

课题基金项目：九江市科技计划项目，编号：S2022ZDYFN340

nroot SP 糊剂联合单尖法与 AH-plus 热牙胶垂直加压法根管充填治疗牙体牙髓病对比研究

雷凡，胡月华（通讯作者），吴征娣，黄茜茜

九江市第一人民医院门诊口腔科，江西九江，332000

[摘要] 目的：比较 nRoot SP 糊剂配合单尖法与 AH-plus 糊剂联合热牙胶垂直加压法在牙体牙髓病根管治疗中的应用效果。方法：采用随机数字表法将本院口腔科收治 92 例牙体牙髓病患者分为研究组（46 例）和对照组（46 例），病例选取时间为 2023 年 2 月至 2025 年 2 月两组均由同一医师团队完成根管预备与充填，对照组采用 AH-plus 热牙胶垂直加压充填，研究组采用 nRoot SP 糊剂单尖法充填。观察并比较两组临床疗效、术后疼痛程度、根管充填质量、咀嚼功能恢复情况及并发症发生情况。结果：相比于对照组，研究组治疗总有效率更高、充填效果更优（ $P < 0.05$ ）；两组治疗 4 周后疼痛评分较治疗前低，且研究组低于对照组（ $P < 0.05$ ）；两组治疗后 12 个月咀嚼效率与咬合力较治疗前高，且研究组高于对照组（ $P < 0.05$ ）；研究组并发症发生率较对照组低（ $P < 0.05$ ）。结论：nRoot SP 糊剂联合单尖法根管充填在牙体牙髓病治疗中充填效果更好、疼痛更轻、并发症更少、咀嚼功能恢复更佳，操作简便且安全性高，可作为临床优选根管充填方案。

[关键词] 牙体牙髓病；nRoot SP 糊剂；根管充填；单尖法；AH-plus 热牙胶

中图分类号：R781.05

Comparative Study of nRoot SP Sealer Combined with Single-Cone Technique versus AH-Plus with Warm Vertical Compaction for Root Canal Filling in the Treatment of Endodontic Diseases

Lei fan, huyuehua (corresponding author), wuzhengdi, huangxixi

Department of Stomatology, Outpatient Department, Jiujiang No. 1

People's Hospital, Jiujiang, Jiangxi 332000, China

[Abstract] Objective: To compare the clinical efficacy of root canal filling using nRoot SP sealer combined with the single?cone technique versus AH?plus sealer combined with warm vertical compaction in the treatment of endodontic diseases. Methods: A total of 92 patients with endodontic diseases treated in the Department of Stomatology of our hospital from February 2023 to February 2025 were randomly divided into a study group (n=46) and a control group (n=46) using a random number table method. Root canal preparation and filling in both groups were performed by the same team of dentists. The control group received AH?plus sealer with warm vertical compaction, while the study group received nRoot SP sealer with the single?cone technique. Clinical efficacy, postoperative pain severity, quality of root canal filling, recovery of masticatory function, and incidence of complications were observed and compared between the two groups. Results: Compared with the control group, the study group had a higher overall response rate and better filling quality ($P < 0.05$). At 4 weeks after treatment, pain scores in both groups were lower than before treatment, and the study group showed significantly lower scores than the control group ($P < 0.05$). At 12 months after treatment, masticatory efficiency and bite force in both groups were higher than before treatment, with greater improvements in the study group ($P < 0.05$). The incidence of complications in the study group was lower than that in the control group ($P < 0.05$). Conclusion: nRoot SP sealer combined with the single?cone technique for root canal filling in endodontic diseases provides tighter sealing, less postoperative pain, fewer complications, and better recovery of masticatory function. It is simple to perform and has high safety, and thus can be recommended as a preferred root canal filling protocol in clinical practice.

[Key words] Endodontic diseases; nRoot SP sealer; Root canal filling; Single?cone technique; AH?plus warm vertical compaction

牙体牙髓病是口腔科临床高发疾病，病变累及牙体硬组织与牙髓组织，常以牙齿疼痛、牙龈出血、

黏膜溃烂为主要表现，严重者可出现牙体变色、牙体缺损甚至折断，损害患者口腔美观与咀嚼效能[1-2]。根管治疗是目前根治牙体牙髓病的重要手段，而根管充填是决定治疗成败的关键环节，其核心目标在于彻底清除感染、严密封闭根管系统，阻断再感染通路，保留患牙并恢复牙体功能[3]。热牙胶垂直加压充填、AH-plus 环氧树脂封闭剂联合治疗是临床传统主流方案，该封闭剂理化稳定性佳、溶解性低、粘接性能良好；通过加热软化牙胶并辅以垂直加压，可使充填材料贴合复杂根管形态，实现较高的充填致密性[4]。但加热过程易对牙周膜及根尖周组织造成热损伤，温度与时间控制要求高；牙胶冷却后易发生体积收缩，形成微渗漏，且需手工调拌，操作中易混入气泡，且存在一定细胞毒性，可能增加术后不适与炎症反应风险，临床应用存在局限。单尖法根管充填技术操作简洁、技术敏感性低、椅旁时间短，近年在临床广泛推广。nRoot SP 是一类具备优异的生物相容性、流动性、亲水性、抑菌性、骨诱导活性与 X 线阻射性等优点的新型生物陶瓷根管封闭剂，可充分渗入根管侧支、副根管及牙本质小管，实现三维密闭充填，同时能在体内形成羟基磷灰石，促进根尖周组织修复[5]。基于此，本研究纳入 92 例牙体牙髓病患者，通过对比分析 nroot SP 糊剂联合单尖法与 AH-plus 热牙胶垂直加压法的充填治疗效果，以为临床优选高效、安全、简便的根管充填方案提供参考依据。信息如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 采用随机数字表法将本院口腔科收治 92 例牙体牙髓病患者分为研究组和对照组，病例选取时间为 2023 年 2 月至 2025 年 2 月，每组 46 例。样本量计算：采用多个总体率比较的样本量计算公式： $n = \left[\frac{Z\alpha/2 + Z\beta}{\sigma/\delta} \right]^2 \frac{Q(1-Q)}{d^2}$ ，代入公式计算出 $n=84$ 。考虑约 10% 的样本流失率，最终确定总样本量为 92 例，本研究经医院医学伦理委员会审核批准，批号：

JJSDYRMYY-YXLL-2023-017。研究组年龄 20-54 岁，平均 (38.42 ± 3.56) 岁；性别：女 20 例，男 26 例；病种类型：慢性牙髓炎 19 例，急性牙髓炎 14 例，根尖周炎 13 例。对照组年龄 21-56 岁，平均 (39.09 ± 3.55) 岁；性别：女 22 例，男 24 例；病种类型：慢性牙髓炎 18 例，急性牙髓炎 17 例，根尖周炎 11 例。两组一般资料均衡可比 ($P > 0.05$)。

1.2 入选标准 纳入标准：（1）符合牙体牙髓病相关诊断标准[6]；（2）患牙为首次接受根管治疗；（3）影像学检查提示根尖区透射影直径 $< 5\text{mm}$ ，根尖周病变范围局限；（4）根尖孔闭合、根尖形态发育正常，牙根发育完全；（5）签署书面知情同意书。排除标准：（1）存在凝血功能异常或出血倾向者；（2）根管解剖结构异常，无法完成规范根管预备者；（3）患牙存在根折、纵裂、慢性窦道、根面龋等影响充填及疗效评估的病变；（4）伴有传染性疾病；（5）对根管充填材料、消毒药物等过敏体质；（6）存在精神认知障碍者；（7）合并根尖囊肿、牙列缺损、口腔肿瘤及其他影响口腔功能的严重疾病者；（8）哺乳期或妊娠期女性。

1.3 方法 所有患者均由同一组高年资口腔内科医师统一完成根管治疗与充填操作。治疗前常规拍摄根尖 X 线片，全面评估患牙根管形态、长度及根尖周组织破坏情况；采用根管长度测量仪（桂械注准 20152170016，型号：Dpex III，桂林市啄木鸟医疗器械有限公司）精确定工作长度，按照标准化流程完成根管预备。常规开髓、揭全髓室顶后，彻底清除感染牙髓组织，使用根管锉（鲁械注准 20200176，型号：K 型扩孔锉，山东德萨医疗科技有限公司）逐级疏通根管，以 17% 的 EDTA 溶液联合生理盐水交替冲洗，充分清除根管内碎屑、玷污层；干燥根管，用氢氧化钙糊剂（湘械注准 20222172100，长沙恩普诺生物科技有限公司）暂封，且消毒处理根管内部。研究组采用 nRoot SP 生物陶瓷糊剂（国械注准 20243170949，长沙恩普诺生物科技有限公司）配合单尖法完成根管充填。将糊剂缓慢、均匀注入根管至工作长度，插入型号适宜的牙胶尖（国械注准 20193171678，山东达雅鼎医疗器械有限公司）至标定工作长度；在根管口处整齐切断多余牙胶尖，使用垂直加压器轻轻压实，确保糊剂与牙胶尖紧密贴合、封闭严密。对照组采用 AH-plus 环氧树脂封闭剂（国械注准 20153170830，3mL/管，登士柏德特瑞有限责任公司）联合热牙胶垂直加压技术充填。先将封闭剂均匀涂布于根管壁，插入标准牙胶尖至工作长度；使用热牙胶携热器加热并烫断牙胶尖，以垂直加压器分层加压密实，分段加热、回填、压实，直至根管充填完全致密。两组根管充填后立即拍摄术后根尖 X 线片，确认充填长度与密闭性达标。清除髓室多余糊剂，采用 3M 流体树脂垫底，最终以 3M Z350 纳米树脂完成牙体缺损的永久充填。

1.4 观察指标 （1）临床疗效。于术后 6 个月进行疗效评定。显效：咀嚼功能恢复正常，患牙疼痛、不适等临床症状完全消失；有效：咀嚼功能基本恢复，临床症状显著缓解；无效：症状无改善甚至加重，咀嚼功能未恢复。治疗总有效率 = 有效率 + 显效率。（2）充填效果。依据术后根尖 X 线片评估充填质量：欠填为根尖封闭不严密，充填物距根尖孔距离 $> 2\text{mm}$ ；恰填为充填物严密贴合根尖孔，距根尖孔距离 $\leq 2\text{mm}$ ；超填为充填材料超出根尖孔。以恰填率作为评价充填质量的主要指标。（3）对比两组治疗前、治疗后 4 周疼痛程度。采用视觉模拟评分法（Visual Analogue Scale, VAS）评估。使用 10cm 刻度标尺，0 分为无痛，10 分为最剧烈疼痛，由患者根据主观感受标记对应分值，分值越高表示疼痛越严重。（4）对比两组治疗前、治疗后 12 个月咀嚼功能。①咬合力：采用 MCF-8701 型咬合力测定仪（上海交通大学医学院研制）测量；②咀嚼效率：采用筛

分称重法，嘱患者咀嚼标准定量花生（5g，咀嚼 20s），全部吐出并清洁口腔后收集残渣，过筛、烘干、称重，计算咀嚼效率，客观反映患牙功能恢复情况。（5）并发症：对比两组牙齿咬合不适、疼痛、牙龈红肿等发生情况。

1.5 统计学方法 采用 SPSS 27.0 软件分析数据，计数资料用 n（%）表示，采用 χ^2 检验，采用秩和检验两组等级资料；计量资料用（ $\pm s$ ）表示，采用 t 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床疗效 研究组总有效率较对照组更高（ $P < 0.05$ ）。见表 1。

表 1 两组临床疗效对比 n（%）

组别	
显效	
有效	
无效	
总有效	
对照组（n=46）	
21（45.65）	
16（34.78）	
9（19.57）	
37（80.43）	
研究组（n=46）	
27（58.70）	
17（36.96）	
2（4.35）	
44（95.65）	
χ^2	

5.060
P

0.025

2.2 充填效果 研究组充填效果优于对照组（ $P < 0.05$ ）。见表 2 和图 1-2。

表 2 两组充填效果对比 n（%）

组别	
欠填	
超填	
恰填	
对照组（n=46）	
2（4.35）	
4（8.70）	
40（86.96）	
研究组（n=46）	
0	
0	
46（100.00）	
Z	
2.518	
P	
0.012	

图 1: nRoot SP 糊剂单尖法填充术后 6 个月充填效果 图 2: AH-plus 热牙胶垂直加压填充术后 6 个月充填效果

2.3 疼痛程度 与治疗前相比，两组治疗 4 周后疼痛评分均降低，且研究组较对照组低（ $P<0.05$ ）。见表 3。

表 3 两组疼痛程度对比（，分）

组别	治疗前	治疗 4 周后	t	P
对照组（n=46）	6.25±1.22	3.14±0.41	16.389	<0.001
研究组（n=46）	6.20±1.24	1.85±0.32	23.038	<0.001
	0.195	16.822		
P	0.846	<0.001		

2.4 咀嚼功能 两组均无失访情况发生。两组治疗后 12 个月咀嚼效率与咬合力较治疗前高，且研究组高于对照组（ $P<0.05$ ）。见表 4。

表 4 两组咀嚼功能对比（）

组别	咀嚼效率（%）	咬合力（lbs）	治疗前	治疗后 12 个月	t	P
对照组（n=46）	58.20±5.42	76.39±7.15	13.750	<0.001	98.60±10.20	115.87±11.26
研究组（n=46）	57.14±5.51	89.75±7.86	23.041			

<0.001
98.41±10.12
136.52±12.34
16.196
<0.001
t
0.930
8.528

0.090
8.384

P
0.355
<0.001

0.929
<0.001

2.5 并发症 研究组并发症发生率较对照组低（P<0.05）。见表5。
表5 两组并发症对比 n（%）

组别
牙齿咬合不适
疼痛
牙龈红肿
合计
对照组（n=46）
4（8.70）
2（4.35）
2（4.35）
8（17.39）
研究组（n=46）
0（0.00）
0（0.00）
1（2.17）
1（2.17）
χ²

4.434
P

0.035

3 讨论

牙体牙髓病多由细菌感染、机械创伤、物理或化学刺激引发，病变可同时累及牙体硬组织与牙髓组织，常见牙龈出血、根尖脓肿、牙齿疼痛等症状。若未及时有效控制感染，可进一步造成根尖周组

织破坏，直接影响患者的咀嚼与发音功能，对其生活质量造成不良影响[7-8]。根管充填是治疗的常用手段，而封闭剂的选择与充填技术的应用，是决定治疗成败的关键。热牙胶垂直加压法、AH-plus 根管封闭剂联合治疗是目前临床应用最广泛的根管充填方式，通过加热使牙胶软化塑形，可更好地贴合根管壁形态，实现较为严密的根管封闭，尤其在弯曲根管、C 形根管及侧支根管等复杂解剖结构中具有良好的适应性[9]。但加热过程中若温度过高，可能损伤根尖周组织，甚至导致根管内壁微裂纹，同时热牙胶冷却后可能出现收缩，使封闭剂与牙本质壁之间产生微间隙，加上 AH-Plus 需手工调拌，操作中易混入空气形成微气泡，可能会影响充填的密闭性，影响充填效果[10]。此外，AH-plus 具有一定细胞毒性，若充填时超出根尖孔，易诱发局部炎症反应，增加术后疼痛风险[11]。

本研究显示，研究组充填效果优于对照组，治疗总有效率较对照组高（ $P < 0.05$ ）；治疗 4 周后，研究组疼痛 VAS 评分较对照组低（ $P < 0.05$ ），提示 nroot SP 糊剂联合单尖法可有效提高根管充填质量，减轻术后疼痛。nroot SP 封闭剂流动性佳，可充分渗入根管系统的细微结构，提升封闭效果；同时为预混注射型制剂，无需现场调拌，可直接注入根管，简化操作、缩短治疗时间[12]。nroot SP 在固化过程中可生成羟基磷灰石（HAP），能与周围组织形成化学结合，并缓慢释放无害离子参与组织代谢，诱导骨组织再生，加速根尖周病损修复[13-14]。nroot SP 糊剂核心基质为硅酸钙与氧化锆微粒的复合体系，具有良好的亲水性，注入根管后能够迅速与组织液接触并发生水化反应，生成三维网状硅酸钙水凝胶结构，加上该材料具备良好的流动性与可注性，能够沿根管侧支、峡部及根尖分叉等微观解剖结构充分渗透，有助于提高根管三维封闭的均一性与完整性。nroot SP 糊剂在固化过程中能够逐步释放钙离子与硅酸根离子，二者在根管碱性微环境下与磷酸根离子发生仿生矿化反应，原位合成羟基磷灰石晶体并沉积于根管壁与根尖周组织界面，形成化学键合式的骨性封闭层，引导牙周韧带细胞与成骨细胞沿材料表面定向迁移、增殖分化，加速根尖周骨缺损的再生修复进程[13-14]。本研究显示，治疗 12 个月后，研究组咀嚼效率与咬合力提升更明显（ $P < 0.05$ ），提示 nroot SP 糊剂联合单尖法可更好地促进咀嚼功能恢复。单尖法的“一尖一压”模式能够使牙胶尖与根管壁之间保留均匀的薄层糊剂空间，nroot SP 糊剂能够在该间隙内完成水化固化与矿化沉积，既保证了根尖区的致密封闭，又避免了过度充填对根尖周组织的机械刺激，使封闭层与根管壁、牙胶尖三者之间形成“材料-牙胶-牙本质”的紧密嵌合体，为患者咀嚼功能的长期恢复提供了可靠的材料学与操作学双重保障。本研究显示，研究组术后并发症少于对照组（ $P < 0.05$ ），提示 nroot SP 糊剂联合单尖法可有效减少并发症发生。单尖法仅需将一根与主尖锥度匹配的牙胶尖蘸取少量糊剂后轻压置入根管至工作长度，无需热牙胶垂直加压所需的高温加热设备与多步施压操作，可有效避免因温度控制失误导致的牙周膜热损伤、因过大侧向力引发的根管壁微裂纹及因垂直压力过高造成的根尖区组织挤伤等医源性风险，降低术后咬合疼痛、牙龈肿胀及根折等并发症发生风险，提升患者治疗舒适度[15]。nroot SP 糊剂糊剂中缓释的氢氧根离子可持续维持根管内 pH 值在 10.5-12.0 的强碱区间，对残余感染菌群形成长效抑菌屏障，有效预防根尖周再感染情况的发生，同时其微膨胀特性能够在材料凝固阶段产生约 0.2% 的体积增量，对根管壁形成均匀径向压应力，补偿聚合收缩造成的缝隙，利于降低微渗漏风险，且预混注射型设计省去了传统糊剂现场调拌环节，既避免了手工操作引入的气泡与混合不均，又缩短椅旁操作时间，有助于与降低术者疲劳与交叉污染概率，减少并发症发生。

综上所述，nroot SP 糊剂联合单尖法用于牙体牙髓病根管充填，可显著提升充填质量、缓解术后疼痛、改善咀嚼功能、降低并发症发生率，临床优势明确，具备良好的推广应用价值。

参考文献

- [1] 刘健, 陈思宇, 陈乙朴.iRoot SP 单尖法根管充填对牙体牙髓病患者的疗效及对疼痛、炎症反应的影响[J].中南医学科学杂志, 2024, 52(5): 857-860.
- [2] 史东梅.奥硝唑合剂联合 VITAPEX 根管充填治疗儿童牙体牙髓病的疗效及对 hs-CRP、IL-6、IL-1 β 水平的影响[J].贵州医药, 2025, 49(5): 752-754.
- [3] 彭若冰, 黄丽, 刘林花, 等.iRoot SP 单尖充填法与 AH Plus 热牙胶垂直加压充填法应用于一次性根管治疗的临床疗效观察[J].临床口腔医学杂志, 2024, 40(7): 398-401.
- [4] 吕坤, 程艺源, 鲁梦婷, 等.C-Root SP 单尖法和 AH Plus 热牙胶垂直加压法在根管充填中的应用效果比较[J].中国当代医药, 2025, 32(23): 92-95.
- [5] Wang X,Zhang P F,Yang Y Y,et al.Evaluation of apical sealing ability of a calcium silicate-based root canal sealer nRoot SP using different obturation techniques.[J].Int Dent J, 2025, 75(5): 100916.
- [6] 高学军.牙体牙髓病学[M].2 版.北京:北京大学医学出版社, 2013: 203-212.
- [7] 张帆, 陈新钊, 蒙蒙.iRoot SP 配合单尖法根管充填治疗牙体牙髓病的效果及对牙周状态和龈沟液炎症因子水平的影响[J].临床误诊误治, 2023, 36(3): 105-108, 122.
- [8] 王维维, 刘捷, 陈云剑.替硝唑辅助根管充填对牙体牙髓病患者牙周微生态及红白美学的影响[J].中国美容医学, 2023, 32(9): 152-155.

- [9] 丁丽丽, 刘媛. 新型生物陶瓷 iRoot SP 联合单尖充填技术治疗慢性根尖周炎的临床效果[J]. 中国现代医学杂志, 2025, 35(14): 78-84.
- [10] 李燕侠, 赵静, 唐建军. iRoot SP 单尖充填法根管治疗牙周牙髓联合病变的临床疗效研究[J]. 临床口腔医学杂志, 2026, 42(3): 154-157.
- [11] 王昌, 曲宸. iroot SP 与 AH-Plus 在根管治疗中的效果对比[J]. 川北医学院学报, 2025, 40(11): 1456-1459.
- [12] 杨力菲, 禹东升, 杨德琴. 应用单尖法根管充填的 3 种生物陶瓷根管封闭剂封闭性能比较[J]. 中华口腔医学杂志, 2026, 61(1): 56-63.
- [13] 陈巧, 张艳丽, 周芳净, 等. 负压结合单尖法与热牙胶法的根尖封闭效果[J]. 中国当代医药, 2025, 32(23): 88-91, 95.
- [14] 王培儒, 牛一山, 武万超, 等. 生物陶瓷封闭剂 nRoot 和生物陶瓷牙胶尖的根尖封闭性研究[J]. 中国美容医学, 2024, 33(7): 60-64.
- [15] 祝心威, 李炯, 阳宏林, 等. iRoot SP、GuttaFlow2 和 BioRoot RCS 在牙体牙髓病患者单尖法根管充填治疗中的对比分析[J]. 临床口腔医学杂志, 2025, 41(9): 551-555.