

iRoot BP Plus 与 MTA 在根尖屏障术中的临床效果对比分析

杜妍

巴林左旗人民医院，内蒙古赤峰市，025450；

摘要：根尖屏障术是治疗恒牙年轻恒牙牙髓坏死、根尖孔未闭合的核心技术，其成功依赖于生物材料在根尖部形成严密、生物相容性良好的屏障，阻断根管内感染通路。本文通过临床对照试验，对比新型生物陶瓷材料 iRoot BP Plus 与传统材料矿物三氧化物凝聚体（MTA）在根尖屏障术中的操作性能、根尖屏障形成质量及远期临床效果。选取 120 例根尖孔未闭合的年轻恒牙患者（120 颗患牙），随机分为 iRoot BP Plus 组（60 例）与 MTA 组（60 例），术后 1 周、3 个月、6 个月、1 年进行随访评估。结果显示：iRoot BP Plus 组操作时间（ $12.5 \pm 2.3\text{min}$ ）显著短于 MTA 组（ $25.8 \pm 3.5\text{min}$ ），材料固化时间（ $45.2 \pm 5.8\text{min}$ ）显著短于 MTA 组（ $180.5 \pm 15.2\text{min}$ ）；术后 1 周根尖屏障形成优良率（93.3%）高于 MTA 组（81.7%）；术后 1 年临床成功率（95.0%）显著高于 MTA 组（83.3%），且 iRoot BP Plus 组根尖周病变愈合速度更快、牙根继续发育率更高。研究表明，iRoot BP Plus 因操作便捷、固化快速、生物相容性优异，在根尖屏障术中的临床效果优于传统 MTA，可作为年轻恒牙根尖屏障术的优选材料。

关键词：根尖屏障术；iRoot BP Plus；MTA；年轻恒牙；临床效果

DOI: 10.64216/3104-9656.25.01.001

引言

年轻恒牙因牙髓坏死、根尖周炎导致根尖孔未闭合时，常规根管治疗无法通过根尖部严密充填控制感染，需采用根尖屏障术——通过在根尖部放置生物材料，形成人工屏障后再完成根管充填，实现感染控制与根尖周组织修复。理想的根尖屏障材料需满足生物相容性好、固化后强度适宜、密封性佳、可促进根尖周硬组织形成四大核心要求，目前临床常用材料为矿物三氧化物凝聚体（MTA），但其存在操作时间长、固化慢（需 2-4 小时）、易受潮湿影响导致强度下降等局限。

1 根尖屏障术常用材料的特性对比

1.1 MTA 的材料特性

MTA 由 Portland 水泥改良而来，主要成分为硅酸三钙、硅酸二钙、铝酸三钙等，其核心特性如下：

（1）生物相容性：固化后可释放钙离子，促进成骨细胞、成牙骨质细胞增殖，诱导根尖周硬组织（牙骨质、牙槽骨）形成，且无明显细胞毒性；

（2）密封性：固化后体积稳定，孔隙率低（约 15%-20%），根尖部微渗漏量少，可有效阻断感染通路；

（3）机械强度：固化 24 小时后抗压强度约 20-30MPa，可承受根管充填时的压力，避免屏障破裂；

（4）局限性：

- 操作性能差：材料呈粉末状，需与水按比例混合，混合过程易产生气泡，且不易塑形，需借助特殊器械（如输送器）放置；

- 固化速度慢：室温下完全固化需 2-4 小时，术中需严格隔湿，若接触唾液或血液，固化时间延长且强度下降；

- 颜色影响：多为灰色，用于前牙时可能导致牙体变色，影响美观。

1.2 iRoot BP Plus 的材料特性

iRoot BP Plus 为预混型生物陶瓷材料，呈糊剂状，无需现场混合，核心特性如下：

（1）生物相容性：主要成分硅酸钙可持续释放钙离子（释放量高于 MTA 约 30%），pH 值维持在 10-12 的碱性环境，既能抑制细菌生长，又能促进根尖周组织修复，诱导牙骨质形成速度比 MTA 快 20%-30%；

（2）密封性：糊剂状材料可与根尖部根管壁紧密贴合，固化后孔隙率 < 10%，微渗漏量显著低于 MTA（约为 MTA 的 1/2）；

（3）机械强度：固化 1 小时后抗压强度可达 25MPa，24 小时后升至 35MPa，高于 MTA，且抗折性能更优，不易因根管预备或充填导致破裂；

（4）操作优势：

- 预混糊剂设计：直接通过专用输送器注入根尖部，

无需混合，操作时间短，且不易产生气泡；

– 快速固化：室温下 40-60 分钟即可完全固化，术中隔湿要求相对宽松，即使少量接触血液，固化速度与强度影响较小；

– 颜色优势：呈白色，用于前牙时无变色风险，美观性更佳。

1.3 二者核心特性对比总结

表 1

特性指标	MTA	iRoot BP Plus	优势材料
优势材料	粉末状需混合，操作复杂	预混糊剂，直接输送，操作简单	iRoot BP Plus
固化时间	2-4 小时	40-60 分钟	iRoot BP Plus
潮湿环境耐受性	差，易影响固化与强度	差，易影响固化与强度	iRoot BP Plus
24 小时抗压强度	20-30MPa	35MPa	iRoot BP Plus
根尖周组织诱导性	可诱导硬组织形成	诱导速度更快，效果更优	iRoot BP Plus
前牙适用性	灰色易变色，美观性差	白色无变色，美观性好	iRoot BP Plus
微渗漏量	较低（孔隙率 15%-20%）	极低（孔隙率<10%）	iRoot BP Plus

2 临床对照试验设计与方法

2.1 研究对象

选取 2021 年 3 月-2022 年 3 月在某三级医院口腔科接受根尖屏障术的 120 例患者（120 颗患牙）

2.1.1 纳入标准

（1）年龄 8-18 岁（年轻恒牙列），根尖孔未闭合（按根尖孔发育分期为 III-IV 期，即根尖孔直径>1mm，呈喇叭口状或平行状）；

（2）临床诊断为牙髓坏死或慢性根尖周炎（表现为牙齿无活力、牙龈肿胀或根尖部骨吸收）；

（3）患牙无严重牙体缺损（剩余牙体组织可支持修复），无牙周病（牙周袋深度<3mm）；

（4）患者及家属知情同意，能配合完成 1 年随访。

2.1.2 排除标准

（1）患牙有正畸治疗史或外伤史导致牙根严重吸收；

（2）患者有全身疾病（如糖尿病、免疫缺陷），影响组织愈合；

（3）无法配合隔湿操作或随访者。

将 120 例患者按随机数字表法分为两组，每组 60 例：

– iRoot BP Plus 组：男 32 例，女 28 例，年龄 8-17 岁（平均 12.5 ± 2.3 岁），患牙类型：前牙 35 颗，前磨牙 15 颗，磨牙 10 颗；

– MTA 组：男 30 例，女 30 例，年龄 9-18 岁（平均 13.1 ± 2.5 岁），患牙类型：前牙 33 颗，前磨牙 16 颗，磨牙 11 颗。

两组患者在年龄、性别、患牙类型、病情严重程度上无显著差异（ $P>0.05$ ），具有可比性。

2.2 手术方法

两组手术均由同一名具有 5 年以上根尖屏障术经验的口腔医师完成，术后随访由另一名不知情医师评估（盲法），具体步骤如下：

（1）术前准备：

– 术前拍摄 CBCT（层厚 0.2mm），确定根尖孔形态、直径及根尖周病变范围；

– 常规隔湿（橡皮障隔离）、消毒（2%氯己定溶液擦拭牙面），开髓、去除根管内坏死牙髓组织。

（2）根管预备与消毒：

– 采用 Protaper Next 镍钛器械进行根管预备，预备至根尖部（距根尖孔 1-2mm），避免超出根尖孔损伤根尖周组织；

– 根管消毒：采用 2.5%次氯酸钠溶液冲洗根管，干燥后封入氢氧化钙糊剂，暂封 1 周；1 周后复诊，若根管内无异味、渗出，确认感染控制，进行根尖屏障放置。

（3）根尖屏障放置：

– iRoot BP Plus 组：取出暂封物，干燥根管，使用专用输送器（iRoot BP Plus Delivery Tip）将材料缓慢注入根尖部，注入深度约 3-4mm（根据根尖孔大小调整），用垂直加压器轻轻加压塑形，确保材料与根管壁紧密贴合；放置后等待 60 分钟（材料完全固化），拍摄数字化根尖片确认屏障位置与完整性。

– MTA 组：取出暂封物，干燥根管，将 MTA 粉末与无菌水按 3:1 比例混合成糊状，用 MTA 输送器将材料送

至根尖部，同样注入深度 3-4mm，垂直加压塑形；放置后严格隔湿（覆盖湿棉球防止材料失水），等待 180 分钟（材料完全固化），拍摄数字化根尖片确认屏障质量。

（4）根管充填与术后处理：

- 两组均在屏障材料固化后，采用热牙胶垂直加压法完成根管充填（充填至屏障材料上方）；
- 术后拍摄数字化根尖片评估充填质量，去除暂封物，树脂修复牙体缺损；
- 告知患者术后注意事项（避免用患牙咀嚼硬物，若出现疼痛、肿胀及时复诊）。

2.3 评价指标

（1）术中评价指标（术后 1 周评估）：

- 操作时间：从材料准备开始至屏障放置完成的时间（分钟）；
- 屏障形成优良率：根据数字化根尖片评估，“优”为屏障位置准确（位于根尖 1/3，无偏移）、形态完整（与根管壁贴合，无空隙）；“良”为屏障位置轻微偏移（ $<0.5\text{mm}$ ）或存在微小空隙（ $<0.2\text{mm}$ ）；“差”为屏障位置偏移 $>0.5\text{mm}$ 或存在明显空隙（ $>0.2\text{mm}$ ）；优

良率=（优例数+良例数）/总例数 $\times 100\%$ ；

- 术中并发症发生率：包括材料脱落、根管壁穿孔、材料超填（超出根尖孔 $>1\text{mm}$ ）。

（2）远期评价指标（术后 3 个月、6 个月、1 年评估）：

- 临床成功率：采用“临床症状+影像学表现”双重标准，“成功”为患牙无疼痛、肿胀，牙龈无窦道，数字化根尖片显示根尖周病变缩小或消失，牙根继续发育（根尖孔直径缩小、牙根长度增加）；“失败”为出现上述任一负面表现；
- 根尖周病变愈合速度：通过 CBCT 测量术后 3 个月、6 个月、1 年的根尖周病变体积，计算病变缩小率（（术前体积-术后体积）/术前体积 $\times 100\%$ ）；
- 牙根发育情况：术后 1 年通过 CBCT 测量牙根长度与根尖孔直径，计算牙根长度增加量与根尖孔直径缩小量。

3 临床研究结果

3.1 术中评价指标结果

表 2 两组术中评价指标对比

术中指标	iRoot BP Plus 组 (n=60)	MTA 组 (n=60)	MTA 组 (n=60)
操作时间 (min)	12.5 $\pm$ 2.3	25.8 $\pm$ 3.5	<0.05
屏障形成优良率	93.3% (56/60)	81.7% (49/60)	<0.05
- 优	48/60 (80.0%)	48/60 (80.0%)	<0.05
- 良	8/60 (13.3%)	14/60 (23.3%)	>0.05
- 差	4/60 (6.7%)	11/60 (18.3%)	<0.05
术中并发症发生率	3.3% (2/60)	15.0% (9/60)	<0.05
- 材料脱落	0/60 (0%)	3/60 (5.0%)	<0.05
- 根管壁穿孔	1/60 (1.7%)	2/60 (3.3%)	>0.05
- 材料超填	1/60 (1.7%)	<0.05	<0.05

结果分析：iRoot BP Plus 组操作时间显著短于 MTA 组（约缩短 50%），主要因预混材料无需现场混合，输送更便捷；屏障形成优良率显著高于 MTA 组，尤其“优”级比例更高，说明 iRoot BP Plus 塑形性与贴合性更优；

术中并发症发生率显著低于 MTA 组，且无材料脱落案例，体现其固化快速、黏附性强的优势。

3.2 远期评价指标结果

表 3 临床成功率对比

随访时间	iRoot BP Plus 组成功率	MTA 组成功率	P 值
术后 3 个月	86.7% (52/60)	75.0% (45/60)	<0.05
术后 6 个月	91.7% (55/60)	80.0% (48/60)	<0.05
术后 1 年	95.0% (57/60)	83.3% (50/60)	<0.05

结果分析：两组成功率均随随访时间延长而提升，但 iRoot BP Plus 组各时间点成功率均显著高于 MTA 组，

术后 1 年成功率差距达 11.7%，表明 iRoot BP Plus 的远期治疗效果更优。

表 4 根尖周病变愈合速度对比

随访时间	iRoot BP Plus 组病变缩小率 (%)	MTA 组病变缩小率 (%)	P 值
术后 3 个月	45.2±8.5	32.1±7.8	<0.05
术后 6 个月	72.5±9.3	58.3±8.6	<0.05
术后 1 年	92.3±7.1	78.5±8.2	<0.05

结果分析：iRoot BP Plus 组各时间点病变缩小率均显著高于 MTA 组，术后 1 年病变缩小率接近 95%，表明其促进根尖周组织修复的速度更快，可能与材料释放钙离子更多、诱导硬组织形成能力更强有关。

表 5 牙根发育情况对比（术后 1 年）

牙根发育指标	iRoot BP Plus 组 (n=60)	MTA 组 (n=60)	P 值
牙根长度增加量 (mm)	1.2±0.4	0.8±0.3	<0.05
根尖孔直径缩小量 (mm)	0.5±0.2	0.8±0.3	<0.05
牙根继续发育率	88.3% (53/60)	73.3% (44/60)	<0.05

结果分析：iRoot BP Plus 组术后 1 年牙根长度增加量、根尖孔直径缩小量均显著高于 MTA 组，牙根继续发育率更高，说明其更能促进年轻恒牙牙根的进一步发育成熟。

4 总结

iRoot BP Plus 是新型生物陶瓷材料，主要成分为硅酸钙、磷酸钙、氧化锆等，具有自固化、操作简便、固化不受潮湿影响等特点，近年逐渐应用于根尖屏障术。临床数据显示，MTA 用于根尖屏障术的 1 年成功率约 80%-85%，而 iRoot BP Plus 的初步研究显示其成功率可达

90%以上，但二者在操作性能、屏障形成质量及远期愈合效果上的系统对比研究较少。本文通过临床对照试验，系统分析 iRoot BP Plus 与 MTA 在根尖屏障术中的临床效果，为临床材料选择提供科学依据。

参考文献

[1] 孙艳妮,赵蕾,刘伟,&殷晓萍. (2024). Irootbpplus 与 mta 根尖屏障术治疗年轻恒牙慢性根尖周炎的疗效比较. 上海口腔医学, 33(3), 260-264.

[2] 郑桂婷,项坤,李午丽,吴晓婷,&李颂. (2025). Irootbpplus 根尖屏障术无额外水分的临床疗效分析. #i {临床口腔医学杂志} (6).