

iRoot BP Plus 应用于成熟恒牙不可复性牙髓炎冠髓切断术的短期疗效评价

邓思成^{1,2} 胡小毅¹ 蓝岷^{1,2} 董小华^{1,2} 欧阳珊^{1,2} 章子芸¹ 黄天凤¹ 邱荣敏^{1,2}

¹广西医科大学口腔医学院/附属口腔医院综合一门诊, 南宁 530021; ²广西口腔颌面修复与重建研究重点实验室, 广西颅颌面畸形临床医学研究中心, 广西口腔感染性疾病防治重点实验室, 南宁 530021

通信作者: 邱荣敏, Email: 9056732@qq.com

【摘要】 目的 评价生物陶瓷材料 iRoot BP Plus 应用于成熟恒牙不可复性牙髓炎冠髓切断术(FP)的治疗效果。方法 收集2020年6月至2021年10月期间于广西医科大学附属口腔医院综合一门诊就诊, 被诊断为“不可复性牙髓炎”, 且在局部麻醉下使用 iRoot BP Plus 为盖髓剂进行 FP 的病例进行回顾性研究。随访资料收集至术后2年, 通过对患者基本情况、术前病因、临床及影像学检查结果、诊断、术中治疗细节和术后临床体征, 以及术后6、12、24个月影像学检查结果等资料数据进行汇总, 统计各变量的例数及占比, 评价其临床和影像学疗效。结果 共收集25例患者(28颗患牙), 其中男8例(32%)、女17例(68%), 平均年龄(35.5 ± 15.5)岁。术后3~24个月临床检查显示, 患者原有症状消失且均无新发临床症状; 术前7例根尖周阴影患者及2例牙周膜异常增宽患者在术后随访至12个月时均实现根尖阴影消失和牙周膜间隙恢复正常, 其余16例术前根尖周影像正常患者均无新发根尖周异常。末次随访时, 26颗患牙髓断面处见钙化桥形成, 2颗患牙髓断面处未见明显钙化组织。结论 iRoot BP Plus 作为盖髓剂应用于成熟恒牙不可复性牙髓炎FP可取得良好的治疗效果。

【关键词】 iRoot BP Plus; 不可复性牙髓炎; 成熟恒牙; 冠髓切断术

引用著录格式: 邓思成, 胡小毅, 蓝岷, 等. iRoot BP Plus 应用于成熟恒牙不可复性牙髓炎冠髓切断术的短期疗效评价[J/OL]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2024, 18(6):362-367.

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2024.06.003

Short-term effect of iRoot BP Plus on full pulpotomy in mature permanent teeth with irreversible pulpitis

Deng Sicheng^{1,2}, Hu Xiaoyi¹, Lan Jue^{1,2}, Dong Xiaohua^{1,2}, Ouyang Shan^{1,2}, Qin Ziyun¹, Huang Tianfeng¹, Qiu Rongmin^{1,2}

¹College of Stomatology, Department of General Dental Clinic I of Hospital of Stomatology, Guangxi Medical University, Nanning 530021, China; ²Guangxi Key Laboratory of Oral and Maxillofacial Rehabilitation and Reconstruction, Guangxi Clinical Research Center for Craniofacial Deformity, Guangxi Health Commission Key Laboratory of Prevention and Treatment for Oral Infectious Diseases, Nanning 530021, China

Corresponding author: Qiu Rongmin, Email: 9056732@qq.com

【Abstract】 **Objective** To evaluate the effectiveness of the bioceramic material - iRoot BP Plus on full pulpotomy in mature permanent teeth with irreversible pulpitis. **Methods** A retrospective study was conducted on the cases diagnosed with "irreversible pulpitis" underwent full pulpotomy with iRoot BP Plus as pulp capping agent under local anesthesia in the general dental clinic I department, Hospital of Stomatology, Guangxi Medical University, from June 2020 to October 2021. The follow-up data were collected up to two years after operation. The patients' basic conditions, etiology, clinical and X-ray signs, diagnosis before the operation, intraoperative treatment details, and postoperative clinical signs at 3, 6, 12 and 24 months, and the radiographic data at 6, 12 and 24 months were summarized. The number and proportion of each variable were counted to evaluate its clinical and radiographic efficacy. **Results** A total of 25 patients and 28 teeth were collected, including 8 males (32%) and 17 females (68%) with the

average age of (35.5 ± 15.5) years old. At the follow-up 3 to 24 months, the clinical examination showed that the original symptoms disappeared and there were no new clinical symptoms in all cases. The imaging examination at the follow-up 6 to 24 months showed that all 7 cases with periapical radiolucency and 2 cases with abnormal widening of periodontal ligament before operation turned to normal radiographic manifestations in follow-up 12 months. No new periapical radiolucency was found in 16 patients with normal periapical images before operation during the follow-up. In the last follow-up, 26 teeth showed hard tissue bridge formation under the capping material, and no obvious hard tissue bridge formation was found in 2 teeth. **Conclusion** iRoot BP Plus as a kind of pulp capping material applied in full pulpotomy of mature permanent teeth with irreversible pulpitis could achieve good therapeutic effectiveness.

【Key words】 iRoot BP Plus; Irreversible pulpitis; Mature permanent teeth; Full pulpotomy

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2024.06.003

传统观点认为,不可复性牙髓炎是指牙髓炎症状态无法愈合,需摘除牙髓后行根管治疗术彻底消除感染^[1]。根管治疗后牙齿失去牙髓的持续营养,牙体组织脆性增加,且根管预备后管壁牙本质厚度减小、抗力减弱,易发生根折^[2]。根管治疗后的牙齿发生根折的概率为4%~32%^[3]。为解决这一难题,研究者们尝试将活髓保存术应用于不可复性牙髓炎的治疗并获得良好的治疗效果^[4],冠髓切断术(full pulpotomy, FP)作为活髓保存术的一种,其成功的主要原理是基于牙髓的免疫防御和修复功能生物学基础,即牙髓固有免疫在防御细菌入侵和启动后续修复的反应中均发挥了重要作用。然而,FP应用于不可复性牙髓炎的成功案例多局限于年轻恒牙,旨在去除牙髓炎症并促进牙根的继续发育^[5]。iRoot BP Plus是一种预混型膏状生物陶瓷材料,因其椅旁操作时间短、细胞毒性小、促牙本质形成能力优和不会导致牙冠变色等优点^[6],已成为临床上常用的盖髓材料,应用于乳磨牙^[7]及年轻恒牙^[8]不可复性牙髓炎FP,其疗效及预后较佳,但iRoot BP Plus应用于成熟恒牙不可复性牙髓炎FP的应用报道较少,尚且需要开展更多的临床试验以获得相关证据支持。本研究拟通过病例回顾性研究,分析iRoot BP Plus应用于成熟恒牙龋源性不可复性牙髓炎FP后的临床疗效,为其更好地应用于临床提供参考。

资料与方法

一、一般资料

本研究为基于电子病历系统的回顾性研究,选取2020年6月至2021年10月期间于广西医科大学附属口腔医院综合一门诊就诊,术前根据临床检查被诊断为“不可复性牙髓炎”的患者,所有患者术前均签署治疗知情同意书。

1. 纳入标准:(1)身体健康,无系统性疾病;(2)根尖孔发育完成且闭合的成熟恒牙;(3)龋源性不可复性牙髓炎;(4)患牙无隐裂或楔缺,缺损未至龈下,规范进行FP并行冠部永久充填;(5)病史和随访记录完整,规律随访2年(随访窗口期为 ± 2 个月);(6)术前影像学检查无牙根吸收和根管钙化等病理改变。

2. 排除标准^[9]:(1)化脓性牙髓炎或炎症弥漫整个牙髓,牙髓坏死;(2)牙龈红肿形成瘻管;(3)牙体组织严重缺损;(4)中重度牙周病,牙槽骨吸收。

本研究经广西医科大学附属口腔医院医学伦理委员会批准(伦理审批号:审2023119号)。

二、手术过程

术前2%氯己定消毒患牙,局部麻醉后使用橡皮障隔离患牙。牙科显微镜下(OMS 2350,苏州速迈医学科技股份有限公司)去净腐质,2.5%次氯酸钠溶液冲洗窝洞,更换经消毒灭菌的牙髓切断术手术包,高速裂钻开髓,完整揭去髓室顶。低速球钻于髓室底水平切断冠髓,充分暴露根管口。2.5%次氯酸钠溶液慢速、轻力反复冲洗髓室及牙髓创面,将浸泡次氯酸钠溶液的无菌棉球拭干后置于根管口,适度加压,以控制出血。观察出血情况,若出血鲜红且5~10 min内可止,则行下一步操作;若出血暗红且不可止,则根据实际情况继续向深部切除牙髓并重复止血过程或改行根管治疗术^[10]。出血控制后,将iRoot BP Plus (IRBPP 4610 U5, Innovative BioCeramix Inc, 加拿大)置于牙髓创面上,玻璃离子水门汀(Glass-Ionomer FX II, Shofu Inc, Kyoto, 日本)垫底,冠部采用玻璃离子水门汀或纳米树脂(Beautifil II A2, Shofu Inc, Kyoto, 日本)行永久充填(图1)。嘱患者1~2周内勿进食过热、过冷食物,并尽量避免使用患侧咀嚼,术后勿用患牙咬硬物,若患牙出现不适及时就诊,术后3、6和12个月复诊,12个月后每年复诊1次。

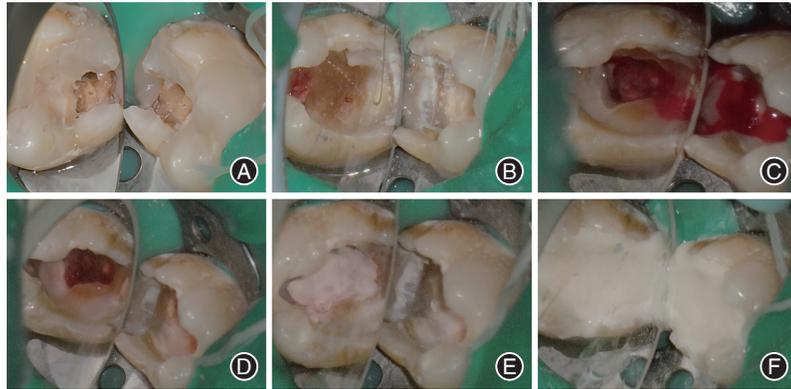


图1 成熟恒牙不可复性牙髓炎全冠髓切断术(FP)手术过程图像资料 A:去净腐质;B:开髓;C:揭髓顶;D:切去冠髓,止血;E:iRoot BP Plus覆盖牙髓创面;F:垫底后冠部永久充填。

三、治疗效果评价

所有病例随访资料均采集至术后24个月,通过对比术前与术后3、6、12、24个月的临床检查结果及6、12、24个月影像学检查资料,对治疗效果进行评价。临床检查患牙无疼痛,牙龈等软组织无肿胀和窦道,充填体完整,叩诊及松动度正常;影像学检查显示根尖区无新发低密度影,原有根尖区低密度影范围减小或消失,无牙根内/外吸收,以及牙髓切断部位有钙化桥形成被定义为成功。

以下情况出现任意一项则被定义为失败:原有临床症状加重或出现新发症状如自发痛、咬合痛、根尖区红肿、牙龈红肿、窦道及牙齿变色,冠部充填物脱落或继发龋,影像学检查显示原有根尖区低密度影增大或新发根尖低密度影、牙根内/外吸收及根管内异常钙化^[10]。

本研究所有病例皆为同一名医师操作,以避免不同术者间操作差异而产生的偏倚。术前及术后的X线片阅读由术者及一名主治医师职称以上且通过标准一致性检验($\kappa > 0.85$)的口腔科医师分别独立进行,判读医师对患牙的治疗情况不可见,当评定结果不一致时,将重新评估,直至双方达成一致。

四、统计学处理方法

为保护患者隐私及避免统计偏倚,资料收集后隐藏患者个人信息并对之进行编码,整理符合纳入标准的患者资料,相关的X线片扫描后以JPG图片格式保存,采用Image J 1软件(National Institutes of Health, 美国)对其进行一致性修正。应用SPSS 25.0统计学软件对患者基本情况、术前病因、临床及影像学检查结果、诊断、术中治疗细节和术后复查结果等资料进行汇总,统计各变量的例数及占比,对

于定量资料,若符合正态分布采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,不符合正态分布则采用中位数及四分位数表示。

结 果

一、患者基本情况

本研究共采集25例患者,其中男8例、女17例,年龄12~71岁,平均年龄(35.5 ± 15.5)岁,其中10~17岁5例、18~44岁12例、45~59岁6例、60~74岁2例。3例患者存在1颗牙以上病变,故共纳入28颗患牙,患牙类型包括4颗上颌前牙、7颗上颌前磨牙、4颗上颌磨牙、2颗下颌前磨牙和11颗下颌磨牙。

术前25例患者均有长期冷热刺激痛史或自发痛史,冷诊法测试结果发现,与正常对照牙相比,患牙表现为敏感或迟钝,其中4例患者出现叩诊不适、18例深龋、6例可探及穿髓孔和7例牙面见不良充填体,修复材料与牙体组织不密合导致继发龋。术前影像学检查结果显示,17例患者龋坏低密度影近髓、6例龋坏低密度影达髓腔和2例龋坏低密度影达牙本质深层;7例患者根尖区见圆形或类圆形低密度透射影,周围未见阻射白线,2例见牙周膜间隙异常增宽,以上9例均无牙槽骨破坏吸收,其余16例患者根尖区及牙周组织未见异常。结合临床检查及影像学检查后,25例患者均被诊断为“不可复性牙髓炎”。

术中见24例患者点状露髓,1例小范围露髓(露髓孔 > 0.5 mm),露髓孔处见牙髓出血呈暗红色,切去冠髓至根管口水平后见出血转为鲜红色,5~10 min内牙髓创面可止血,所有患牙均以iRoot BP Plus为盖髓剂覆盖于牙髓创面,玻璃离子垫底后行冠部永久充填,18例采用复合树脂为充填材料,其余7例采用玻璃离子(表1)。

表1 25例不可复性牙髓炎患者基本信息及治疗情况

项目	例数	百分比(%)
性别		
男性	8	32.0
女性	17	68.0
年龄(岁)		
10~17	5	20.0
18~44	12	48.0
45~59	6	24.0
60~74	2	8.0
牙齿类型		
上颌前牙	4	14.3
上颌前磨牙	7	25.0
上颌磨牙	4	14.3
下颌前磨牙	2	7.1
下颌磨牙	11	39.3
术前临床症状及检查		
温度刺激痛(或)延迟痛		
有	25	100.0
无	0	0
叩痛(或)叩诊不适		
有	4	16.0
无	21	84.0
深龋		
有	18	72.0
无	7	28.0
不良充填体/继发龋		
有	7	28.0
无	18	72.0
术前影像学检查		
龋坏低密度影达牙本质深层	6	24.0
龋坏低密度影近髓	17	68.0
龋坏低密度影达髓腔	2	8.0
根尖低密度影	7	28.0
牙周膜间隙异常增宽	2	8.0
根尖区正常影像	16	64.0
术前诊断		
不可复性牙髓炎	25	100.0
露髓孔大小		
点状露髓	24	96.0
小范围露髓(>0.5 mm)	1	4.0
盖髓剂种类		
iRoot BP Plus	25	100.0
垫底材料		
玻璃离子	25	100.0
冠部充填材料		
复合树脂	18	72.0
玻璃离子	7	28.0

二、术后随访疗效评价

随访期间发现,术后3~24个月临床检查显示25例患者原有症状均消失且均无新发临床症状,牙

龈等软组织无肿胀及窦道,叩诊及松动度检查正常,冠部充填物完整无脱落,与牙体组织密合,无继发龋及牙齿变色;术后6~24个月影像学检查显示,术前7例根尖周阴影患者及2例牙周膜异常增宽患者在随访至12个月时均实现根尖阴影消失和牙周膜间隙恢复正常,其余术前16例根尖周影像正常患者均无新发根尖周异常,所有患者随访期间X线检查均未见牙根内外吸收、根管内异常钙化和原有根尖周病变加重或新发根尖周病变,末次随访时,26颗患牙牙髓切断处见钙化桥形成,2颗患牙牙髓断面处未见明显钙化组织。

典型病例 患者,男,15岁,主诉“左下后牙反复冷热刺激痛半年”,曾有自发痛、夜间痛病史,无放射痛。既往史、家族史无特殊。临床检查:36远中邻面及咬合面深龋,探及腐质及露髓孔,色黑,质软,龋坏边缘位于龈上3 mm,龋洞内探痛明显,叩诊轻微不适,牙龈颜色和质地正常,无瘘管,冷测较对照牙迟钝。术前根尖X线片:36远中邻面及咬合面龋坏低密度影达远中髓角,根尖孔闭合,根尖部见低密度影,牙槽骨未见吸收。诊断:不可复性牙髓炎。治疗计划:去净腐质后揭净髓室顶,显微镜下观察,根据牙髓颜色、质地及止血时间采取FP或根管治疗术。术中见龋坏穿髓孔处牙髓出血呈暗红色,去净腐质后更换无菌活髓保存术手术包,高速裂钻开髓,完整揭去髓室顶。显微镜下见冠髓呈暗红或灰色,低速球钻于髓室底水平切断冠髓,充分暴露根管口,此时显微镜下见牙髓创面呈均一鲜红色,出血由暗红变为鲜红色。2.5%次氯酸钠溶液慢速、轻力反复冲洗髓室及牙髓创面,将浸泡次氯酸钠溶液的无菌棉球拭干后置于根管口,适度加压,以控制出血。出血5 min内可止,随后将iRoot BP Plus覆盖牙髓创面,玻璃离子垫底,复合树脂冠部永久充填。随访:术后3个月患牙原有症状消失,此后随访期间均无新发症状,临床检查均未出现叩痛或叩诊不适、牙龈红肿、窦道、冠部充填物脱落、继发龋和牙冠变色;影像学检查:术后6个月远中牙根根尖阴影消退,术后12个月见近远中牙根根尖阴影均消失,牙周膜间隙恢复正常,随访期间X线检查均未发现根管内异常钙化及根管内/外吸收,12个月随访时X线片显示远中牙髓创面下见钙化桥形成(图2)。

讨 论

对于术前被诊断为不可复性牙髓炎的成熟恒牙,传统采用牙髓摘除术消除感染,也称为非手术



图2 36岁不可复性牙髓炎伴根尖阴影冠髓切断术(FP)术前及术后随访X线片 A:术前;B:术后6个月随访;C:术后12个月随访;D:术后24个月随访。

根管治疗(nonsurgical root canal therapy, NSRCT)。近年来,研究表明FP亦可作为NSRCT用于不可复性牙髓炎的治疗^[11]。然而,FP的疗效及预后受到牙髓状态评估、盖髓材料、根尖孔状态、年龄及冠部充填材料等因素的影响。

牙髓状态的评估是影响FP治疗预后的核心因素^[12]。龋源性不可复性牙髓炎的患牙在临床症状、组织病理学和细菌学之间存在差异,其牙髓炎症常局限于龋损处,在远离龋损部位或根髓处可为正常牙髓组织^[13]。此外,根尖低密度透射影并不总与牙髓坏死相关,可能是由于细菌代谢产物刺激,牙髓及根尖周组织传入纤维增生,局部炎症因子释放P物质等神经肽,神经肽增强血管舒张性及通透性,引发根尖周组织的神经源性炎症所致,患牙内仍可能存在活髓,牙髓若无明显受损,去除刺激因素后仍可愈合^[14]。相关研究亦发现,采用FP对罹患不可复性牙髓炎并发根尖低密度影的年轻恒牙进行治疗,可改善患牙临床症状并促进其牙根继续发育^[15]。目前,临床常用的术前牙髓状态评估手段都难以准确判断牙髓炎症状态及愈合潜能^[12],仅依据临床相关检查将患牙诊断为“可复性牙髓炎”或“不可复性牙髓炎”,并以此作为是否进行活髓保存治疗的依据并不妥当。美国牙髓病学会指出,对于术前被诊断为“不可复性牙髓炎”的患牙,应考虑活髓保存治疗的可能性^[4]。

盖髓材料的选择是FP成功的重要因素。理想的盖髓剂应具备无毒、抗菌、抗炎和良好的密封性能,并能诱导牙本质矿化以及牙髓自我修复。iRoot BP Plus作为一种生物活性陶瓷材料,具有良好的生物安全性和密封性。相较于MTA具有临床操作简便、椅旁操作时间短、不会导致牙齿变色、弱酸环境下粘连性更高以及抗菌作用更强等优点^[16]。本研究结果显示,iRoot BP Plus椅旁操作时间短,单次就诊即可完成治疗,可促进牙髓断面的修复,形成钙化桥,且不会导致牙体变色,应用于成熟恒牙不可复性牙髓炎FP可取得较好的疗效。

根尖孔状态及患者年龄对FP疗效的影响一直

存在争议。传统观点认为,年轻恒牙因其血运丰富,牙髓免疫防御机制及愈合再生潜能较强,有助于提高FP的成功率^[17],而随着年龄的增长及根尖孔闭合,根尖处的血运狭窄,牙髓组织纤维较多,干细胞含量较少,牙髓修复能力降低,FP成功率下降,预后不佳。然而,本研究结果发现,对13~71岁罹患不可复性牙髓炎患者的成熟恒牙进行FP,其临床及影像学疗效均良好,表明患牙根尖孔状态及年龄对FP临床及影像学成功率无显著影响。相关研究亦证实,牙髓组织的愈合能力与年龄之间相关性差,治疗成功关键在于感染组织的有效清除,而非根尖孔状态^[12]。

冠部充填材料的封闭性可能对FP的预后产生影响^[18],临床常用冠部充填材料有银汞合金、玻璃离子水门汀及复合树脂,银汞合金因其与牙体无粘接性,备洞时磨除牙体组织较多、微渗漏和美观性差等缺点,现临床中已较少使用。玻璃离子与牙体间以化学键结合可有效降低微渗漏的产生;此外,玻璃离子可持续释放氟离子,从而促进牙体再矿化,减少继发龋的产生^[19]。复合树脂具有刚度大、轻度高、质量轻及美观性好等特点,其中纳米树脂的填料颗粒更为细腻和致密,术后修复效果及边缘密闭性更佳^[20]。故本研究采用密闭性良好的玻璃离子及纳米树脂进行冠部充填,但研究结果表明冠部充填材料对FP成功率及预后无影响。

此外,本研究还发现年龄、性别、牙齿类型和露髓孔大小亦对FP临床及影像学成功率无影响,上述结果与相关研究发现一致^[21]。

钙化桥的形成是牙髓切断术预后良好的标志之一,但当钙化桥与具有类似射线不透性的覆盖材料融合时,X线检查时鉴别困难。Taha等^[22]发现在随访1年的146例FP病例中,仅8例可通过放射线检测到钙化桥生成。本研究中仅2颗患牙末次随访时未见牙髓断面下钙化组织形成,可能与X线投射角度或钙化桥与盖髓材料融合有关。

理想情况下,活髓保存治疗术后随访应采用温度测试或电活力测试以检测牙髓活力,但对于接受

部分FP或全FP的牙齿可能对温度测试反应迟钝甚至无反应。因此,本研究疗效评价中未将牙髓温度测试纳入评价指标^[14,21]。

欧洲牙髓病学会建议对于进行FP的患者,随访时间应达4年以上^[23-24]。而本研究样本量较小,随访时间较短,缺乏CT定量或半定量分析。以上均为本研究的不足之处,后续研究将针对以上不足,进一步对iRoot BP Plus作为盖髓剂应用于成熟恒牙不可复性牙髓炎活髓保存术的疗效进行验证。

综上所述,iRoot BP Plus作为盖髓剂应用于成熟恒牙不可复性牙髓炎FP可取得良好的疗效。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 邓思成: 酝酿和设计实验、实施研究、采集数据、分析/解释数据、起草文章及统计分析; 胡小毅: 酝酿和设计实验、实施研究、采集数据; 蓝岷、董小华、欧阳珊: 酝酿和设计实验、采集数据; 覃子芸、黄天凤: 采集数据、行政、技术或材料支持; 邱荣敏: 酝酿和设计实验、实施研究、采集数据、对文章的知识性内容作批评性审阅、获取研究经费、行政、技术或材料支持、指导以及支持性贡献

参 考 文 献

- [1] Linsuwanont P, Wimsutthikul K, Pothimoke U, et al. Treatment outcomes of mineral trioxide aggregate pulpotomy in vital permanent teeth with carious pulp exposure: The retrospective study[J]. *J Endod*, 2017, 43(2): 225-230. DOI: 10.1016/j.joen.2016.10.027.
- [2] 苗晖, 张子睿, 吴丽更. 牙根纵裂的研究进展[J]. *现代口腔医学杂志*, 2024, 38(2): 150-153+149.
- [3] Patel S, Bhuva B, Bose R. Present status and future directions: Vertical root fractures in root filled teeth[J]. *Int Endod J*, 2022, 55(Suppl 3): 804-826. DOI: 10.1111/iej.13737.
- [4] American Association of Endodontists. AAE position statement on vital pulp therapy [J]. *J Endod*, 2021, 47(9): 1340-1344. DOI: 10.1016/j.joen.2021.07.015.
- [5] 汪俊. 年轻恒牙活髓保存治疗[J]. *中国实用口腔科杂志*, 2015, 8(9): 518-521. DOI: 10.7504/kq.2015.09.002.
- [6] 郑佳佳, 杨雪, 温泉, 等. 生物活性陶瓷 iRoot BP Plus® 在儿童年轻恒牙复杂冠折牙髓切断术中的应用[J]. *北京大学学报(医学版)*, 2024, 56(1): 179-184. DOI: 10.19723/j.issn.1671-167X.2024.01.028.
- [7] 胡晓燕, 赵春晖, 王璐, 等. iRoot BP Plus 冠髓切断术治疗乳磨牙部分不可复性牙髓炎的回溯性研究[J]. *华西口腔医学杂志*, 2024, 42(2): 242-248. DOI: 10.7518/hxkq.2024.2023308.
- [8] 陈霞, 朱乘光, 王鹏, 等. iRoot BP Plus 在年轻恒牙活髓切断术中临床疗效的 Meta 分析[J]. *中国美容医学*, 2024, 33(2): 136-141. DOI: 10.15909/j.cnki.cn61-1347/r.006118.
- [9] Taha NA, Al-Khatib H. 4-Year follow-up of full pulpotomy in symptomatic mature permanent teeth with carious pulp exposure using a stainproof calcium silicate-based material [J]. *J Endod*, 2022, 48(1): 87-95. DOI: 10.1016/j.joen.2021.09.008.
- [10] 中华口腔医学会. T/CHSA XX—2021 牙髓切断术操作技术规范[S]. 北京: 中华口腔医学会, 2021.
- [11] Santos JM, Pereira JF, Marques A, et al. Vital pulp therapy in permanent mature posterior teeth with symptomatic irreversible pulpitis: A systematic review of treatment outcomes [J]. *Medicina (Kaunas)*, 2021, 57(6): 573. DOI: 10.3390/medicina57060573.
- [12] 黄定明, 陆倩, 廖茜, 等. 活髓保存治疗之惑及解决之道[J]. *华西口腔医学杂志*, 2017, 35(3): 227-231. DOI: 10.7518/hxkq.2017.03.001.
- [13] Demant S, Dabelsteen S, Bjørndal L. A macroscopic and histological analysis of radiographically well-defined deep and extremely deep carious lesions: Carious lesion characteristics as indicators of the level of bacterial penetration and pulp response [J]. *Int Endod J*, 2021, 54(3): 319-330. DOI: 10.1111/iej.13424.
- [14] 汪俊. 不可复性牙髓炎恒牙的活髓保存治疗[J]. *华西口腔医学杂志*, 2023, 41(6): 622-627. DOI: 10.7518/hxkq.2023.2023193.
- [15] 肖文, 史文涛, 汪俊. 炎性活髓保存在年轻恒牙不可逆性牙髓炎及根尖周炎治疗中的应用[J]. *中华口腔医学杂志*, 2022, 57(3): 287-291. DOI: 10.3760/cma.j.cn112144-20211223-00563.
- [16] Mahgoub N, Alqadasi B, Aldhorae K, et al. Comparison between iRoot BP Plus (EndoSequence Root repair material) and mineral trioxide aggregate as pulp-capping agents: A systematic review [J]. *J Int Soc Prev Community Dent*, 2019, 9(6): 542-552. DOI: 10.4103/jispcd.JISPCD_249_19.
- [17] Takahashi K. Changes in the pulpal vasculature during inflammation [J]. *J Endod*, 1990, 16(2): 92-97. DOI: 10.1016/S0099-2399(06)81570-0.
- [18] Tan SY, Yu VSH, Lim KC, et al. Long-term pulpal and restorative outcomes of pulpotomy in mature permanent teeth [J]. *J Endod*, 2020, 46(3): 383-390. DOI: 10.1016/j.joen.2019.11.009.
- [19] Ge KX, Quock R, Chu CH, et al. The preventive effect of glass ionomer cement restorations on secondary caries formation: A systematic review and meta-analysis [J]. *Dent Mater*, 2023, 39(12): e1-e17. DOI: 10.1016/j.dental.2023.10.008.
- [20] 张彦君, 沈勇斌, 苏晓平, 等. 三种不同复合树脂充填方法修复后牙深洞的临床疗效及抗疲劳情况分析[J]. *临床和实验医学杂志*, 2023, 22(10): 1114-1118. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4695.2023.10.029.
- [21] Duncan HF, El-Karim I, Dummer PMH, et al. Factors that influence the outcome of pulpotomy in permanent teeth [J]. *Int Endod J*, 2023, 56(Suppl 2): 62-81. DOI: 10.1111/iej.13866.
- [22] Taha NA, Ahmad MB, Ghanim A. Assessment of mineral trioxide aggregate pulpotomy in mature permanent teeth with carious exposures [J]. *Int Endod J*, 2017, 50(2): 117-125. DOI: 10.1111/iej.12605.
- [23] Careddu R, Plotino G, Cotti E, et al. The management of deep carious lesions and the exposed pulp amongst members of two European endodontic societies: A questionnaire-based study [J]. *Int Endod J*, 2021, 54(3): 366-376. DOI: 10.1111/iej.13418.
- [24] Duncan HF, Galler KM, Tomson PL, 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. DOI: 10.1111/iej.13080.

(收稿日期: 2024-05-01)

(本文编辑: 王嫚)