

DOI: 10.14188/j.1671-8852.2024.0976

文章编号 1671-8852(2026)05-0636-05

牙髓血运重建术与根尖诱导成形术治疗 年轻恒牙牙髓坏死的临床观察

杨莉¹ 郝丽丽²

¹武汉大学口腔医院武胜路院区 湖北 武汉 430022;

²中山大学附属口腔医院 广东 广州 510055

摘要 目的:研究年轻恒牙牙髓坏死采用牙髓血运重建术和根尖诱导成形术治疗的临床效果。方法:采用观察性研究,纳入2020年7月至2023年7月期间武汉大学口腔医院收治的年轻恒牙牙髓坏死的患儿68例作为研究对象,按治疗方式将其分为牙髓血运重建术组(简称再生组)、根尖诱导成形术组(简称诱导组)两组各34例。观察两组患儿的治疗效果和不良反应,通过根尖片研究治疗前和治疗后1年患牙冠根比、根管壁厚度变化、根尖孔闭合情况。结果:两组治疗总有效率差异无统计学意义($P>0.05$);再生组治疗显效率显著高于诱导组($P<0.05$)。不良反应中牙体变色再生组少于诱导组($P>0.05$),根管钙化再生组多于诱导组($P<0.05$)。治疗前两组冠根比、根管壁厚度无显著差异,治疗后再生组患牙冠根比小于诱导组、根管壁厚度大于诱导组(均 $P<0.05$)。根尖孔闭合情况两组无显著差异。结论:牙髓血运重建术治疗年轻恒牙坏死临床效果显著,可促进牙根增长发育,但可能引起根管钙化,后期需桩冠修复的患牙需谨慎考虑。

关键词 牙髓血运重建术;根尖诱导成形术;年轻恒牙;牙髓坏死

中图分类号 R781.3

文献标识码 A

Clinical observation on the treatment of necrotic immature permanent teeth with pulp revascularization and apexification

YANG Li¹, HAO Lili²

¹Wusheng Road Campus, Hospital of Stomatology, Wuhan University, Wuhan 430022, Hubei, China;

²Hospital of Stomatology, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510055, Guangdong, China

Abstract

Objective: To investigate the clinical efficacy of pulp revascularization and apexification in the treatment of pulp necrosis in young permanent teeth. **Methods:** A total of 68 children with pulp necrosis of young permanent teeth admitted to Hospital of Stomatology of Wuhan University from July 2020 to July 2023 were included in this study. The patients were divided into the pulp revascularization group (referred to as the REP group) and the apexification group, with 34 cases in each group according to their treatment regimen. The therapeutic effects and adverse reactions of the two groups were observed. The crown-root ratio, root canal wall thickness, and root apex closure of the affected teeth before and one year after treatment were evaluated by using X-ray films. **Results:** There was no significant difference in the overall efficacy rate between the two treatment groups ($P>0.05$); the marked effective rate of the REP group was significantly higher than that of the apexification group,

课题来源:广东省基础与应用基础研究基金资助项目(编号:2024A1515013047)。

作者简介:杨莉,女,1989—,医学硕士,主要从事牙髓再生机制研究,E-mail: liyang12@whu.edu.cn。

with a statistically significant difference ($P<0.05$). Regarding adverse reactions, the incidence of tooth discoloration was lower in the REP group than in the apexification group ($P>0.05$), while the incidence of root canal calcification was higher in the REP group than in the apexification group ($P<0.05$). Before treatment, there was no significant difference in the crown-root ratio and root canal wall thickness between the two groups. After treatment, the crown-root ratio of the affected teeth in the REP group was lower than that in the apexification group, and the root canal wall thickness was greater than that in the apexification group ($P<0.05$). There was no significant difference in the closure of the apical foramen between the two groups. **Conclusion:** Pulp revascularization is significantly effective in the treatment of pulp necrosis in young permanent teeth and can promote root growth and development, but it may cause root canal calcification. For teeth that require post-crown restoration in the future, careful consideration is needed.

Key Words Pulp Revascularization; Apexification; Young Permanent Teeth; Pulp Necrosis

年轻恒牙是指虽已萌出口腔,但尚未建殆,组织结构未发育成熟的恒牙^[1]。导致年轻恒牙牙髓坏死的主要原因有:龋病、外伤和牙齿发育异常等^[2-3]。年轻恒牙矿化程度低,髓角高,细菌易侵入髓腔,导致牙髓及根周感染,致使牙根停止发育。如不加以干预,可致感染扩散、牙齿折断甚至缺失,影响美观、咀嚼功能及患儿的身心健康^[4]。由于年轻恒牙根尖孔敞开,使其很难完成常规的根管治疗,故治疗重点除了控制感染外,主要在于促进其牙根继续发育,形成根尖封闭^[5]。

目前治疗年轻恒牙牙髓坏死的主要方式有三种:根尖诱导成形术、根尖屏障术及牙髓血运重建术^[6]。根尖诱导成形术的技术敏感性低,是相对经典的治疗方式,但由于治疗周期长,常存在患者不能定期复诊从而导致病例缺失甚至治疗失败的情况,且存在术后牙根发育不理想等风险^[7-8]。牙髓血运重建术由 IWAYA 等^[9]首先报道应用,其复诊次

数少,且能有效促进牙根继续发育^[10]。

为进一步分析年轻恒牙牙髓坏死分别采用牙髓血运重建术和根尖诱导成形术的治疗效果,本文对武汉大学口腔医院 68 例年轻恒牙坏死患儿进行研究,分析两种治疗方式的临床效果和影像学变化,旨在为临床决策年轻恒牙牙髓坏死的治疗方案提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2020 年 7 月至 2023 年 7 月期间我院收治的 34 例年轻恒牙牙髓坏死采用牙髓血运重建术治疗的患儿(再生组),同时选取同时段我院收治符合纳入标准的 34 例年轻恒牙牙髓坏死采用根尖诱导成形术治疗的患儿作为对照(诱导组)。两组患儿一般资料(性别、年龄、患牙分布、根尖孔直径、牙齿发育分期、牙髓坏死病因)对比差异无统计学意义($P>0.05$)。如表 1 所示。

表 1 两组患儿一般资料对比 ($\bar{x}\pm s$;例)

组别	性别/例		年龄/岁	根尖孔直径/mm	患牙分布/例		牙齿发育分期/例			病因/例		
	男	女			前牙	前磨牙	N7	N8	N9	龋齿	牙齿外伤	畸形中央尖
诱导组($n=34$)	20	14	12.6 $\pm$ 1.4	1.31 $\pm$ 0.18	19	15	2	20	12	10	11	13
再生组($n=34$)	22	12	12.8 $\pm$ 1.3	1.33 $\pm$ 0.19	18	16	5	19	10	7	13	14
χ^2/t	0.249		0.610	0.446	0.059		1.493			0.733		
P	>0.05		>0.05	>0.05	>0.05		>0.05			>0.05		

纳入标准:(1)经检查符合恒牙牙髓坏死的患儿;(2)年龄在 18 岁以下的儿童;(3)家属签署知情同意书的患儿。排除标准:(1)根尖孔直径不足 1 mm 的患儿;(2)牙根折断的患儿;(3)合并精神疾病无法配合的患儿;(4)合并其他口腔颌面部疾病的患儿;(5)同时参与其他研究的患儿。

1.2 方法

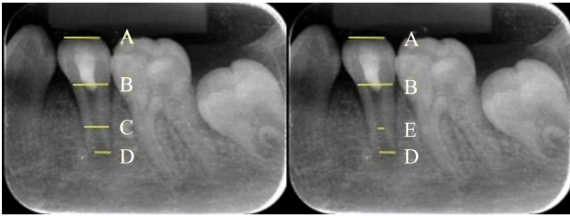
1.2.1 主要器械与材料 口腔显微镜(中国速迈 OMS2350),牙根管充填仪(德国 VDW BeeFill 2in1),超声根管治疗仪(法国赛特力 P5 XS),iRoot BP PLUS(加拿大 Innovative Bioceramix),齿科用根管充填材料 vitapex(日本森田)。

1.2.2 治疗方法 告知患者及监护人治疗方案及预后,签署知情同意书。研究通过伦理审查(No. SYSU-IACUC-2023-001431)。重建组:患牙橡皮障下开髓,去除坏死牙髓,1.5%~3%次氯酸钠和P5超声根管荡洗仪交替荡洗,干燥后氢氧化钙糊剂暂封1~2周。1~2周后患儿如症状仍持续或窦道未愈合则重复换药步骤直至症状明显缓解,2%利多卡因局部麻醉,橡皮障下次氯酸钠超声冲洗、干燥根管,大号H锉或K锉刺破根尖使血液渗出至近釉牙骨质界处凝固后,覆盖iRoot BP Plus,玻璃离子垫底,树脂充填。诱导组:橡皮障下开髓,镍钛器械根管预备,1.5%~3%次氯酸钠+P5超声交替冲洗,干燥后根管内封氢氧化钙糊剂,氧化锌暂封。1~2周后,冲洗、干燥根管,根管内输入 vitapex,玻璃离子暂封。3月、6月、12月后复查,如发现 vitapex 吸收需重新封药,待根尖孔闭合或形成根尖屏障后热牙胶根管充填,树脂充填冠方。

1.2.3 影像学检查 采用X线平行投照法,观察两组患儿治疗后的根尖周情况、牙根生长情况、根尖孔闭合情况、是否出现根管钙化等情况。

1.3 观察指标 (1)观察两组患儿的治疗效果。显效:疼痛、肿胀、松动等症状完全消失,窦道愈合。X线检查显示根尖低密度影消失,牙周膜连续,牙根继续发育,牙根长度增加,根管壁增厚,根尖孔闭合或缩小^[11]。有效:肿痛等临床症状消失,窦道愈合。根尖片显示根尖周低密度影消失或减小,根尖孔缩小或形成钙化屏障。无效:治疗后临床症状无缓解或加重。X线片示根尖暗影无变化或增大,牙根未继续发育^[11]。(2)观察两组患儿患牙初诊和治疗后12个月左右的影像学指标。包括治疗前后两组牙齿的冠根比、根管壁厚度、根尖孔直径等,长度由X线片自带读片软件测量。根尖孔直径=D线长度,冠根比=AB线距离/BD线距离。根管壁厚度=

(C-E)/2^[12],如图1所示。(3)观察两组患儿的不良反应,包括变色、根管钙化等。



A.牙冠高点连线;B.釉牙骨质界;C.牙根近根尖1/3处牙根外壁距离;D.根尖孔直径;E.牙根近根尖1/3处牙根内壁距离。

图1 影像学指标测量示意图

1.4 统计学处理 采用SPSS 18.0统计软件处理数据,计量资料用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用 t 检验;计数资料用例数及百分比表示,采用 χ^2 检验,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患儿治疗效果对比 再生组患儿显效率高 于诱导组(52.94% vs 29.41%, $P<0.05$),见表2。

表2 两组患儿治疗效果对比($n=34$)

组别	显效/例	有效/例	无效/例	总有效率/%	显效率/%
诱导组	10	22	2	94.12	29.41
再生组	18	15	1	97.06	52.94
χ^2				0.349	3.886
P				>0.05	<0.05

2.2 两组患儿影像学指标对比 治疗前两组患儿患牙牙冠根比和患牙根管壁厚度对比差异无统计 学意义($P>0.05$);治疗后再生组患儿患牙牙冠根 比小于诱导组,患牙根管壁厚度大于诱导组(均 $P< 0.05$),根尖孔闭合情况差异无统计学意义($P >0.05$),见表3。

2.3 两组患儿不良反应对比 两组患儿不良反 应 包 括 变 色 和 根 管 钙 化, 见 表 4。

($\bar{x}\pm s$;例)

表3 两组患儿影像学指标对比

组别	患牙牙冠根比		患牙根管壁厚度/mm		根尖孔缩 小/例	根尖孔闭 合/例	根尖孔无变 化/例
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后			
诱导组	0.62±0.14	0.59±0.09	1.94±0.32	2.09±0.34	17	10	5
再生组	0.63±0.16	0.55±0.06	1.96±0.33	2.28±0.38	14	18	2
χ^2/t	0.274	2.156	0.254	2.173	2.776		
P	>0.05	<0.05	>0.05	<0.05	>0.05		

3 讨论

年轻恒牙牙髓坏死的治疗对象是青少年群体, 由于其牙根发育不足、根尖孔尚未闭合,如进行常

规根管治疗难以形成根尖止点,且牙根过短、过薄 还可能增加牙齿松动、牙根折裂的风险,故对于其 治疗方式的选择成为临床口腔治疗的难点^[13]。

本研究结果显示,再生组治疗总有效率与诱导

表 4 两组患儿不良反应对比 [例(%)]

组别	变色	根管钙化
诱导组(<i>n</i> =34)	2(5.88)	0(0)
再生组(<i>n</i> =34)	0(0)	6(17.65)
χ^2	2.061	6.581
<i>P</i>	>0.05	<0.05

组无显著差异,但显效率明显高于诱导组。表明两种治疗方式均能缓解临床症状,有效控制根管内及根周感染,也能形成根尖屏障,但再生组在促进牙根发育上表现更佳,从而增加了牙齿抵抗折断和松动风险的能力。

对比两组患儿的影像学指标发现,再生组的冠根比减小大于诱导组,根管壁厚度增加大于诱导组。牙根继续生长发育的三个重要条件为:干细胞、生长因子和支架材料^[14-15]。对于牙髓坏死的年轻恒牙,干细胞主要来源于根尖部分残留活髓和根尖牙乳头。根尖诱导成形术即是利用了根尖部分的干细胞来促进根尖孔的闭合,但由于牙根中上段残留干细胞极少,且缺乏支架和生长因子,故诱导组在牙根长度、根管壁厚度的增长方面是有限的。牙髓血运重建术是直接刺破根尖周组织造成出血,引导根尖处干细胞向牙根中上段迁移,同时根尖处血液充盈根管并凝固后,也为牙根生长提供了支架材料和生长因子,故再生组不仅能促进根尖孔闭合,还能显著促进牙根整体继续生长。

美国牙髓病学会(AAE)^[16]推荐在牙髓血运重建术中使用 CBCT 进行术前评估和术后随访。CBCT 可以更准确地测量和计算治疗前后牙齿相关指标的变化,但相较于根尖片,患者家属对 CBCT 的费用和辐射剂量有更多担忧,故本研究主要采用 X 线片观察患牙的影像学变化。X 线根尖片的拍摄主要有分角线投照技术和平行投照技术两种方法^[17]。分角线投照技术的拍摄方法简单,但受拍摄者的主观影响较大,测量误差大。本研究多数病例采用的 X 线平行投照法则借助 X 光射片架,使 X 光垂直于胶片和牙齿长轴投照,较少受拍摄者的经验影响,重复性高,测量结果相对更准确。但有少数患儿因难以忍受 X 光射片架带来的不适感而最终采用分角线投射法拍摄,这是本研究的缺陷之一。

牙髓血运重建术主要的不良反应为变色、疼痛反应和根管钙化^[14]。由于根尖诱导组多数未记录治疗过程中是否出现疼痛反应,故本文仅探讨变色和根管钙化两种不良反应。牙髓治疗后牙齿变色主要由两方面引起:一是细菌将残留牙髓中血红蛋

白释放的铁转换为硫化铁所致;二是牙髓治疗中所用封药、填充等材料所致的变色^[18]。本研究中诱导组出现 2 例牙冠变色情况,可能与根管封药时,钙制剂 vitapex 过多,超出釉牙骨质界有关。对于变色的患牙,后期可以采用内漂白或冠修复等方法恢复美观。在牙髓血运重建术中,可能导致牙冠变色的主要药物为封药过程中可能使用的三联抗生素中的米诺环素,以及充填时覆盖于血凝块上方的 MTA。为了降低牙齿变色的发生率,重建组中,我们采用了氢氧化钙糊剂代替三联抗生素封药,用不易变色的 iRoot BP 替代 MTA,术后观察 1 年均未发生变色现象,但远期是否会因为牙齿失去营养供给而变色仍需进一步研究。

本研究还观察了治疗中出现根管钙化的情况。诱导组未出现根管钙化,而重建组出现了 6 例根管内钙化情况。血运重建术后出现根管钙化的原因目前尚未明确。研究^[19]表明血运重建术后根管内新物质并非牙髓牙本质的再生,而更多是牙骨质样和骨质样结构的沉积,而覆盖于血凝块冠方的生物活性材料 iRoot BP 也有促进成骨和磷灰石晶体形成的能力^[20-21]。这些硬组织的过度沉积可能是根管出现钙化的原因。根管钙化的主要弊端有:①当牙齿再次发生根尖周感染时,增加了根管治疗的难度;②对于需要桩核冠修复的患牙,难以预留足够的桩道空间。故为了避免出现以上情况,对于牙冠大面积缺损或龋易感人群的 N7 期患牙,可先行牙髓血运重建术,定期复查,待牙根发育达到理想程度后,再去除根管口及冠方封闭材料,及时行根管热牙胶充填,并行冠方充填或冠修复。而对于根管长度及根管壁厚度足够,仅根尖孔未闭合的患牙,则优先考虑行根尖诱导成形术或根尖封闭术。

综上所述,牙髓血运重建术治疗年轻恒牙牙髓坏死效果显著,能促进牙根的生长发育,恢复牙齿功能的正常,值得临床应用及推广,但对于 N9 期且需桩核冠修复的患牙,根尖诱导成形术是更合适的治疗方式。



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

参考文献

- [1] 秦满,夏斌. 儿童口腔医学[M]. 3版. 北京:北京大学医学出版社, 2020: 43-44.
QIN M, XIA B. Pediatric Dentistry[M]. 3rd ed. Bei-

- jing: Peking University Medical Press, 2020: 43-44.
- [2] PANDA P, MISHRA L, GOVIND S, et al. Clinical outcome and comparison of regenerative and apexification intervention in young immature necrotic teeth - A systematic review and meta-analysis[J]. J Clin Med, 2022, 11(13): 3909.
- [3] ZHANG J J, CHEN W C, XI X N, et al. Efficacy of calcium hydroxide and chlorhexidine in pulp revascularization after trauma in young permanent teeth[J]. Pak J Pharm Sci, 2020, 33(1(Special)): 441-444.
- [4] LI X L, FAN W, FAN B. Dental pulp regeneration strategies: A review of status quo and recent advances[J]. Bioact Mater, 2024, 38: 258-275.
- [5] TANG X Y, XU J, SONG G T, et al. Deciduous pulp tissue implantation into the root canal of mandibular incisor resulted in pulp revascularization: A case report with a 5-year follow-up[J]. J Clin Pediatr Dent, 2024, 48(3): 171-176.
- [6] 李梅, 文宁宁, 赵媛. 年轻恒牙牙髓坏死后治疗方案的选择[J]. 国际口腔医学杂志, 2020, 47(4): 445-451.
- LI M, WEN N N, ZHAO Y. Treatment options for young permanent teeth with pulp necrosis[J]. Int J Stomatol, 2020, 47(4): 445-451.
- [7] STAFFOLI S, PLOTINO G, NUNEZ TORRIJOS B G, et al. Regenerative endodontic procedures using contemporary endodontic materials[J]. Materials, 2019, 12(6): 908.
- [8] LIN J C, ZENG Q, WEI X, et al. Regenerative endodontics versus apexification in immature permanent teeth with apical periodontitis: A prospective randomized controlled study[J]. J Endod, 2017, 43(11): 1821-1827.
- [9] IWAYA S I, IKAWA M, KUBOTA M. Revascularization of an immature permanent tooth with apical periodontitis and sinus tract[J]. Dent Traumatol, 2001, 17(4): 185-187.
- [10] MURRAY P E. Review of guidance for the selection of regenerative endodontics, apexogenesis, apexification, pulpotomy, and other endodontic treatments for immature permanent teeth[J]. Int Endod J, 2023, 56(S2): 188-199.
- [11] 李佳洋, 周梦琪, 韦晓玲. 牙髓血运重建术治疗年轻恒牙牙髓坏死伴根尖周病变临床疗效及锥形束 CT 影像定量评价[J]. 中国实用口腔科杂志, 2021, 14(5): 569-574.
- LI J Y, ZHOU M Q, WEI X L. Clinical effect and cone-beam CT quantitative assessment of pulp revascularization in the treatment of immature permanent teeth with pulp necrosis and periapical lesions[J]. Chin J Pract Stomatol, 2021, 14(5): 569-574.
- [12] 谢妮娜, 魏路明, 袁长永, 等. 浓缩生长因子和血凝块作为支架在牙髓再生术中的疗效比较研究[J]. 口腔医学, 2024, 44(9): 678-684.
- XIE N N, WEI L M, YUAN C Y, et al. A comparative evaluation of concentrated growth factor and blood clot as scaffolds in regenerative endodontic procedures[J]. Stomatology, 2024, 44(9): 678-684.
- [13] LU H, LU J X, GUO J, et al. Radiographic outcomes and prognostic factors in nonvital immature permanent teeth after apexification with modified calcium hydroxide paste: A retrospective study[J]. Clin Oral Investig, 2022, 26(7): 5079-5088.
- [14] WEI X, YANG M B, YUE L, et al. Expert consensus on regenerative endodontic procedures[J]. Int J Oral Sci, 2022, 14(1): 55.
- [15] EL ASHIRY E A, FARSI N M, ABUZEID S T, et al. Dental pulp revascularization of necrotic permanent teeth with immature apices[J]. J Clin Pediatr Dent, 2016, 40(5): 361-366.
- [16] AAE. AAE clinical considerations for a regenerative procedure revised[EB/OL]. (2021-05-18) [2025-01-17]. <https://www.aae.org/specialty/wp-content/uploads/sites/2/2021/08/ClinicalConsiderationsApprovedBy-REC062921.pdf>.
- [17] 赵蕾, 游梦, 王凯利. 数字化分角线投照根尖片质量影像因素分析[J]. 影像技术, 2023, 35(2): 13-17.
- ZHAO L, YOU M, WANG K L. Factors related to image quality of digital periapical film using bisecting-angle technique[J]. Image Technol, 2023, 35(2): 13-17.
- [18] 王艺桥, 汪敏, 刘文佳, 等. 根管治疗材料及药物引起牙齿变色的研究进展[J]. 牙体牙髓牙周病学杂志, 2017, 27(5): 295-300.
- WANG Y Q, WANG M, LIU W J, et al. A review of tooth discoloration induced by root canal therapy materials and medicaments[J]. Chin J Conserv Dent, 2017, 27(5): 295-300.
- [19] SHEIKHNEZAMI M, AZARPAZHOOH A, MOKHBER A, et al. The outcome of endodontic regeneration in a delayed replanted immature permanent incisor: A TurboReg analysis of a case[J]. J Clin Pediatr Dent, 2022, 46(3): 183-187.
- [20] LI J H, CHENG J, YANG F J, et al. Treatment outcomes of immature permanent necrotic evaginated teeth: A retrospective study comparing regenerative endodontic procedures with apexification[J]. Int J Paediatr Dent, 2023, 33(6): 595-606.
- [21] LU J M, LI Z H, 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.

(2024-12-16 收稿)

编辑 沈建国