

## ·病例分析·

# 数字化3D打印导板应用于上前牙钙化根管治疗2例

易柏成<sup>1,2</sup> 李旭光<sup>1,2</sup> 王容容<sup>1,2</sup> 王新璇<sup>3</sup>

<sup>1</sup>深圳大学,深圳 518060; <sup>2</sup>深圳大学总医院口腔科,深圳 518055; <sup>3</sup>南方医科大学深圳医院口腔科,深圳 518052

通信作者:王新璇,Email:xinxuanhku@gmail.com

**【摘要】** 牙髓钙化造成的根管狭窄或堵塞显著增加了根管治疗难度,随着数字化技术的快速发展,开髓定位导板技术已经开始在牙体牙髓病学领域应用,为钙化根管治疗提供了新型治疗模式,其在显著降低钙化根管治疗并发症发生率的同时,也提高了治疗成功率。本文报道2例锥形束CT(CBCT)结合数字化3D导板辅助上前牙根管重度钙化治疗病例,为类似病例的治疗提供参考。

**【关键词】** 牙髓钙化; 根管治疗; 3D导板; 静态导航牙髓治疗

**基金项目:** 深圳市高等院校稳定支持计划(20231121233246001)

**引用著录格式:** 易柏成,李旭光,王容容,等. 数字化3D打印导板应用于上前牙钙化根管治疗2例[J/OL]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2024,18(6):385-390.

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2024.06.007

## Treatment of calcified root canals in upper anterior teeth using digital 3D-printing guides : A clinical report of two cases

Yi Baicheng<sup>1,2</sup>, Li Xuguang<sup>1,2</sup>, Wang Rongrong<sup>1,2</sup>, Wang Xinxuan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Shenzhen University, Shenzhen 518060, China; <sup>2</sup>Department of Stomatology, Shenzhen University General Hospital, Shenzhen 518055, China; <sup>3</sup>Department of Stomatology, Shenzhen Hospital, Southern Medical University, Shenzhen 518052, China

Corresponding author: Wang Xinxuan, Email: xinxuanhku@gmail.com

**【Abstract】** Pulp canal calcification, which leads to root canal narrowing or obstruction, significantly increases the difficulty of root canal treatment. With the rapid development of digital technologies, 3D-printing guides have been introduced in the endodontics field, offering a novel treatment approach for severely calcified root canals. This technique reduces the incidence of complications associated with access preparation, orifice location and canal negotiation, thereby improving the treatment success rates. This article reports two maxillary left incisors with severely calcified canals treated with the aid of cone-beam computed tomography (CBCT) combined with 3D-printing guides, so as to provide a reference for similar clinical scenarios.

**【Key words】** Pulp canal calcification; Root canal treatment; 3D-printed guides; Static guided endodontics

**Fund program:** Stable Support Project of Shenzhen (20231121233246001)

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2024.06.007

牙髓钙化是指根管壁内硬组织的沉积,通常由增龄性变化、龋齿、牙外伤、咬合创伤和磨耗等引起<sup>[1-2]</sup>。这些过程将导致根管间隙部分或完全消失,提升根管治疗的难度<sup>[3-5]</sup>。当钙化根管伴随临床症状,如根尖周病变、牙冠变色和叩诊疼痛时需要

及时治疗<sup>[6-7]</sup>。现阶段治疗方案大多依赖显微根管治疗技术,不仅技术敏感性较高,而且即使在放大照明、使用超声器械的情况下也常常难以定位根管,从而导致根管偏移、侧穿等医源性并发症,增加根管治疗失败的发生率<sup>[8]</sup>。

为提高钙化根管治疗的成功率,基于锥形束CT(cone-beam computed tomography, CBCT)、口腔数字化扫描和数字化设计软件的3D打印导板技术逐步开始应用于钙化根管治疗<sup>[9]</sup>。数字化根管定位导板能够精确定位并引导钻针及根管疏通器械进入钙化根管,显著提高了治疗的准确性和安全性<sup>[10]</sup>。本研究报道了深圳大学总医院口腔科应用CBCT联合3D打印数字化导板技术治疗2例前牙根尖周炎伴根管钙化病例,探讨该技术在复杂根管治疗中的应用潜力和临床效果,现报道如下。

### 病例1

#### 一、临床资料

1. 基本情况:患者,女,36岁,主诉“左上前牙变色3月余”。现病史:患者10年前因外伤于外院充填修复,3个月前发现左上前牙牙冠变黑,充填物脱落,牙缝增宽,无明显自发痛、夜间痛及冷热刺激痛等不适,现要求修复。

2. 临床检查:口内检查可见21近中切角缺损(图1A),探诊无敏感,叩诊(±),无明显松动,牙龈未见明显异常,牙髓活力冷、热测试无反应,牙髓电活力测试无反应。根尖X线片(图1B)示21近中邻面低密度影近髓,根管钙化闭锁,根尖周2 mm×2 mm类圆形低密度影。

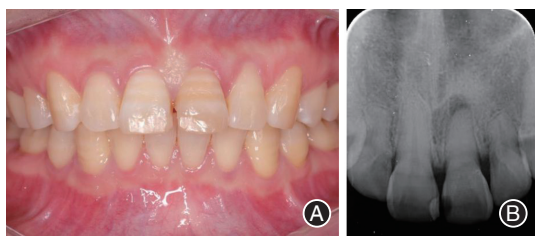


图1 病例1术前情况 A:口内照;B:根尖X线片。

3. 初步诊断:1、21慢性根尖周炎;2、21牙体缺损。

4. 治疗计划:21根管治疗。因术前根尖X线片提示髓腔闭锁,根管中下段影像不清,为降低根管治疗并发症如根管偏移、根管侧穿发生率,获得患者同意后决定治疗方案为数字化导板辅助定位下建立21根管开髓路径,行根管治疗后冠修复。

#### 二、3D开髓导板设计和制作

第一次就诊采集患者CBCT影像数据显示:21根管全段影像消失(图2)。使用数字化口内扫描仪(TRIOS 3, 3Shape, 丹麦)扫描患者口内数据。

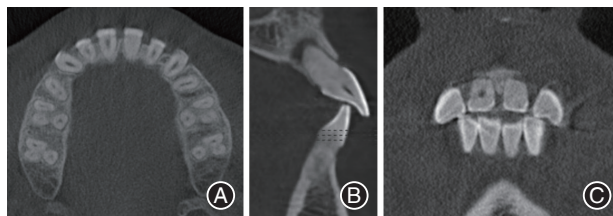


图2 病例1术前锥形束CT(CBCT)影像数据 A:横断面;B:矢状面;C:冠状面影像,可见21髓腔及根管钙化闭锁。

将患者CBCT数据及口内扫描数据同时导入3Shape Implant Studio导板设计软件,使用多点匹配功能,分别选取口腔扫描数据及CBCT数据上空间位置相同且不共线的3点,将口腔扫描数据与CBCT数据拟合后设计开髓的方向、开髓孔位置、直径及深度(图3)。为确保开髓路径位于牙根横截面中央并可辅助根管预备器械到达根尖孔,避免牙本质过度切割及侧穿,开髓方向设计见图3C。开髓孔定位于21切端,导板金属导环内径设定为1.5 mm。因CBCT中测量21根管长度约19 mm,设计定位钻深度为14.13 mm。在设计软件中模拟操作以验证设计准确性并确保参数符合临床要求,通过3D打印机(NextDent 3100, 3D System, 美国)进行三维手术导板打印,于工作模型试戴(图4)。

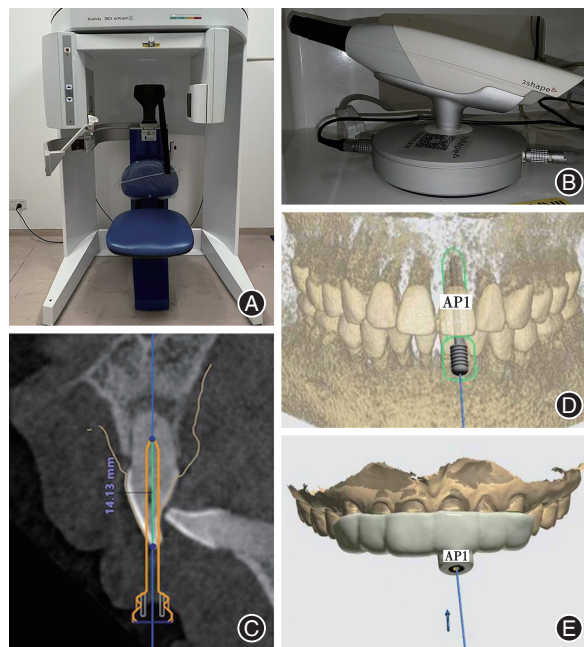


图3 病例1依据锥形束CT(CBCT)数据行3D导板的术前数字化设计 A:KAVO锥束计算机断层扫描仪器;B:3Shape数字化口内扫描仪;C:CBCT矢状面示意入路设计及钻针深度;D~E:计算机辅助设计导板就位及钻针开髓方向;AP1为导板内金属导环型号。





图4 病例1依据数字化设计结果打印3D导板 A:Nextdent 3100 3D打印机;B:3D打印导板成品;C:导板于工作模型试戴。

### 三、诊疗过程

将数字化根管定位导板置于患者口内试戴,确认其与牙体密合无松动(图5A)。橡皮障隔湿术野(图5B),数字化根管定位导板就位,根管显微镜辅助下使用金刚砂球钻去除部分牙釉质。持续滴入0.9%氯化钠溶液保持开髓孔湿润,使用长柄金刚砂车针(H162SXL.314.014,固美,德国;图5C~5D)沿导板引导通路磨除牙本质。大量3%次氯酸钠溶液和0.9%氯化钠溶液交替冲洗避免碎屑堵塞根管口。超声荡洗后使用显微根管口探针结合10号C锉(VDW,德国)探查根管位置(图5E)。获得根管入路后逐步使用10号C锉、15号K锉(MANI,日本)疏通中下段根管(图5F),术中拍片确认疏通方向及长度,最终测得根管长度19 mm。插针拍摄X线片示15号K锉到达根尖(图5G)。采用M3 pro镍钛系统(常州益锐医疗器材有限公司)预备根管(图5H),3%次氯酸钠溶液超声荡洗后封氢氧化钙。2周后复诊在根管显微镜辅助下去除根管内封药,采用生物陶瓷材料 iRoot SP (Innovative Bioceramix, 加拿

大)联合0.04锥度/30号主牙胶尖(Sureendo, 韩国)充填根管下段,根管中上段采用热牙胶充填仪(EOU, SybronEndo, 卡瓦, 德国)回填(图5I),术后X线片示根充长度密度合适(图5J)。玻璃离子封闭根管口,美学树脂充填21牙冠缺损,调整咬合,嘱患者3个月后复查修复患牙。

### 四、术后随访

术后3个月患者复诊无不适。口内检查:树脂充填物完整未见明显继发龋,21无明显探诊叩诊不适及松动,根尖区黏膜未见明显异常。X线片示21根尖区低密度影范围缩小(图5K)。此后因患者怀孕,暂时未能复查。术后2年复查根尖X线片示21根尖区低密度影像消失(图5L)。

## 病例2

### 一、临床资料

1. 基本情况:患者,女,33岁,主诉“左上前牙变色6月余”。现病史:患者10余年前因碰撞致前牙着地,左上前牙缺损,于外院充填后无不适,6个月

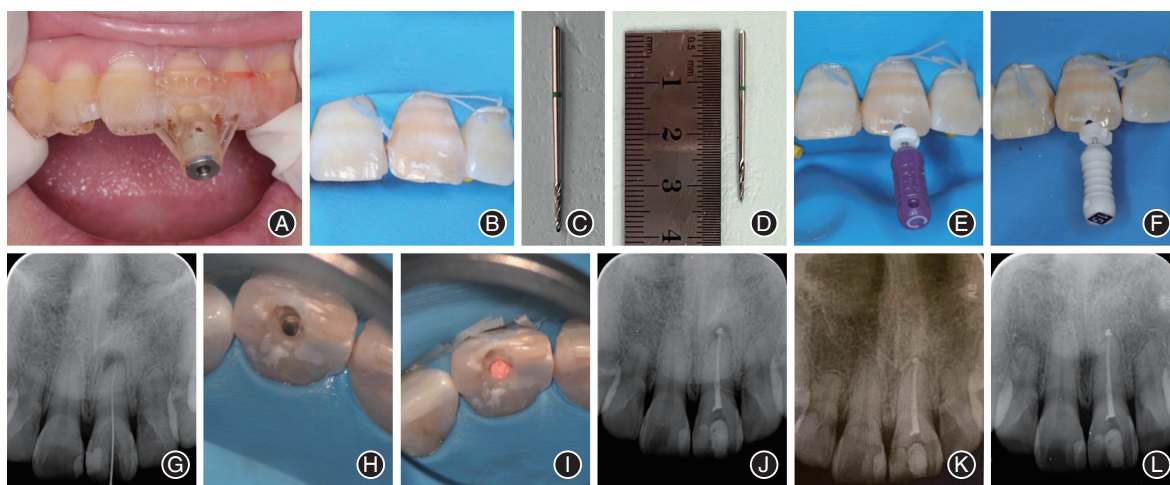


图5 病例1根管治疗过程及术中、术后影像学资料 A:导板口内试戴及就位;B:橡皮障术区隔离;C~D:长柄金刚砂钻;E:10号C锉探查根管;F~G:15号K锉疏通至根尖及拍摄X线片;H:根管预备后;I:根管充填后髓腔照;J:根管充填后即刻X线片;K:术后3个月复查X线片;L:术后2年复查X线片。

前发现左上前牙牙冠变色,无明显自发痛、夜间痛及冷热刺激痛等不适,现要求检查。

2. 临床检查:口内检查可见21近中邻面牙髓充填物边缘未见明显继发龋坏,探诊无敏感( $\pm$ ),无明显松动,牙龈处未见瘘管,牙髓活力冷、热测试无反应,牙髓电活力测试无反应。上前牙深覆殆,下前牙牙列拥挤。根尖X线片(图6A)示21近中邻面高密度影,根管影像不清晰,根尖周3 mm $\times$ 4 mm类圆形低密度影。

3. 初步诊断:(1)21慢性根尖周炎;(2)21牙体缺损。

4. 治疗计划:同病例1,数字化导板辅助定位下行21根管治疗后冠修复。

## 二、数字化导板的设计制作

依照前述方法收集患者CBCT影像资料(图6B~6D)及口内扫描数据,导入3Shape Implant Studio为患者设计开髓导板,开髓方向选择沿牙体长轴如图7A~7C。根据CBCT数据选择开髓引导通道深度为14.47 mm,在设计软件中模拟验证后3D打印出开髓导板(图7D)。

## 三、诊疗过程

将数字化导板于患者上颌牙列试戴,确认可正确就位(图8A)。橡皮障隔离术区,导板就位后,根管显微镜辅助下使用高速涡轮机结合金刚砂球钻磨除部分牙釉质,使用与病例1相同的金刚砂车针磨除牙本质。10号C锉探查根管口(图8B)。逐步使用10号C锉、15号K锉疏通根管至根尖(图8C)。根测仪测得根管长度为19 mm,插针拍摄X线

片确认工作长度及方向(图8D)。M3 pro预备至0.04锥度/30号(图8E),冲洗干燥根管,封氢氧化钙并暂封窝洞,2周后复诊根管充填。2周复诊去除暂封,iRoot SP联合0.04锥度/30号主牙胶尖充填根管下段,上段热牙胶充填(图8F~8G)。术后根尖X线片示根充长度、密度合适(图8H),树脂充填患牙,嘱患者3个月后复查。

## 四、术后随访

患者术后3个月复查,自述无疼痛及咬物不适。口内检查:21树脂充填物边缘密合,无明显探诊叩诊不适及松动,根尖黏膜未见明显异常。根尖X线片示21根尖周低密度影消退(图8I)。术后2年患者正畸中,复查根尖X线片示21根尖区未见低密度影(图8J)。

## 讨 论

钙化根管的治疗是根管治疗的难点之一<sup>[9,11]</sup>。医源性根尖偏移及过度去除牙本质可能造成根管治疗不良预后<sup>[12-13]</sup>。然而,数字化导板辅助定位下根管治疗作为一种新的、安全的治疗手段,可降低医源性并发症的发生率,增加钙化根管治疗成功率<sup>[14-16]</sup>。

在数字化导板应用于临床之前,钙化根管治疗主要依赖医师临床经验,在疏通根管时需根管显微镜辅助放大和照明,同时使用超声器械去除钙化牙本质,并通过多次拍摄X线片甚至CBCT确认并及时调整入路。此种方法不仅费时费力,同时易出现牙本质去除过多,根管侧穿、根尖偏移等并发症。本文病例采用了CBCT结合3D数字化导板打印技

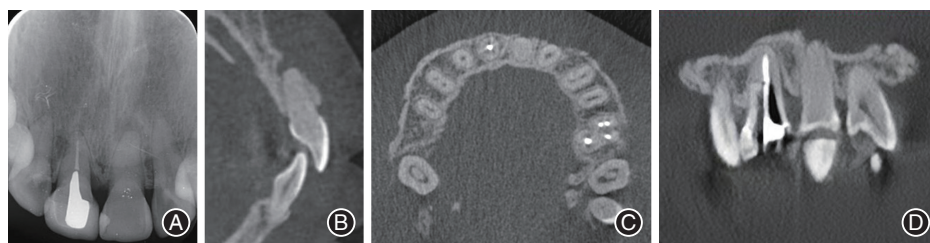


图6 病例2术前影像学资料 A:根尖X线片;B~D:锥形束CT(CBCT)矢状面、横断面以及冠状面影像,可见21髓腔及根管钙化闭锁。

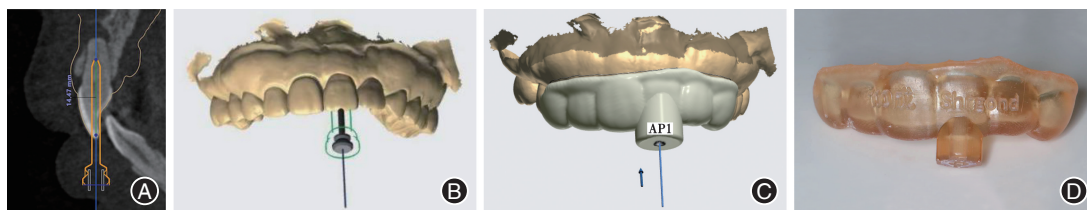


图7 病例2依据锥形束CT(CBCT)数据行3D导板术前数字化设计及3D打印 A:CBCT矢状面示意入路设计及钻针深度;B~C:计算机辅助设计导板就位及钻针开髓方向;D:3D打印导板成品;API为导板内金属导环型号。



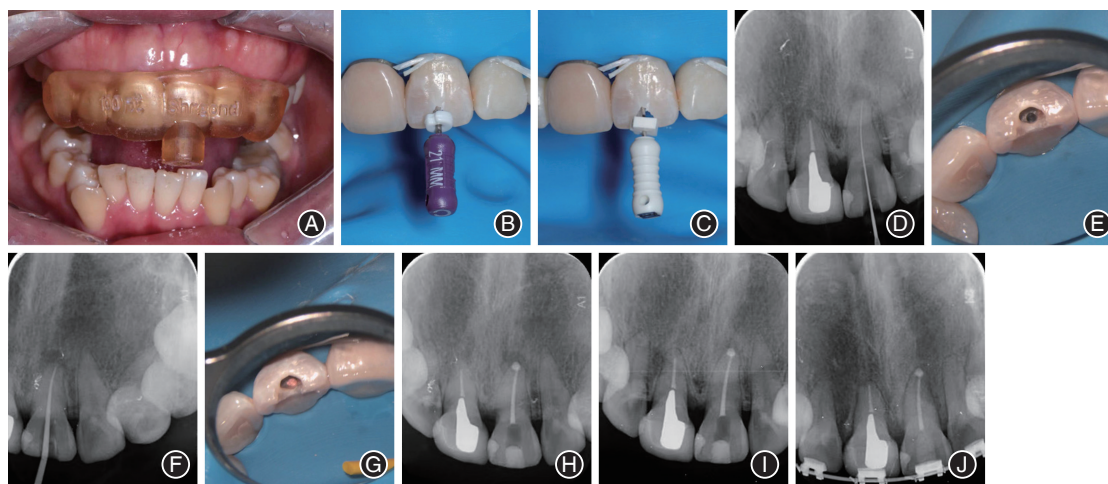


图8 病例2根管治疗过程及术中、术后影像学资料 A:导板口内试戴及就位;B:10号C锉探查根管;C~D:15号K锉疏通至根尖及拍摄X线片;E:根管预备后;F:根管充填试尖片;G:根管充填完成显微镜下髓腔照;H:根管充填完成X线片;I:术后3个月复查根尖X线片;J:术后2年复查根尖X线片,患者正畸治疗中。

术,在导板的引导下建立入路,快速准确定位根管口,减少了术中操作时间及传统治疗方式的多次X线片照射定位需求。钙化往往是从管部向根方发生,所以根尖部分可能存在根管影像。本文病例中定位钻的深度设计参考CBCT矢状位各截面上尚可见根管影像的部分,为设计软件中测量出切端到根尖的长度减去尚可见根尖段根管影像部分的长度,如病例1中测得切端到根尖的工作长度为19 mm,尚可见根管影像部分的长度约为4.87 mm,则得出定位深度为14.13 mm。临床操作中可采取逐步深入的办法,钻磨进入根管一定深度后可尝试疏通根管,若无法疏通则继续使用定位钻深入。

数字化导板的应用主要优势包括:(1)个性化精确设计,可根据病例情况定制个性化导板,设计开髓的直径、方向及工作长度,精准定位根管口甚至到达根管的畅通部分,提高根管疏通成功率<sup>[16-17]</sup>。(2)减少手术并发症,有效减少根管遗漏、髓腔及根管侧穿的发生<sup>[17-20]</sup>。(3)保护牙齿结构,最大限度内保留更多牙体组织,减少不必要的牙体去除,提高牙齿抗折强度<sup>[17,21-22]</sup>。(4)缩短椅旁时间<sup>[23]</sup>,减少技术敏感性,提高初学者操作准确性及处理疑难病例的能力<sup>[14]</sup>。

数字化导板导航下的根管治疗也存在一些局限性,具体体现在:(1)需配置CBCT、口腔扫描仪、3D打印机,设备成本较高,前期准备工作所需时间较长<sup>[24]</sup>。(2)开髓通道为直线入路,现阶段不适用于复杂根管及弯曲根管治疗<sup>[25-28]</sup>。(3)导板引导牙髓治疗的准确性仍有待提高<sup>[10]</sup>。(4)由于临床上可

选用的较长长度车针不多,本文病例选用的车针尖端为锥形,且长度受限,此2例患牙工作长度小于20 mm尚可完成治疗。手持钻磨时存在不稳定晃动可能,需时刻注意方向调整。未来此问题可能需要更合适的车针设计及机械手解决。

综上所述,数字化导板引导为上颌中切牙钙化根管治疗提供了微创、精准、安全和高效的方案,可提高根管治疗成功率。随着数字化技术及治疗器材的更新,数字化导板技术将会进一步降低牙体牙髓疑难复杂病例的治疗难度。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

**作者贡献声明** 易柏成:病例整理、文章撰写;李旭光:导板制作、影像资料整理;王容容:文献整理、数据整理;王新璇:治疗方案指导、论文审阅

## 参 考 文 献

- [1] Oginni AO, Adekoya-Sofowora CA, Kolawole KA. Evaluation of radiographs, clinical signs and symptoms associated with pulp canal obliteration: An aid to treatment decision [J]. Dent Traumatol, 2009, 25 (6): 620-625. DOI: 10.1111/j.1600-9657.2009.00819.x.
- [2] Mello - Moura ACV, Santos AMA, Bonini GAVC, et al. Pulp calcification in traumatized primary teeth-classification, clinical and radiographic aspects [J]. J Clin Pediatr Dent, 2017, 41 (6): 467-471. DOI: 10.17796/1053-4628-41.6.9.
- [3] Andreasen FM, Kabler B. Pulpal response after acute dental injury in the permanent dentition: Clinical implications—A review [J]. J Endod, 2015, 41 (3): 299-308. DOI: 10.1016/j.joen.2014.11.015.
- [4] McCabe PS, Dummer PM. Pulp canal obliteration: An endodontic diagnosis and treatment challenge [J]. Int Endod J,

- 2012,45(2):97-177. DOI:10.1111/j.1365-2591.2011.01963.x.
- [5] Connert T, Zehnder MS, Amato M, et al. Microguided Endodontics: A method to achieve minimally invasive access cavity preparation and root canal location in mandibular incisors using a novel computer-guided technique [J]. *Int Endod J*, 2018, 51(2):247-255. DOI:10.1111/iej.12809.
- [6] Krastl G, Weiger R, Filippi A, et al. European Society of Endodontology position statement: Endodontic management of traumatized permanent teeth [J]. *Int Endod J*, 2021,54(9):1473-1481. DOI:10.1111/iej.13543.
- [7] McCabe PS, Dummer PM. Pulp canal obliteration: An endodontic diagnosis and treatment challenge [J]. *Int Endod J*, 2012, 45(2):177-197. DOI:10.1111/j.1365-2591.2011.01963.x.
- [8] van der Meer WJ, Vissink A, Ng YL, et al. 3D computer aided treatment planning in endodontics [J]. *J Dent*, 2016,45:67-72. DOI:10.1016/j.jdent.2015.11.007.
- [9] Connert T, Weiger R, Krastl G. Present status and future directions: Guided endodontics [J]. *Int Endod J*, 2022, 55(Suppl 4):995-1002. DOI:10.1111/iej.13687.
- [10] Moreno - Rabié C, Torres A, Lambrechts P, et al. Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: A systematic review [J]. *Int Endod J*, 2020,53(2):214-231. DOI:10.1111/iej.13216.
- [11] 牛晓阳,张岚,郑庆华,等. 根管治疗转诊病例的分析评估[J]. *华西口腔医学杂志*, 2012,30(5):498-500+504. DOI:10.3969/j.issn.1000-1182.2012.05.011.
- [12] Kiefner P, Connert T, El Ayouti A, et al. Treatment of calcified root canals in elderly people: A clinical study about the accessibility, the time needed and the outcome with a three-year follow - up [J]. *Gerodontology*, 2017, 34(2):164-170. DOI:10.1111/ger.12238.
- [13] Ambu E, Gori B, Marruganti C, et al. Influence of calcified canals localization on the accuracy of guided endodontic therapy: A case series study [J]. *Dent J*, 2023,11(8):183. DOI:10.3390/dj11080183.
- [14] Connert T, Krug R, Eggmann F, et al. Guided endodontics versus conventional access cavity preparation: A comparative study on substance loss using 3-dimensional-printed teeth [J]. *J Endod*, 2019,45(3):327-331. DOI:10.1016/j.joen.2018.11.006.
- [15] Buchgreitz J, Buchgreitz M, Bjørndal L. Guided root canal preparation using cone beam computed tomography and optical surface scans: An observational study of pulp space obliteration and drill path depth in 50 patients [J]. *Int Endod J*, 2019, 52(5):559-568. DOI:10.1111/iej.13038.
- [16] Kulinkovych-Levchuk K, Pecci-Lloret MP, Castelo-Baz P, et al. Guided endodontics: A literature review [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(21):13900. DOI:10.3390/ijerph192113900.
- [17] Ali A, Arslan H. Effectiveness of the static-guided endodontic technique for accessing the root canal through MTA and its effect on fracture strength [J]. *Clin Oral Investig*, 2021,25(4):1989-1995. DOI:10.1007/s00784-020-03507-x.
- [18] Ribeiro D, Reis E, Marques JA, et al. Guided endodontics: Static vs. dynamic computer - aided techniques: A literature review [J]. *J Pers Med*, 2022, 12(9):1516. DOI:10.3390/jpm12091516.
- [19] Zubizarreta-Macho Á, Valle Castaño S, Montiel-Company JM, et al. Effect of computer - aided navigation techniques on the accuracy of endodontic access cavities: A systematic review and meta - analysis [J]. *Biology*, 2021, 10(3):212. DOI:10.3390/biology10030212.
- [20] Zubizarreta - Macho A, Castillo - Amature C, Montiel - Company JM, et al. Efficacy of computer-aided static navigation technique on the accuracy of endodontic microsurgery. A systematic review and meta - analysis [J]. *J Clin Med*, 2021, 10(2):313. DOI:10.3390/jcm10020313.
- [21] Lara-Mendes STO, Barbosa CFM, Machado VC, et al. A new approach for minimally invasive access to severely calcified anterior teeth using the guided endodontics technique [J]. *J Endod*, 2018, 44(10):1578-1582. DOI:10.1016/j.joen.2018.07.006.
- [22] Lewis NV, Aggarwal S. Static guided endodontic approach for pulp canal obliteration: A case report [J]. *Cureus*, 2023,15(7):e42379. DOI:10.7759/cureus.42379.
- [23] Fornara R, Pisano M, Salvati G, et al. Management of calcified canals with a new type of endodontic static guide: A case report [J]. *Dent J*, 2024,12(6):166. DOI:10.3390/dj12060166.
- [24] Leontiev W, Connert T, Weiger R, et al. Guided endodontics: Three - dimensional planning and template - aided preparation of endodontic access cavities [J]. *J Vis Exp*, 2022,24(183). DOI:10.3791/63781.
- [25] Connert T, Zehnder MS, Weiger R, et al. Microguided endodontics: Accuracy of a miniaturized technique for apically extended access cavity preparation in anterior teeth [J]. *J Endod*, 2017,43(5):787-790. DOI:10.1016/j.joen.2016.12.016.
- [26] Fonseca Tavares WL, Diniz Viana AC, de Carvalho Machado V, et al. Guided endodontic access of calcified anterior teeth [J]. *J Endod*, 2018, 44(7):1195-1199. DOI:10.1016/j.joen.2018.04.014.
- [27] Ackerman S, Aguilera FC, Buie JM, et al. Accuracy of 3 - dimensional-printed endodontic surgical guide: A human cadaver study [J]. *J Endod*, 2019,45(5):615-618. DOI:10.1016/j.joen.2019.02.005.
- [28] Krastl G, Zehnder MS, Connert T, et al. Guided endodontics: A novel treatment approach for teeth with pulp canal calcification and apical pathology [J]. *Dent Traumatol*, 2016, 32(3):240-246. DOI:10.1111/edt.12235.

(收稿日期:2024-09-14)

(本文编辑:王嫚)