

iRoot SP 单尖法充填技术对根管治疗临床效果影响的回顾性研究



扫码阅读电子版

陈柳池 黎晶 曾椿媚 刘奕雯 蒋宏伟

中山大学附属口腔医院, 光华口腔医学院, 广东省口腔医学重点实验室, 广州 510055

通信作者: 蒋宏伟, Email: jianghw@163.com

【摘要】目的 通过回顾性分析, 研究 iRoot SP 辅助单尖充填法及多种预后因素对根管治疗临床效果的影响。**方法** 从 2014—2018 年于中山大学附属口腔医院接受根管治疗且能追踪复查的患者中, 选择使用 iRoot SP 辅助单尖充填后且复诊时间为 1 年以上患者的 110 颗患牙纳入分析。根据每颗患牙复诊时临床和影像学检查结果, 将患牙的预后分为成功和失败两组。使用连续性修正卡方检验和 Fisher 精确检验, 对术前是否存在根尖阴影、术前根尖阴影的直径大小和有无封闭剂超充等 8 项可能影响 iRoot SP 单尖充填临床效果的预后因素进行统计分析。**结果** 110 颗接受 iRoot SP 单尖充填治疗的患牙总体成功率为 95.5%。其中, 83 颗术前有根尖阴影患牙的治疗成功率为 96.4%, 68.7% 为已愈合; 27 颗术前无根尖阴影患牙的治疗成功率为 92.6%。术前有根尖阴影和无根尖阴影患牙的治疗成功率差异无统计学意义 ($\chi^2=0.084, P=0.772$)。术前根尖阴影直径小于或等于 5 mm 的患牙共 53 颗, 治疗成功率为 98.1%; 而阴影直径大于 5 mm 的患牙共 30 颗, 治疗成功率为 93.3%。两组患牙治疗成功率的差异无统计学意义 ($\chi^2=0.259, P=0.611$)。44 颗封闭剂超充患牙的治疗成功率为 97.7%, 患牙有无 iRoot SP 超充的治疗成功率差异也无统计学意义 ($\chi^2=0.218, P=0.640$)。**结论** iRoot SP 单尖充填法是可行的根管充填技术。

【关键词】 根管充填; 治疗结果; 单尖充填法; iRoot SP**基金项目:** 广东省自然科学基金(2017A030313713)**引用著录格式:** 陈柳池, 黎晶, 曾椿媚, 等. iRoot SP 单尖法充填技术对根管治疗临床效果影响的回顾性研究[J/CD]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2020, 14(6):353-360.

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2020.06.003

Clinical outcome of using single-cone obturation technique with bioceramic sealer iRoot SP in root canal treatment: a retrospective analysis

Chen Liuchi, Li Jing, Zeng Chunmei, Liu Yiwen, Jiang Hongwei

Hospital of Stomatology, Guanghua School of Stomatology, Sun Yat-sen University, Guangdong Provincial Key Laboratory of Stomatology, Guangzhou 510055, China

Corresponding author: Jiang Hongwei, Email: jianghw@163.com

【Abstract】 Objective This retrospective study aims to evaluate the clinical outcome of root canal treatment filling with single-cone technique and iRoot SP sealer and to identify factors associated with success or failure. **Methods** There are 110 teeth with a minimum of 1-year recall included in this retrospective study, which received root canal therapy and were filled with single-cone technique and iRoot SP sealer in the hospital of Stomatology affiliated to Sun Yat-sen University from 2014 to 2018. According to the clinical examination and radiographic examination at recall, the outcome of the treated teeth was classified as success and failure. For statistical analysis, chi-square test with Yate's correction and Fisher's exact test were used to identify which prognostic factors would influence the clinical outcome of the treated teeth. Eight prognostic factors such as the presence of periapical lesion, size of periapical lesion and extruding sealer were evaluated in this study. **Results** The overall success rate of the 110 treated teeth included in our study was 95.5%. The success rate of 83 treated teeth with periapical lesions was 96.4%, and 68.7% were healed. The success rate of 27 treated teeth without periapical lesions was

92.6%. There was no significant difference found in success between teeth with and without periapical lesions ($\chi^2=0.084, P=0.772$). The successful rate of the 53 treated teeth with periapical lesions less than or equal to 5 mm in diameter, was 98.1%. There were 30 teeth with periapical lesions larger than 5 mm in diameter and the success rate was 93.3%. No statistical difference was noted between the two groups ($\chi^2=0.259, P=0.611$). Besides, Forty-four treated teeth exhibited postoperative sealer extrusion, the success rate of which was 97.7%. No significant difference was found in success between the presence or absence of postoperative sealer extrusion ($\chi^2=0.218, P=0.640$). **Conclusion** Single-cone obturation with iRoot SP sealer is a viable root canal filling technique.

【Key words】 Root canal obturation; Treatment outcome; Single-cone obturation; iRoot SP

Fund program: Natural Science Foundation of Guangdong Province(2017A030313713)

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2020.06.003

根管充填技术要求严密充填清理成形后的根管系统,通过封闭根管内残余细菌,抑制细菌繁殖,避免根管内再感染。组织学研究发现,不严密的根管充填是根管治疗失败的重要原因^[1]。临床上常使用牙胶和封闭剂充填根管系统。根管封闭剂辅助充填根管侧支系统及不规则区域,牙胶与管壁及牙胶之间的微隙,与根管治疗的成功息息相关^[2-4]。

近年来随着新技术和新材料的发展,出现了与镍钛器械直径、锥度匹配的牙胶尖和生物陶瓷类的根管封闭剂,使单尖充填成为可能。iRoot SP是新型生物陶瓷类根管封闭剂的一种,具有良好的理化性能和生物相容性。多项研究表明,与AH plus和MTA相比,iRoot SP的细胞毒性更小^[5-7],诱导产生的炎症反应程度较轻^[8-9]。iRoot SP具有促进细胞分化、诱导成骨的能力^[6,10],可促进根尖周组织愈合^[9,11]。iRoot SP对粪肠球菌,金黄色葡萄球菌具有良好的抗菌作用,可能与其高pH值、亲水性和钙离子释放能力有关^[12-14]。此外,iRoot SP流动性高^[15],可与根管壁之间形成机械结合和化学结合^[16-18],固化后的体积有轻微膨胀^[19],使其封闭性能良好,减少微渗漏。上述iRoot SP的优良特性使此材料可用作辅助单尖充填的封闭剂。

然而,目前关于iRoot SP辅助单尖充填临床效果的研究仍较少。本研究旨在对2014—2018年使用iRoot SP辅助单尖充填后的患牙进行追踪复查分析,探讨iRoot SP辅助单尖充填的临床效果,现报道如下。

资料与方法

一、病例资料

于2014—2018年在中山大学附属口腔医院接受根管治疗且能追踪复查的患者中,选择合适的病

例收集相关信息纳入研究。

1. 纳入标准:(1)牙根发育完全;(2)诊断为牙髓病、根尖周病或根管治疗后疾病,需行根管治疗或再治疗者;(3)采用iRoot SP辅助单尖充填法充填根管系统;(4)根管治疗后及时进行良好的冠部封闭;(5)术前、术后即刻及每次复查的病例及影像学检查结果均可完善收集、保存;(6)复查时间至少1年。

2. 排除标准:(1)术前判断预后不良的牙周牙髓联合病变患牙;(2)累及髓室底的隐裂牙;(3)术前临床及影像学检查怀疑牙根纵裂者。

本研究经中山大学附属口腔医院医学伦理委员会批准(审批号:KQEC-2020-05),所有患者均知情同意并签署知情同意书。

二、根管治疗操作过程

所有患牙的根管治疗均由同一名操作者完成。

1. 第一次就诊:局麻下橡皮障隔离患牙,显微镜(OPMI PROergo,蔡司,德国)下去腐、开髓,寻找根管口。使用根尖定位仪(Raypex VI,VDW GmbH,德国)确定工作长度。所有根管均使用M3镍钛器械(上海益锐齿科材料有限公司)从小号到大号进行标准法预备,每根器械均完全到达工作长度。主尖锉的号数至少为30#。对于再治疗病例,首先在显微镜下使用超声器械辅助ProTaper再治疗锉(Dentsply,Maillefer,瑞士)去除原根管充填材料,再使用M3镍钛器械进行预备。预备过程中使用1%或3%次氯酸钠溶液冲洗根管。预备完成后,用吸潮纸尖干燥根管,注入氢氧化钙(Ivoclar Vivadent AG,列支敦士登)诊间封药,用Cavition(GC,日本)进行冠部封闭。

2. 第二次就诊:2周后第二次就诊,橡皮障隔离患牙,显微镜下去除Cavition暂封物,超声荡洗去净氢氧化钙。试主尖后将所有根管注满iRoot SP,插

入主牙胶尖至工作长度,用携热器切断根管口上方的牙胶,垂直加压器压实。超声荡洗去除多余的iRoot SP。根管治疗完成后,患牙及时进行临时或永久性修复。

三、观察指标及临床效果判定

复查内容包含临床检查及影像学检查。临床检查需记录患牙是否存在疼痛、瘘管、肿胀、叩痛、松动度等情况;影像学检查包括术前、术后及复查X线片,由两位牙体牙髓病学专科医师进行评估。根据临床和影像学检查结果,将患牙的转归分为以下3种。

1. 已愈合:患牙无明显症状及体征,可以正常使用;X线片显示根尖周无阴影(图1)。

2. 正在愈合:患牙无明显症状及体征,可以使用;X线片显示根尖周阴影仍存在,但较术前缩小(图2)。

3. 未愈合:患牙仍存在较明显症状或体征,无论X线片是否显示根尖周阴影;或患牙无明显症状及体征,X线片显示根尖周阴影无变化甚至扩大,或出现新的阴影(图3)。

根据以上3种转归分为两组,即已愈合及正在愈合的患牙纳入治疗成功组,未愈合的患牙纳入治

疗失败组。

此外,本研究还收集并分析可能影响iRoot SP单尖充填临床效果的预后因素。这些预后因素包括:年龄(岁)、性别、牙位、颌位、复查时间(年)、术前是否存在根尖阴影、术前根尖阴影的大小(直径mm)和是否存在封闭剂超充。

四、统计学处理方法

使用SPSS 25.0统计学软件对数据进行统计学分析和处理。本研究所获得的资料为定性资料,采用卡方检验分析各项预后因素是否影响iRoot SP辅助单尖充填后患牙的临床效果。当所有T(理论频数) ≥ 5 时,选择卡方检验的结果;当 $1 \leq T < 5$ 时,选择连续校正卡方检验的结果;当 $T < 1$ 时,选择Fisher精确检验的结果。以 $P < 0.05$ 认为差异具有统计学意义。

结 果

共有67例患者(男15例、女52例)的110颗患牙纳入研究。患牙根管治疗后的总体成功率为95.5%,其中82颗为已愈合(74.5%)、23颗为正在愈合(21.0%)。根管治疗失败的患牙共5颗(4.5%)。

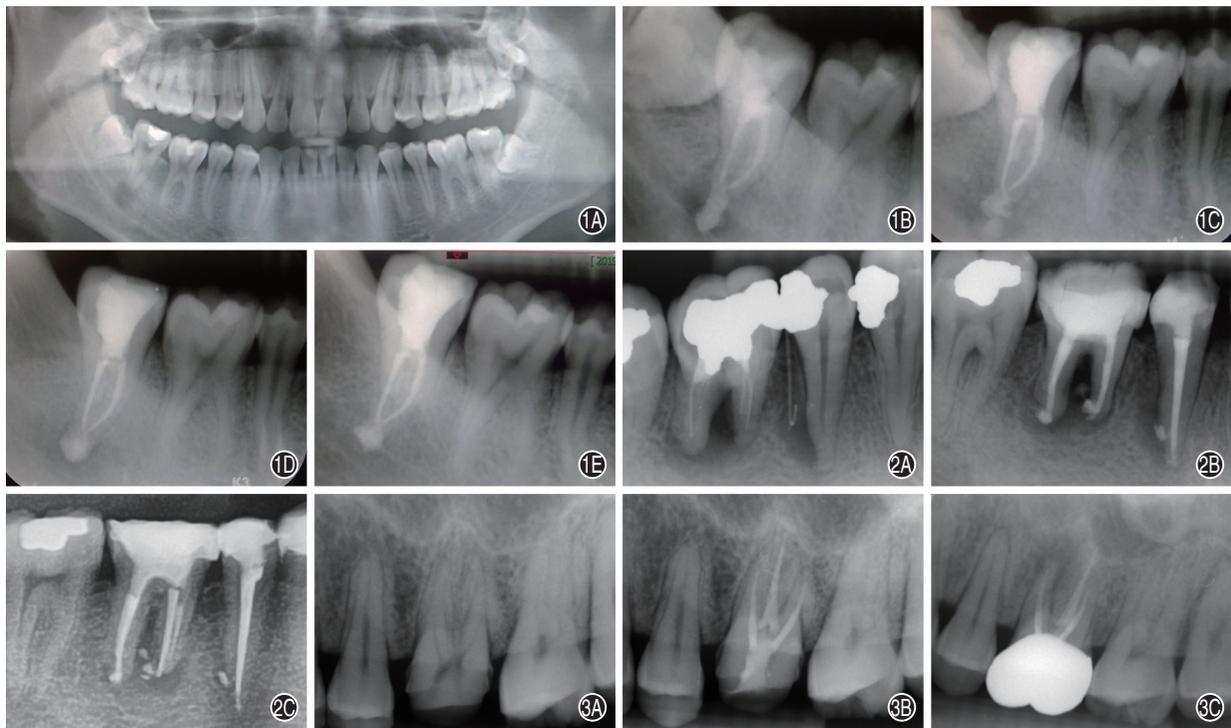


图1 iRoot SP单尖充填治疗后,46已愈合 1A:术前全颌曲面断层片,显示46根尖周有阴影;1B:术后即刻根尖X线片;1C:术后1周复查根尖X线片;1D:术后3个月复查根尖X线片;1E:术后15个月复查根尖X线片,显示46根尖周阴影消失 图2 iRoot SP单尖充填治疗后,45、46正在愈合 2A:术前根尖X线片,显示45、46根尖周有阴影;2B:术后即刻根尖X线片;2C:术后1年复查根尖X线片,显示45、46根尖周阴影范围较术前缩小 图3 iRoot SP单尖充填治疗后,26未愈合 3A:术前根尖X线片,显示26根尖周无阴影;3B:术后即刻根尖X线片;3C:术后4年复查根尖X线片,显示26根尖周出现阴影

在各预后因素的分组下,对110颗患牙临床效果的结果进行比较分析,结果见表1。术前有根尖阴影的患牙共83颗,治疗成功率为96.4%,其中57颗(68.7%)为已愈合、23颗(27.7%)为正在愈合;术前无根尖阴影的患牙共27颗,治疗成功率为92.6%,25颗(92.6%)为已愈合。术前有根尖阴影和术前无根尖阴影患牙的治疗成功率差异无统计学意义($\chi^2=0.084, P=0.772$)。术前根尖阴影直径小于或等于5 mm的患牙共53颗,治疗成功率为98.1%;而阴影直径大于5 mm的患牙共30颗,治疗成功率为93.3%。两组患牙治疗成功率的差异无统计学意义($\chi^2=0.259, P=0.611$)。44颗患牙(40%)在接受iRoot SP单尖充填后出现封闭剂超充,封闭剂超充患牙的治疗成功率为97.7%,但患牙有无iRoot SP超充的治疗成功率差异无统计学意义($\chi^2=0.218, P=0.640$)。此外,年龄、性别、牙位、颌位和复查时间等预后因素对患牙的临床成功率也均无显著影响。

典型病例1 患者,女,30岁,因左上前牙自发性疼痛1周就诊,患牙咬物痛,无冷热刺激痛。检查:

21烤瓷全冠,叩(+),无松动,拆冠后电测无活力;22叩(±),无松动,电测牙髓有活力;X线片示21、22根尖周低密度影(图4)。诊断为21根尖周炎。21拆除烤瓷冠,取模后开髓,橡皮障隔离,通畅根管,使用根尖定位仪测定根管工作长度WL=17 mm,使用M3镍钛器械从小号到大号预备根管至50#04锥度,吸潮纸尖干燥根管,封氢氧化钙消毒2周。2周后复诊,橡皮障隔离,去暂封,超声荡洗根管去除氢氧化钙,吸潮纸尖干燥根管,iRoot SP辅助牙胶尖充填根管。预备桩道,粘接纤维桩,树脂堆核后备牙,取模后,临时冠修复(图5)。21术后19个月复查,根尖片显示21、22根尖周阴影消失(图6A~6B)。

典型病例2 患者,男,40岁,因右下后牙咬物不适1年就诊,患牙无冷热刺激痛、自发痛。检查:46骀面窝沟龋,探诊粗糙,叩诊(±),无松动,电测牙髓无活力;X线片示46根尖周低密度影(图7)。诊断为46根尖周囊肿样病变。46去净腐质后开髓,探及3个根管口,橡皮障隔离,通畅根管,使用根尖定位仪测定根管工作长度WL=21 mm,使用M3镍钛

表1 预后因素对iRoot SP单尖充填110颗患牙临床疗效的影响[例(%)]

影响因素	例数	已愈合	正在愈合	成功	失败	χ^2 值	P值
年龄(岁)						0	1.000
<40	83	58(69.9)	21(25.3)	79(95.2)	4(4.8)		
40~70	27	24(88.9)	2(7.4)	26(96.3)	1(3.7)		
性别						0	1.000
男	21	15(71.4)	5(23.8)	20(95.2)	1(4.8)		
女	89	67(75.3)	18(20.2)	85(95.5)	4(4.5)		
牙位						1.072	0.300
前牙	34	21(61.8)	13(38.2)	34(100.0)	0(0.0)		
后牙	76	61(80.3)	10(13.1)	71(93.4)	5(6.6)		
颌位						0.044	0.835
上颌	60	45(75.0)	13(21.7)	58(96.7)	2(3.3)		
下颌	50	37(74.0)	10(20.0)	47(94.0)	3(6.0)		
复查时间(年)						5.004*	0.066*
1~2	52	36(69.2)	15(28.9)	51(98.1)	1(1.9)		
2~4	39	34(87.2)	4(10.2)	38(97.4)	1(2.6)		
>4	19	12(63.2)	4(21.0)	16(84.2)	3(15.8)		
术前根尖阴影						0.084	0.772
无	27	25(92.6)	0(0.0)	25(92.6)	2(7.4)		
有	83	57(68.7)	23(27.7)	80(96.4)	3(3.6)		
术前根尖阴影大小(mm)						0.259	0.611
≤5	53	42(79.2)	10(18.9)	52(98.1)	1(1.9)		
>5	30	15(50.0)	13(43.3)	28(93.3)	2(6.7)		
超充						0.218	0.640
无	66	52(78.8)	10(15.1)	62(93.9)	4(6.1)		
有	44	30(68.2)	13(29.5)	43(97.7)	1(2.3)		

注:*为使用Fisher精确检验的结果;其余均为连续校正卡方检验的结果



图4 21术前根尖X线片 图5 21术后根尖X线片,iRoot SP单尖充填后,纤维桩核+临时冠修复 图6 21 iRoot SP单尖充填术后19个月复查 6A:根尖X线片,显示21、22根尖周阴影消失;6B:口内照片

器械从小号到大号分别预备2个近中根管至30#04锥度,远中根管至50#04锥度,吸潮纸尖干燥根管,封氢氧化钙消毒2周。2周后复诊,橡皮障隔离,去暂封,超声荡洗根管去除氢氧化钙,吸潮纸尖干燥根管,iRoot SP辅助牙胶尖充填根管,冠部树脂充填(图8)。术后2年内复查,46根尖周阴影范围逐渐缩小直至消失(图9~11)。

讨 论

近年来,随着牙科材料的发展与优化,单尖充填技术逐渐应用于临床。单尖充填的根管封闭剂较厚,易在充填过程中产生空隙或封闭剂出现聚合

收缩、溶解,这些空隙可能会成为细菌再次定植、繁殖的病灶,导致根管治疗的失败^[20]。改变根管充填方法可能影响根管内充填材料的孔隙率,从而影响根管治疗的效果。因此,单尖充填技术对根管封闭剂性能的要求更高。iRoot SP可与根管壁之间形成机械结合和化学结合^[16-18],固化后无收缩,甚至有轻微的膨胀^[19],减少根尖微渗漏。体外实验表明,iRoot SP(TotalFill BC)的推出粘接强度比AH Plus强^[21],iRoot SP(TotalFill BC)与牙本质间的微隙比AH Plus与牙本质间的微隙小^[22],iRoot SP是具有良好封闭性的根管封闭剂。此外,iRoot SP还具有良好的生物相容性^[5-9]、持续的抑菌作用^[12-14]及促进成

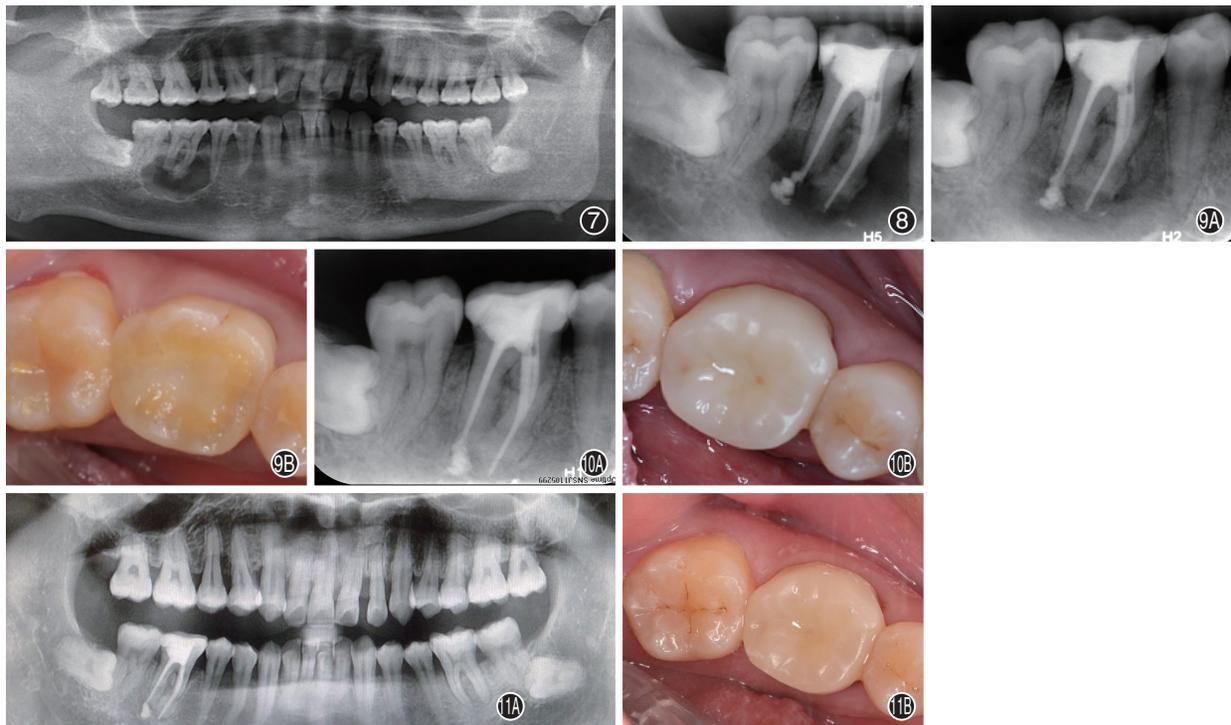


图7 46术前全颌曲面断层片,显示根尖周有阴影 图8 46 iRoot SP单尖充填术后即刻根尖X线片 图9 46 iRoot SP单尖充填术后4个月复查 9A:根尖X线片,显示根尖周阴影范围较术前缩小;9B:口内照片 图10 46 iRoot SP单尖充填术后1年复查,计算机辅助设计与制作(CAD/CAM)优韧瓷冠修复 10A:根尖X线片,显示根尖周阴影消失;10B:口内照片 图11 46 iRoot SP单尖充填术后2年复查 11A:全颌曲面断层片,显示根尖周无阴影;11B:口内照片

骨的作用^[6,10]。这些优势使 iRoot SP 在单尖充填法中可作为辅助的根管封闭剂有效充填根管。

冷牙胶侧压充填法和热牙胶连续波充填法是临床上常用的两种根管充填技术。冷牙胶侧压充填法因具有良好的操作性和成本低廉的优点^[23],是目前我国使用范围较广的根管充填技术,适用于大多数根管的充填^[24]。但是,冷牙胶侧压充填法需要的操作时间较长^[25],对根管侧支系统和不规则根管充填不充分^[26],易形成较多空隙^[26-27]。热牙胶连续波充填法是通过垂直向加压软化的热牙胶,使充填材料更密实^[28],可充填主根管及根管内吸收形成的缺损^[29],也可使充填材料进入根管峡部及根管侧枝,适合用于不规则根管的充填^[30-31]。但热牙胶连续波充填技术中根管充填长度不易控制,操作步骤较繁琐,并且设备费用较昂贵。与这两种方法相比,单尖充填法技术敏感性较低、省时、简便^[32],并且由于无须垂直或侧向加压根管内的材料,对根管壁的压力较小,减少根管治疗后根折发生的可能性^[33-34]。研究发现,使用预混生物陶瓷材料作封闭剂时,单尖充填法的材料空隙率低于冷牙胶侧压充填法^[35]。然而亦有研究表明,根管充填技术对根管充填的效果无影响。使用 AH Plus 作为根管封闭剂时,单尖充填的根管充填质量与冷牙胶侧压充填的无明显差异^[36],单尖充填法与热牙胶连续波充填法的材料空隙率在总体上无差异,但在根管颈 1/3 处,单尖充填法的空隙率更高^[37-38]。Celikten 等^[39]通过对比生物陶瓷类根管封闭剂 iRoot SP(EndoSequence BC)单尖法、冷测压法及 Thermafil 充填效果,发现 3 种充填方法的空隙率的差异无统计学意义。

Chybowski 等^[40]在 2009—2015 年对 307 颗患牙进行 iRoot SP 辅助单尖充填并复查至少 1 年,报道患牙总体成功率达 90.9%。本研究中术者选择使用 iRoot SP 辅助的单尖充填法进行根管充填,复查 1 年以上的结果显示患牙的总体成功率为 95.5%,与 Chybowski 等^[40]报道的结果一致。说明, iRoot SP 辅助单尖充填法是一项可行的充填技术,可提高临床操作效率而不降低根管治疗的成功率,甚至可能可以提高治疗成功率。

本研究纳入分析的预后因素均与患牙治疗结果无关。术前有无根尖周阴影对患牙根管治疗成功率无明显影响,这与 Chybowski 等^[40]的研究结果一致。但是,也有研究结果表明根管治疗术前无根尖周阴影可提高患牙治疗成功率^[41]。这可能是由

于本研究使用的充填技术和充填材料可形成良好的密闭性^[42], iRoot SP 可促进根尖周组织修复^[9,11]。与 Chybowski 等^[40]的研究结果相反,本研究患牙治疗结果不受根尖区阴影大小的影响。然而,本研究样本量较 Chybowski 等^[40]的研究样本量少,还需进一步扩大本研究的样本量来验证术前根尖阴影大小对患牙临床疗效的影响。有研究认为,机体对超充材料的异物反应可能是患牙术后出现根尖周炎的原因^[43-44]。然而,本研究中患牙根管治疗有无超充的临床疗效无明显差别,这与其他研究的结果一致,这些研究均认为封闭剂超充不是根管治疗失败的因素,控制好根管内的微生物感染比控制封闭剂超充更有利于减少根尖周组织的刺激性反应^[45-46]。

本研究是基于复诊资料的回顾性分析,可能存在一定的偏倚,对结果与结论造成影响^[47]。术者完成根管治疗所有疗程后,会建议每一位患者返院复查,但许多患者由于返院不便、麻烦而拒绝复查。因此,术后存在肿痛等不适症状的患者更愿意配合复查,而无症状的患者配合复查的意愿更低,无复查结果的患牙将不被纳入病例样本中,这可能会降低总体的成功率。此外,在本研究纳入分析的样本中,女性患者比例(80.9%)远远高于男性患者(19.1%),这可能是由于女性比男性更容易患龋^[48],并且女性对自身健康更加关注。本课题虽然采用两人评估患牙影像学检查,但测量偏倚仍可能难以避免。此外,复查 X 线片是二维的检查,无法在三维方向上全面且精确地反映根尖周病损的大小,也可能影响最终结果。

综上所述,在本次回顾性研究中,患牙使用 iRoot SP 辅助单尖充填治疗的总体成功率为 95.5%, iRoot SP 辅助单尖充填是临床可行的充填技术。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Chugal NM, Clive JM, Spångberg LS. Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome [J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2003, 96(1):81-90. DOI:10.1016/s1079-2104(02)91703-8.
- [2] Kim S, Jung H, Kim S, et al. The Influence of an Isthmus on the Outcomes of Surgically Treated Molars: A Retrospective Study [J]. J Endod, 2016, 42(7): 1029-1034. DOI: 10.1016/j.joen.2016.04.013.
- [3] Yu DC, Tam A, Schilder H. Root canal anatomy illustrated by microcomputed tomography and clinical cases [J]. Gen Dent, 2006, 54(5):331-335.

- [4] Teixeira FB, Sano CL, Gomes BP, et al. A preliminary in vitro study of the incidence and position of the root canal isthmus in maxillary and mandibular first molars [J]. *Int Endod J*, 2003, 36(4):276-280. DOI:10.1046/j.1365-2591.2003.00638.x.
- [5] Rodríguez-Lozano FJ, García-Bernal D, Oñate-Sánchez RE, et al. Evaluation of cytocompatibility of calcium silicate - based endodontic sealers and their effects on the biological responses of mesenchymal dental stem cells [J]. *Int Endod J*, 2017, 50(1):67-76. DOI:10.1111/iej.12596.
- [6] Lee BN, Hong JU, Kim SM, et al. Anti - inflammatory and Osteogenic Effects of Calcium Silicate-based Root Canal Sealers [J]. *J Endod*, 2019, 45(1):73-78. DOI:10.1016/j.joen.2018.09.006.
- [7] Er K, Ayar A, Kalkan OF, et al. Neurotoxicity evaluation of three root canal sealers on cultured rat trigeminal ganglion neurons [J]. *J Clin Exp Dent*, 2017, 9(1): e34-e39. DOI: 10.4317/jced.52901.
- [8] Bósio CC, Felipe GS, Bortoluzzi EA, et al. Subcutaneous connective tissue reactions to iRoot SP, mineral trioxide aggregate (MTA) Fillapex, DiaRoot BioAggregate and MTA [J]. *Int Endod J*, 2014, 47(7):667-674. DOI:10.1111/iej.12203.
- [9] Zhang W, Peng B. Tissue reactions after subcutaneous and intraosseous implantation of iRoot SP, MTA and AH Plus [J]. *Dent Mater J*, 2015, 34(6): 774-780. DOI:10.4012/dmj.2014-271.
- [10] Giacomino CM, Wealleans JA, Kuhn N, et al. Comparative Biocompatibility and Osteogenic Potential of Two Bioceramic Sealers [J]. *J Endod*, 2019, 45(1):51-56. DOI:10.1016/j.joen.2018.08.007.
- [11] Zaki DY, Zaazou MH, Khallaf ME, et al. In Vivo Comparative Evaluation of Periapical Healing in Response to a Calcium Silicate and Calcium Hydroxide Based Endodontic Sealers [J]. *Open Access Maced J Med Sci*, 2018, 6(8): 1475-1479. DOI: 10.3889/oamjms.2018.293.
- [12] Nirupama DN, Nainan MT, Ramaswamy R, et al. In Vitro Evaluation of the Antimicrobial Efficacy of Four Endodontic Biomaterials against *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*, and *Staphylococcus aureus* [J]. *Int J Biomater*, 2014, 2014: 383756. DOI:10.1155/2014/383756.
- [13] Candeiro GTM, Moura-Netto C, D'Almeida-Couto RS, et al. Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer [J]. *Int Endod J*, 2016, 49(9):858-864. DOI:10.1111/iej.12523.
- [14] Bukhari S, Karabucak B. The Antimicrobial Effect of Bioceramic Sealer on an 8 - week Matured *Enterococcus faecalis* Biofilm Attached to Root Canal Dentinal Surface [J]. *J Endod*, 2019, 45(8):1047-1052. DOI:10.1016/j.joen.2019.04.004.
- [15] Silva Almeida LH, Moraes RR, Morgental RD, et al. Are Premixed Calcium Silicate-based Endodontic Sealers Comparable to Conventional Materials? A Systematic Review of In Vitro Studies [J]. *J Endod*, 2017, 43(4): 527-535. DOI:10.1016/j.joen.2016.11.019.
- [16] Akcay M, Arslan H, Durmus N, et al. Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study [J]. *Lasers Surg Med*, 2016, 48(1): 70-76. DOI:10.1002/lsm.22446.
- [17] El Hachem R, Khalil I, Le Brun G, et al. Dentinal tubule penetration of AH Plus, BC Sealer and a novel tricalcium silicate sealer: a confocal laser scanning microscopy study [J]. *Clin Oral Investig*, 2019, 23(4): 1871-1876. DOI:10.1007/s00784-018-2632-6.
- [18] Han L, Okiji T. Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials [J]. *Int Endod J*, 2013, 46(9): 808-814. DOI:10.1111/iej.12062.
- [19] Zhou HM, Shen Y, Zheng W, et al. Physical properties of 5 root canal sealers [J]. *J Endod*, 2013, 39(10): 1281-1286. DOI:10.1016/j.joen.2013.06.012.
- [20] Whitworth J. Methods of filling root canals: Principles and practices [J]. *Endodontic Topics*, 2005, 12(1): 2-24. DOI:10.1111/j.1601-1546.2005.00198.x.
- [21] Al-Hiyasat AS, Alfirjani SA. The effect of obturation techniques on the push - out bond strength of a premixed bioceramic root canal sealer [J]. *J Dent*, 2019, 89:103169. DOI:10.1016/j.jdent.2019.07.007.
- [22] Eltair M, Pitchika V, Hickel R, et al. Evaluation of the interface between gutta - percha and two types of sealers using scanning electron microscopy (SEM) [J]. *Clin Oral Investig*, 2018, 22(4):1631-1639. DOI:10.1007/s00784-017-2216-x.
- [23] Peters CI, Sonntag D, Peters OA. Homogeneity of root canal fillings performed by undergraduate students with warm vertical and cold lateral techniques [J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2010, 110(3): e41 - e49. DOI:10.1016/j.tripleo.2010.03.002.
- [24] 樊明文,周学东. 牙体牙髓病学[M]. 4版. 北京:人民卫生出版社, 2014:308.
- [25] Chu CH, Lo ECM, Cheung GSP. Outcome of root canal treatment using Thermafil and cold lateral condensation filling techniques [J]. *Int Endod J*, 2005, 38(3): 179-185. DOI:10.1111/j.1365-2591.2004.00929.x.
- [26] Clinton K, Van Himel T. Comparison of a warm gutta - percha obturation technique and lateral condensation [J]. *J Endod*, 2001, 27(11): 692-695. DOI:10.1097/00004770-200111000-00010.
- [27] Anantula K, Ganta AK. Evaluation and comparison of sealing ability of three different obturation techniques - Lateral condensation, Obtura II, and GuttaFlow: An in vitro study [J]. *J Conserv Dent*, 2011, 14(1): 57-61. DOI:10.4103/0972-0707.80748.
- [28] Ozawa T, Taha N, Messer HH. A comparison of techniques for obturating oval-shaped root canals [J]. *Dent Mater J*, 2009, 28(3):290-294. DOI:10.4012/dmj.28.290.

- [29] Tomson RM, Polycarpou N, Tomson PL. Contemporary obturation of the root canal system [J]. *Br Dent J*, 2014, 216(6): 315-322. DOI: 10.1038/sj.bdj.2014.205.
- [30] Alshehri M, Alamri HM, Alshwaimi E, et al. Micro-computed tomographic assessment of quality of obturation in the apical third with continuous wave vertical compaction and single match taper sized cone obturation techniques [J]. *Scanning*, 2016, 38(4): 352-356. DOI: 10.1002/sca.21277.
- [31] Schäfer E, Käster M, Bürklein S. Percentage of gutta-percha-filled areas in canals instrumented with nickel-titanium systems and obturated with matching single cones [J]. *J Endod*, 2013, 39(7): 924-928. DOI: 10.1016/j.joen.2013.04.001.
- [32] Gound TG, Sather JP, Kong TS, et al. Graduating dental students' ability to produce quality root canal fillings using single- or multiple-cone obturation techniques [J]. *J Dent Educ*, 2009, 73(6): 696-705. DOI: 10.1002/j.0022-0337.2009.73.6.tb04749.x.
- [33] Capar ID, Uysal B, Ok E, et al. Effect of the size of the apical enlargement with rotary instruments, single-cone filling, post space preparation with drills, fiber post removal, and root canal filling removal on apical crack initiation and propagation [J]. *J Endod*, 2015, 41(2): 253-256. DOI: 10.1016/j.joen.2014.10.012.
- [34] Barreto MS, Moraes Rdo A, Rosa RA, et al. Vertical root fractures and dentin defects: effects of root canal preparation, filling, and mechanical cycling [J]. *J Endod*, 2012, 38(8): 1135-1139. DOI: 10.1016/j.joen.2012.05.002.
- [35] Moizadeh AT, Zerbst W, Boutsoukis C, et al. Porosity distribution in root canals filled with gutta percha and calcium silicate cement [J]. *Dent Mater*, 2015, 31(9): 1100-1108. DOI: 10.1016/j.dental.2015.06.009.
- [36] de Figueiredo FED, Lima LF, Oliveira LS, et al. Effectiveness of a reciprocating single file, single cone endodontic treatment approach: a randomized controlled pragmatic clinical trial [J]. *Clin Oral Investig*, 2020, 24(7): 2247-2257. DOI: 10.1007/s00784-019-03077-7.
- [37] Iglecias EF, Freire LG, de Miranda Candeiro GT, et al. Presence of Voids after Continuous Wave of Condensation and Single-cone Obturation in Mandibular Molars: A Micro-computed Tomography Analysis [J]. *J Endod*, 2017, 43(4): 638-642. DOI: 10.1016/j.joen.2016.11.027.
- [38] Keles A, Keskin C. Presence of voids after warm vertical compaction and single-cone obturation in band-shaped isthmuses using micro-computed tomography: A phantom study [J]. *Microsc Res Tech*, 2020, 83(4): 370-374. DOI: 10.1002/jemt.23423.
- [39] Celikten B, Uzuntas FU, Orhan AI, et al. Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques [J]. *J Oral Sci*, 2015, 57(4): 361-366. DOI: 10.2334/josnusd.57.361.
- [40] Chybowski EA, Glickman GN, Patel Y, et al. Clinical Outcome of Non-Surgical Root Canal Treatment Using a Single-cone Technique with Endosequence Bioceramic Sealer: A Retrospective Analysis [J]. *J Endod*, 2018, 44(6): 941-945. DOI: 10.1016/j.joen.2018.02.019.
- [41] Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health [J]. *Int Endod J*, 2011, 44(7): 583-609. DOI: 10.1111/j.1365-2591.2011.01872.x.
- [42] Hegde V, Arora S. Sealing ability of three hydrophilic single-cone obturation systems: An in vitro glucose leakage study [J]. *Contemp Clin Dent*, 2015, 6(Suppl 1): S86-S89. DOI: 10.4103/0976-237x.152953.
- [43] Ricucci D, Siqueira JF, Bate AL, et al. Histologic investigation of root canal-treated teeth with apical periodontitis: a retrospective study from twenty-four patients [J]. *J Endod*, 2009, 35(4): 493-502. DOI: 10.1016/j.joen.2008.12.014.
- [44] Holland R, Mazuqueli L, de Souza V, et al. Influence of the type of vehicle and limit of obturation on apical and periapical tissue response in dogs' teeth after root canal filling with mineral trioxide aggregate [J]. *J Endod*, 2007, 33(6): 693-697. DOI: 10.1016/j.joen.2007.02.005.
- [45] Chang SW, Oh TS, Lee W, et al. Long-term observation of the mineral trioxide aggregate extrusion into the periapical lesion: a case series [J]. *Int J Oral Sci*, 2013, 5(1): 54-57. DOI: 10.1038/ijos.2013.16.
- [46] Nagmode PS, Satpute AB, Patel AV, et al. The Effect of Mineral Trioxide Aggregate on the Periapical Tissues after Unintentional Extrusion beyond the Apical Foramen [J]. *Case Rep Dent*, 2016, 2016: 3590680. DOI: 10.1155/2016/3590680.
- [47] Hernán MA, Hernández-Díaz S, Robins JM. A structural approach to selection bias [J]. *Epidemiology*, 2004, 15(5): 615-625. DOI: 10.1097/01.ede.0000135174.63482.43.
- [48] Lukacs JR, Largaespa LL. Explaining sex differences in dental caries prevalence: saliva, hormones, and "life-history" etiologies [J]. *Am J Hum Biol*, 2006, 18(4): 540-555. DOI: 10.1002/ajhb.20530.

(收稿日期: 2020-04-26)

(本文编辑: 王嫚)