, P_{时间} < 0.001$)及交互效应($F_{交互} = 26.413, P_{交互} < 0.001$)。进一步做单独效应分析,2 组术后 3、6、12 个月 O-PAI 评分均低于术前,差异均有统计学意义(P < 0.05)。多变量方差分析结果显示,2 组术前 O-PAI 评分比较,差异无统计学意义(P > 0.05);观察组术后 3、6、12 个月 O-PAI 评分均低于对照组,

差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 4。

表 4 2 组术前、术后 O-PAI 评分比较($\bar{x} \pm s$, 分)

| 组别 | n | 术前 | 术后 3 个月 | 术后 6 个月 | 术后 12 个月 | F | P |
|-----|----|-----------|------------|------------|------------|--------|--------|
| 对照组 | 54 | 2.97±0.53 | 2.41±0.44* | 1.68±0.33* | 1.43±0.31* | 43.426 | <0.001 |
| 观察组 | 54 | 2.96±0.54 | 2.21±0.42* | 1.44±0.32* | 1.13±0.12* | 52.614 | <0.001 |
| F | | 0.097 | 2.416 | 3.837 | 6.632 | | |
| P | | 0.923 | 0.017 | <0.001 | <0.001 | | |

注:与同组术前比较,* $P < 0.05$ 。

2.4 2 组术后 12 个月疗效比较 观察组 2 例、对照组 5 例 X 线片检查显示根尖周透明暗影无明显缩小,无叩痛或咬合痛,进行显微根尖手术进行根管再治疗;对照组 3 例 X 线片检查显示根尖周透明暗影增大,叩痛或咬合痛,松动 III 度,进行拔除手术。观察组术后 12 个月总有效率为 92.30%,高于对照组的 85.19%,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 5。

表 5 2 组术后 12 个月疗效比较[n(%)]

| 组别 | n | 显效 | 有效 | 无效 | 总有效 |
|----------|----|-----------|-----------|----------|-----------|
| 对照组 | 54 | 38(70.37) | 8(14.81) | 8(14.81) | 46(85.19) |
| 观察组 | 54 | 42(77.78) | 10(18.52) | 2(3.70) | 52(96.30) |
| χ^2 | | | | | 3.967 |
| P | | | | | 0.046 |

2.5 2 组术后 12 个月并发症发生情况比较 观察组术后 12 个月牙齿变色发生率低于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$);2 组术后 12 个月根管钙化及并发症总发生率比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 6。

表 6 2 组术后 12 个月并发症发生情况比较[n(%)]

| 组别 | n | 牙齿变色 | 根管钙化 | 合计 |
|----------|----|----------|---------|----------|
| 对照组 | 54 | 8(14.81) | 1(1.85) | 9(16.66) |
| 观察组 | 54 | 1(1.85) | 2(3.70) | 3(5.56) |
| χ^2 | | 5.939 | 0.343 | 3.375 |
| P | | 0.015 | 0.558 | 0.066 |

3 讨 论

难治性前牙根尖周病是口腔临床常见的疑难病症,其发病机制复杂,主要与口腔反复感染、外源异物、炎症损伤等有关。患者常表现为反复发作的疼痛、肿胀及牙齿松动等症状,严重影响口腔健康和生活质量。难治性前牙根尖周病治疗需要综合考虑病因、病变范围及患者个体差异,其中彻底的根管预备消毒、合适的封闭材料和适宜的手术方式是治疗成功的关键^[14]。目前,MTA、iRoot BP Plus 作为 2 种主流的根尖屏障材料,各具特色,MTA 以其卓越的封闭性、抗压强度和生物相容性,在根尖屏障术、盖髓术等领域应用广泛^[15],而 iRoot BP Plus 作为一种新型即

用型生物陶瓷材料,以其操作简便、固化时间短、生物活性强等特点,逐渐成为临床医生的新选择。有研究表明,iRoot BP Plus 能够诱导牙髓干细胞的迁移、增殖及成骨/成牙本质潜能,从而形成牙髓-牙本质复合体^[16]。尽管如此,关于 MTA、iRoot BP Plus 在难治性前牙根尖周病中的疗效比较仍存在争议。本研究旨在通过比较 MTA、iRoot BP Plus 根尖屏障术,探讨这 2 种材料在难治性前牙根尖周病治疗中的应用疗效及其优缺点,为临床医生提供更科学的治疗参考。

本研究结果显示,2 组术后恰充率、术后 1 周 VSA 评分比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),表明 MTA、iRoot BP Plus 在术后充填质量、术后疼痛控制方面疗效相当。有研究表明,MTA、iRoot BP Plus 在根管封闭性研究中,二者术后能取得同样的根尖封闭疗效^[17],与本研究结果一致。通过长达 12 个月的随访观察发现,在难治性前牙根尖周病这一特定类型中,观察组术后 3、6、12 个月 O-PAI 评分均明显低于对照组,说明 iRoot BP Plus 在促进根尖周骨组织愈合方面可能更具优势。分析其作用机制可能为,iRoot BP Plus 能够激活骨髓间充质干细胞的成骨或成牙分化能力,通过丝裂原活化蛋白激酶信号通路和自噬作用促进细胞分化和矿化,有助于根尖周骨组织愈合^[18-19]。此外,iRoot BP Plus 可通过成纤维生长因子受体介导的信号通路促进牙髓细胞迁移和牙髓修复,进一步促进了根尖周骨组织恢复^[20]。在 1 项髓内骨组织反应研究中,iRoot BP Plus 组切片显示正常小梁结构的编织骨形成,中央出现狭窄的骨髓间隙,周围出现少量组织良好/成熟的肉芽组织,而 MTA 组形成较粗大编织骨小梁,且中央和周围有较宽的骨髓间隙^[21];ELREASH 等^[22]研究表明,iRoot-BP-Plus 对人类牙髓干细胞增殖矿化方面优于 MTA,提示相比 MTA,iRoot BP Plus 有更好的成骨性。孙艳妮等^[23]研究表明,与 MTA 根尖屏障术比较,iRoot BP plus 根尖屏障术治疗年轻恒牙慢性根尖周炎术后根尖透射区面积、O-PAI 评分均明显减小,与本研究结果相似,相比既往研究多聚焦于常规根尖周病变,本研究通过严格的病例选择,证实了 iRoot BP Plus 在难治性前牙治疗中引导高质量骨再生的独特价值。

值得注意的是,杨光等^[24]、王佳^[25]研究表明,iRoot BP Plus 组在操作时间和术后疼痛水平方面优于 MTA 组,与本研究结果不一致,这种差异凸显了病例选择对疗效评价的影响:本研究所纳入的难治性前牙病例中,根管系统内可能存在更复杂的结构或更为广泛的根尖周组织破坏,在这种复杂情境下,为达到满意的清创效果和干燥状态,操作耗时更长,术后组织的炎症反应可能更强,这些因素在一定程度上削弱了 iRoot BP Plus 在常规或轻度复杂病例中的优势,进一步说明在评估材料性能时,必须充分考虑其适用的临床场景及病例特征。

本研究长期随访发现,观察组术后 12 个月总有效率更高,说明 iRoot BP Plus 在长期疗效方面可能优于 MTA。分析发现,iRoot BP Plus 优越性可能源于其以下特点:iRoot BP Plus 通过改良该材料粉末中颗粒的大小,能有效缩短其凝固时间,具有良好的生物相容性,且 iRoot BP Plus 对机械性露髓的患牙进行盖髓,可诱导形成完整的牙本质桥,且无牙髓炎症反应^[26-27];另一方面,iRoot BP Plus 组成成分中不含铝酸钙。因此,在固化过程中不会发生体积膨胀或收缩,使其固化性能更加稳定且快速,且 iRoot BP Plus 生物活性较高,能够促进细胞增殖、迁移和黏附,从而增强成骨分化能力,保护牙髓,有效改善患牙根尖周病状态,提高临床疗效。杨光等^[24]研究表明,MTA、iRoot BP Plus 根管倒充术在难治性前牙根尖周病患者根管治疗中,iRoot BP Plus 组术后根尖周损伤恢复更好,疗效更理想,与本研究结果一致。而王璐等^[28]、ZHOU 等^[29]在评估 iRoot BP Plus、MTA 作为根管充填材料时,根管显微外科手术的临床结果表明,MTA 组和 iRoot BP plus 组之间的成功率并无明显差异,与本研究结果(观察组总有效率明显高于对照组)不一致,分析原因可能为治疗理念与评估标准存在差异。王璐等^[28]、ZHOU 等^[29]等的研究聚焦于根管显微外科手术,通过切除根尖、逆行预备与充填来消除感染,其标准更侧重于瘘管闭合、炎症消退等;本研究专门针对难治性根尖周病,对材料的生物活性提出了更高要求,iRoot BP Plus 在促进细胞分化与矿化方面的机制优势可能被更明显地体现出来,从而在影像学上表现为更优的骨愈合。

吴琴等^[30]指出,Theracal LC、MTA 用于复杂冠折年轻恒牙活髓切断术的临床对照中,MTA 组术后牙冠均发生变色。本研究结果显示,对照组术后 12 个月牙齿变色发生率更高,说明 iRoot BP Plus 在减少牙齿变色等并发症方面更具优势。分析原因为:MTA 中包含的氧化铋是一种阻射材料,其在与牙本质中的胶原蛋白发生反应时,可能会导致牙齿变色,且氧化铋在暴露于光照或次氯酸钠等强氧化剂时,可能与二氧化碳反应生成碳酸铋,从而产生黑色沉淀物,进一步加剧牙齿的变色,这种变色通常表现为浅

灰色或深棕色。

综上所述,iRoot BP Plus、MTA 在难治性前牙根尖周病根管治疗中的短期疗效(充填质量和疼痛)方面表现相当,但 iRoot BP Plus 在促进根尖骨组织恢复、提高长期疗效及降低牙齿变色并发症发生风险方面优势更为明显。因此,iRoot BP Plus 可作为 MTA 的替代材料在临床中推广应用,尤其是在美学要求较高的前牙区治疗中更具有价值。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献 张会芹:研究设计及实施,采集数据;吴迪:起草文章,对文章的知识性内容作批评性审阅;杨帆:采集数据,分析、解释数据,进行研究设计,行政、技术或材料支持;李星茹:起草文章、统计分析、指导、支持性贡献。

参考文献

- [1] PIRANI C, CAMILLERI J. Effectiveness of root canal filling materials and techniques for treatment of apical periodontitis: a systematic review[J]. Int Endod J, 2023, 56(3): 436-454.
- [2] DENG Z, LIN B, LIU F, et al. Role of Enterococcus faecalis in refractory apical periodontitis: from pathogenicity to host cell response [J]. J Oral Microbiol, 2023, 15(1): 2184924.
- [3] 张丽丽, 王荣, 康翠平. 不同根管充填糊剂对难治性根尖周炎患者根管充填后疼痛和炎症反应的影响[J]. 中国美容医学, 2025, 34(7): 167-170.
- [4] THIYAGARAJAN G, MANOHARAN M, VEER-ABADHRAN M M, et al. Biodentine as bioroot inlay: a case report[J]. Int J Clin Pediatr Dent, 2023, 16(2): 400-404.
- [5] TALEBZADEH B. Simplified orthograde apical plug and intra-orifice barriers for resolving a complex endodontic challenge: a case report[J]. Iran Endod J, 2023, 18(4): 271-273.
- [6] 赵慧东, 张婧, 崔婷. iRoot BP Plus 对前牙根尖周病根管倒充填治疗患者牙周炎症和美学效果的影响[J]. 中国美容医学, 2024, 33(11): 165-168.
- [7] 邵海荣, 籍增平, 卫粉兰. 氢氧化钙糊剂与 MTA 在根尖诱导术中疗效的比较[J]. 中国现代医学杂志, 2013, 23(31): 83-85.
- [8] 吴浩明, 袁广熠, 李敏辉, 等. 两种牙科术式治疗年轻恒牙根尖周炎的效果分析[J]. 内蒙古医科大学学报, 2020, 42(1): 81-83.
- [9] 廖佳辰, 陈龙, 陆畅畅, 等. iRoot BP Plus 根尖屏障术和 Vitapex 根尖诱导成形术对发生慢性根尖周炎的年轻恒牙的疗效比较[J]. 牙体牙髓牙周病学杂志, 2024, 29(12): 709-712.

- [10] 顾长明, 李晓军. 口腔内科学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2022: 96-166.
- [11] TRAN H T, KONG Y, TALATI A, et al. The use of electrodermal activity in pulpal diagnosis and dental pain assessment[J]. *Int Endod J*, 2023, 56(3): 356-368.
- [12] 刘婷, 黄叶全, 杨卫东, 等. “根尖诱导成型术联合根尖屏障术”治疗成年患者根尖开敞慢性根尖周炎的疗效研究[J]. *口腔医学研究*, 2022, 38(10): 941-945.
- [13] 黄璐. Vitapex 根管填充材料用于难治性根尖周病根管治疗的效果观察[J]. *浙江医学*, 2023, 45(10): 1063-1066.
- [14] SONG W, YE L, TANG Q, et al. Rev-erba attenuates refractory periapical periodontitis via M1 polarization: an in vitro and in vivo study[J]. *Int Endod J*, 2024, 7(4): 451-463.
- [15] PARK E H, RHEE S H, CHOI H W, et al. Biocompatibility and osteogenic potential of mineral trioxide aggregate mixed with hydrophilic synthetic polymer: an in vitro and in vivo study[J]. *Dent Mater J*, 2022, 41(5): 780-786.
- [16] YANG N, YANG W, SHEN R, et al. In vitro and in vivo evaluation of iRoot BP Plus as a coronal sealing material for regenerative endodontic procedures[J]. *Clin Oral Investig*, 2024, 28(1): 70.
- [17] 孟伟涛, 殷金萍, 张筱娅, 等. 不同材料及根尖术式对根管封闭性的影响[J]. *口腔医学研究*, 2023, 39(2): 156-159.
- [18] LU J, LI Z, WU X, et al. iRoot BP Plus promotes osteo/odontogenic differentiation of bone marrow mesenchymal stem cells via MAPK pathways and autophagy[J]. *Stem Cell Res Ther*, 2019, 10(1): 222.
- [19] XUE K, HU G, WU L, et al. The bioceramic sealer iRoot SP promotes osteogenic differentiation of human stem cells from apical papilla via miR-141-3p/SPAG9/MAPK signalling pathway[J]. *Int Endod J*, 2023, 6(10): 1241-1253.
- [20] ZHANG J, ZHU L X, CHENG X, et al. Promotion of dental pulp cell migration and pulp repair by a bioceramic putty involving FGFR-mediated signaling pathways[J]. *J Dent Res*, 2015, 94(6): 853-862.
- [21] ELREASH A A, GRAWISH M, ABDO W, et al. Intramedullary bone tissue reaction of ion-releasing resin-modified glass-ionomer restoration versus two calcium silicate-based cements: an animal study[J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 9812.
- [22] ELREASH A A, HAMAMA H, GRAWISH M, et al. A laboratory study to test the responses of human dental pulp stem cells to extracts from three dental pulp capping biomaterials[J]. *Int Endod J*, 2021, 54(7): 1118-1128.
- [23] 孙艳妮, 赵蕾, 刘伟, 等. iRoot BP plus 与 MTA 根尖屏障术治疗年轻恒牙慢性根尖周炎的疗效比较[J]. *上海口腔医学*, 2024, 33(3): 260-264.
- [24] 杨光, 霍峰, 尹雪莲, 等. MTA, iRoot BP Plus 在难治性前牙根尖周病患者根管治疗中的应用比较[J]. *中国现代医学杂志*, 2021, 31(4): 81-85.
- [25] 刘景, 袁媛. 生物陶瓷 iRoot BP plus 和无机三氧化物聚合物在未成年患者根尖孔未闭合患牙形成根尖屏障中的效果对比[J/CD]. *全科口腔医学电子杂志*, 2018, 5(20): 3.
- [26] LIU S, WANG S, DONG Y. Evaluation of a bioceramic as a pulp capping agent in vitro and in vivo[J]. *J Endod*, 2015, 41(5): 652-657.
- [27] NOWICKA A, LIPSKI M, PARAFINIUK M, et al. Response of human dental pulp capped with biodentine and mineral trioxide aggregate[J]. *J Endod*, 2013, 39(6): 743-747.
- [28] 王璐, 吴光远, 李午丽. iRoot BP Plus 和 MTA 作为根尖倒充填材料在显微根尖手术应用中的近期临床疗效观察[J]. *中华全科医学*, 2023, 21(4): 585-588.
- [29] ZHOU W, ZHENG Q, TAN X, et al. Comparison of mineral trioxide aggregate and iRoot BP Plus root repair material as root-end filling materials in endodontic microsurgery: a prospective randomized controlled study[J]. *J Endod*, 2017, 43(1): 1-6.
- [30] 吴翠, 李长顺, 张昕. Theracal LC 与 MTA 用于复杂冠折年轻恒牙活髓切断术的临床对照研究[J]. *口腔医学*, 2024, 44(10): 753-758.

(收稿日期: 2025-08-05 修回日期: 2025-12-10)

(编辑: 周晓凤 王明丰)