

根管治疗中器械分离的临床处理策略

赵乐 黄柱伟 杨柳 张晓磊

中山大学附属第八医院口腔科,深圳 518016

通信作者:张晓磊,Email:zhangxl35@mail.sysu.edu.cn

【摘要】 器械分离是根管治疗的常见并发症之一,其发生通常无明显先兆。发生器械分离后,会在根管内残余一小段根管锉,使根管治疗过程复杂化。分离器械可能会阻碍根管的进一步清理和成形,潜在影响了根管治疗的成功率。本文综合近年来器械分离相关研究,分析其发生原因、治疗方法和预防策略,为临床决策提供参考。

【关键词】 器械分离; 根管治疗; 超声技术; 显微镜

基金项目: 深圳市科技计划(JCYJ20220530144410023、JCYJ20220530144410024); 深圳市口腔疾病临床医学研究中心资助项目(20210617170745001)

引用著录格式: 赵乐,黄柱伟,杨柳,等. 根管治疗中器械分离的临床处理策略[J/OL]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2025, 19(6):383-387.

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2025.06.005

Clinical decision making for endodontic instrument fracture in root canal therapy

Zhao Le, Huang Zhuwei, Yang Liu, Zhang Xiaolei

The Eighth Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Shenzhen 518016, China

Corresponding author: Zhang Xiaolei, Email: zhangxl35@mail.sysu.edu.cn

【Abstract】 Endodontic instrument fracture is one of the common complications of root canal therapy and often occurs without warning. When instrument separation occurs, a small section of root canal file remains within the root canal, complicating the root canal treatment process. Isolated instrument fragments may hinder further cleaning and shaping of the root canal, potentially affecting the overall success rate of root canal treatment. This article summarizes the research on instrument separation in recent years, and discusses its causes, treatment methods and prevention methods, to provide decision-support for clinical practice.

【Key words】 Instrument separation; Root canal treatment; Ultrasonic technique; Microscope

Fund programs: Science and Technology Planning Project of Shenzhen (JCYJ20220530144410023, JCYJ20220530144410024); Project of Shenzhen Clinical Research Center

for Oral Diseases (20210617170745001)

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2025.06.005

根管治疗是目前不可复性牙髓炎及根尖周炎最常用且有效的非手术治疗手段。根管治疗无法在直视下进行,主要依靠医师的手感与经验,再加上根管解剖系统的多样性及复杂性,根管治疗过程中可能会出现并发症,包括根管治疗后疼痛、器械分离、髓腔壁穿孔及口腔软硬组织损伤等。器械分离是指在根管治疗过程中位于根管内的根管锉发生分离。复杂的根管解剖、过大的操作力量、不正确的器械使用及金属材料疲劳等都是器械分离的原因。Wolcott等^[1]研究发现,根管治疗中Protaper机用旋转镍钛系统发生器械分离的发生率为2.4%。Cunha等^[2]研究发现,WaveOne镍钛根管锉系统在根管预备过程中每个根管器械分离的发生率为0.13%,每颗牙器械分离的总体发生率为0.42%;与Protaper系统相比,WaveOne系统器械分离发生率更低的原因可能是往复运动及一次性使用^[3]。分离器械可能会阻碍根管的进一步清理和成形,潜在影响了根管治疗的整体成功率。McGuiga等^[4]研究发现,根尖周炎患牙若发生器械分离,根管治疗的成功率将会降低,应尽量选择取出分离器械或形成旁路。但是,取出分离器械不可避免牺牲部分牙体组织,造成牙根折断所需垂直向力的减少^[5]。本文综合近年来器械分离相关研究,分析其发生原因、治疗方法和预防策略,为临床决策提供参考。

一、器械分离的风险

根管治疗后器械分离的总体发生率为3.3%,其中包括78.1%的机用镍钛锉、15.9%的手动锉^[6]。与手动根管锉不同,镍钛根管锉在分离前缺乏永久性形变等可视的潜在分离风险信号,常常无临床征兆。当器械使用过程中达到循环疲劳或超过其扭转应力的最大限度时,即发生器械分离^[7]。

1. 根管解剖系统原因:研究表明,器械分离的风险与根管解剖系统的复杂程度成正比;绝大多数根管治疗过程中的器械分离发生于上下颌磨牙,特别是近中颊根,其原因在于上下颌磨牙特别是近中颊根的根管弯曲度更大^[8]。Alfouzan等^[9]的研究结果显示,56.6%的器械分离发生在严重弯曲(曲率大于25°)的根管内,最常见于根尖1/3(85.7%),牙根颈1/3和中1/3发生器械分离发生率差异无统计学意义。Pedullà等^[10]研究发现,根管半径变小会降低器械的循环抗疲劳性。根尖1/3处根管常狭窄且弯曲程度大,使得此处的根管锉更

容易因扭转应力或弯曲疲劳而发生器械分离。此外,根管的横截面也并非与器械形状完全契合的圆形,由于钙化等原因,根管内常有狭窄区域,使得器械部分或完全无法进入,这些均可能造成器械分离。

2. 操作原因:根管预备需要建立进入根管的直线通路,器械无法沿着直线方向进入根管时,器械与根管壁接触面积增大,导致器械承受更大的应力。Mauney Iii等^[11]的研究发现,微创牙髓治疗过程中,为保留更多牙体硬组织,器械以非直线通路进入根管,若发生器械分离,器械分离部分长度将较传统直线通路更长,其原因可能是源于器械在弯曲根管内的应力更高。

3. 器械原因:机用旋转根管锉有其合适的使用力矩及转速。有研究表明,当扭矩控制电机的性能低于根管锉的弹性极限时,可减少由扭转过载导致的器械分离^[12]。同时,器械使用次数达到限度时须及时丢弃更换。此外,器械可能在制造过程中存在缺陷,也会增加器械分离的风险。

二、分离器械取出术前评估

发生器械分离后,需对患牙进行影像学检查,根据患牙的根管解剖系统及分离器械的情况进行临床决策(图1)。

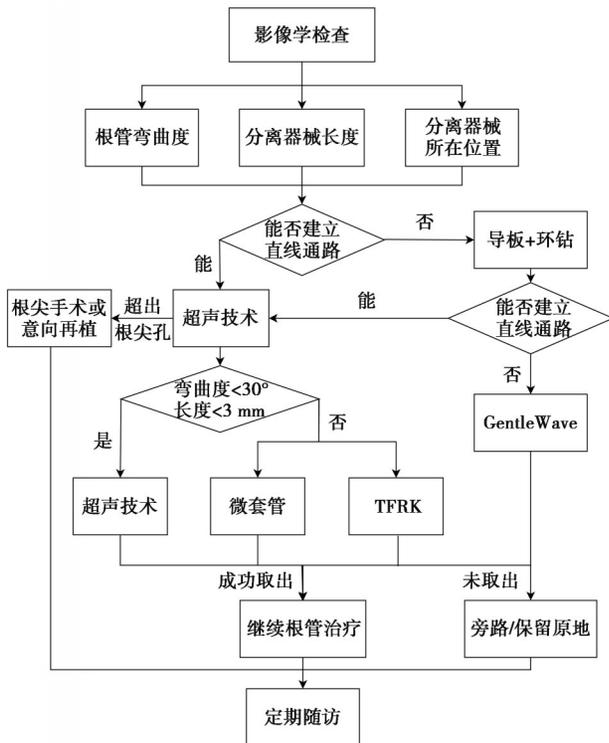


图1 分离器械处理决策流程图

1. 直线通路可达性:超声下去除分离器械需要尽可能地建立直线通道,在直视下取出。因此,位于根尖严重弯曲部位的分离器械,取出难度将极大提高。研究发现,分离器械位于根管冠1/3及根中1/3时,治疗成功率远高于位于根尖1/3的患牙^[13-14]。Shen等^[15]研究指出,最小根管弯曲度($<5^\circ$)、中等根管弯曲度($5^\circ \sim 20^\circ$)和严重根管弯曲度($>20^\circ$)的分离器械成功率分别为100%、83%和43%。Terauchi等^[16]研究发

现,根管弯曲度 $>30^\circ$ 时,取出分离器械的时间明显增加,当分离器械片段较长(4.6~5.7 mm)时,需要比长度 <3.1 mm的器械更长的取出时间,当分离器械片段 >6.4 mm时,分离器械与根管壁接触面积更大,难以仅凭借超声设备取出。超声设备操作时间过长会导致分离器械二次分离或医师疲劳^[17]。因此,对于较长的分离器械,不可单纯使用超声设备进行处理,还需配合其他工具和设备,避免器械二次分离。

2. 患牙根尖周炎症状态:Panitvisai等^[18]研究指出,当患牙无根尖周炎症时,即使在根管内保留分离的器械片段,仍有92.4%的病例能愈合,表明保留分离器械不一定会导致预后不良,因此无根尖周疾病的患牙若无法取出分离器械,可考虑形成旁路或保留分离器械于原地。但是,存在根尖周疾病患牙在根管内保留分离的器械片段,仅有80.7%的病例能愈合。因此,当患牙有根尖周炎症时尽量尝试取出分离器械或形成旁路。

三、决策分支

1. 非手术取出:发生器械分离后,若能取出分离器械并继续进行完善的根管治疗,患牙能获得良好的预后效果,患者也能对治疗效果满意^[19]。目前,临床上取出分离器械的常规方法是利用超声设备,再配合显微镜的使用,成功率高达81.8%^[20]。

(1)微套管:超声设备配合显微镜和微套管等其他辅助设备的使用能够有效减少根管壁去除量,尽可能避免患牙机械强度降低。微套管系统是取出根管内分离器械的新型治疗方法,要求使用超声设备或环钻设备暴露分离器械冠方端,通过专用设备夹持并取出分离器械,有效保留更多的根管壁牙本质,较单纯使用超声设备具有更高的成功率。经典的微套管器械IRS[®](instrument removal system)建议暴露分离器械冠方端2 mm以上后使用,而对于较短的分离器械需要去除更多的牙本质,建议使用MR & R(micro-retrieve and repair)系统。将MR & R系统的窗口下缘高度改良至0.20 mm后,仅暴露出0.5 mm的断端长度即可被改良微套管系统夹持^[21]。

(2)TFRK[®]:TFRK(terauchi file retrieval kit)是一种新型套索装置,可在超声去除分离器械周围牙本质,分离器械拥有一定动度但仍不可自行脱出时使用。有病例报道称当分离器械冠方段暴露0.7 mm时,可利用TFRK装置套取取出分离器械,无须进一步去除牙本质^[22]。TFRK取出分离器械的成功率高达95%,且能保留更多的牙本质,由于未使用技术敏感性更高的环钻设备,取出分离器械的时间相对减少^[23-24]。

(3)三维影像导航:锥形束CT(cone-beam computed tomography, CBCT)是临床常用的影像学检查手段之一,它大大提高了临床诊断的准确性^[25]。但是,高密度物体会导致金属伪影,从而影响图像质量并最终导致诊断误差,通过去伪影等处理手段,CBCT在检测分离器械方面显著优于X线片,有助于实现多维导航和对分离器械的诊断、决策、预后评估和管理^[26]。Bordone等^[27]利用影像学技术结合计算机软件,

构建树脂导板引导环钻建立直线通路,便于分离器械的取出,由于导板精确调控了环钻的工作方向及深度,能有效地减少取出分离器械过程中牙本质的损失和椅旁操作时间。

(4) GentleWave®: GentleWave 是一种新的根管冲洗系统,其利用声波产生强烈的流体动力学变化,使冲洗液能彻底到达复杂的根管系统内,从而达到根管清洁消毒的效果^[28]。目前,取出分离器械的常规手段是超声技术,过程中难以避免牙本质的损失和牙根外表面温度的升高^[29-30]。GentleWave 系统不破坏牙本质的完整性,且需配合冲洗液的使用,可以减少热损伤问题。但是,GentleWave 系统取出位于根中区域的分离器械成功率仅有 83.3%,分离器械所在根管弯曲度 $>30^\circ$ 时,成功率只有 42.0%^[31],效果不如常规的超声设备(81.8%)。因此,GentleWave 更适合作为减少牙本质损耗的冲洗与清洁手段,对取出分离器械的作用有限。

2. 保留原地或形成旁路:取出分离器械需要建立直线通路以保证分离器械的可视化,在这过程中无法避免地需要去除部分健康牙本质。Ni 等^[32]研究发现,取出分离器械会导致根管直线通路区域的应力分布发生变化和应力集中。当分离器械位于严重弯曲根管的根尖 1/3,尝试取出分离器械可能会造成过度牙体损伤,进而引起侧穿或根折,通常更倾向选择绕过分离器械形成旁路或将分离器械保留在原地,继续进行根管预备和充填。有效的根管消毒是根管治疗成功的基础,但由于分离器械的存在,根管消毒的效果可能会受到影响。Seven 等^[33]研究发现,当根管内存在分离器械时,无论是常规注射器冲洗还是超声荡洗,均无法有效去除根管壁玷污层。但是,Vatanpour 等^[34]却有不同观点,即当根管内存在分离器械时,超声荡洗和 SWEEPS(shock wave enhanced emission photoacoustic streaming)法均能获得比常规注射器冲洗更有效的结果。Amaral 等^[35]则提出抗菌光动力学可作为保留分离器械的根管新型辅助消毒方法,其能有效减少根管系统内残留的微生物,获得良好预后。Liu 等^[36]指出与超声荡洗和注射器冲洗相比,光子诱导光声流激光激活冲洗和 Er:YAG 激光激活冲洗显示出更高的汽化气泡动力学,即便根管内存在分离器械,也能更好地清除根管壁玷污层。这几种根管消毒方式在正常根管中的清洁效果相似,都能显著减少细菌生物膜^[37-39],但在保留分离器械或形成旁路的根管内清洁作用缺乏更多的研究。对于无法去除分离器械而选择形成旁路或保留原地的患牙,必须做好彻底的根管消毒,以取得良好预后。

3. 手术或意向再植:非手术治疗方法有时可能会导致进一步的并发症,如分离器械超出根尖孔^[40],此时应采取手术方法解决,如通过根尖手术来取出分离器械。但是,若患牙靠近重要解剖结构或超出根尖孔的分离器械位于下颌骨舌侧,无法通过根尖手术来处理时,可选择意向再植术作为治疗手段^[41]。对于服用双膦酸盐类药物或有全身系统性疾病无法耐受手术的患者,建议保留分离器械,定期复查。

四、预防

复杂的根管解剖、过大的操作力量、不正确的器械使用

及金属材料疲劳等原因均可导致器械分离。根管预备须遵守基本原则,保持根管湿润,不跳号预备根管,及时更换旧的根管锉,方能减少并发症的发生。此外,使用开口锉对根管口进行预备,能降低根管弯曲度,有效减少根管预备时器械受到的扭转应力,从而降低器械分离的风险^[42]。Nasiri 等^[43]研究发现,使用高浓度($\geq 5\%$)的 NaOCl 溶液冲洗根管,会导致器械的抗疲劳性能下降,器械分离更易发生,因此要合理选择根管冲洗药物的浓度。目前,临床上常用的机用镍钛器械多为旋转运动方式,但有研究表明往复运动根管锉具有更高的抗循环疲劳能力^[44],因此对于部分根管弯曲度较大或根管狭窄的患牙,可考虑使用往复运动根管锉来代替旋转运动式根管锉进行根管预备,降低根管锉因循环疲劳导致器械分离的可能。

五、总结

器械分离是根管治疗的并发症之一,多发生在根管严重弯曲或根管狭窄的患牙。一旦发生器械分离,需充分评估患牙及分离器械具体情况,与患者充分沟通后选择合适治疗方案并定期随访。尽管上述治疗技术在部分文献中有报道,但由于临床病例异质性大、样本量有限及随访时间不足,目前尚缺乏大规模、随机对照试验来为最佳治疗策略提供坚实的证据。因此,临床决策仍需根据个案情况综合评估,权衡风险与获益。在根管治疗过程中,更需要积极预防器械分离意外的发生。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Wolcott S, Wolcott J, Ishley D, et al. Separation incidence of protaper rotary instruments: A large cohort clinical evaluation[J]. J Endod, 2006, 32(12): 1139-1141. DOI: 10.1016/j.joen.2006.05.015.
- [2] Cunha RS, Junaid A, Ensinas P, et al. Assessment of the separation incidence of reciprocating WaveOne files: A prospective clinical study[J]. J Endod, 2014, 40(7): 922-924. DOI: 10.1016/j.joen.2014.03.016.
- [3] Castelló-Escrivá R, Alegre-Domingo T, Faus-Matoses V, et al. *In vitro* comparison of cyclic fatigue resistance of ProTaper, WaveOne, and Twisted Files[J]. J Endod, 2012, 38(11): 1521-1524. DOI: 10.1016/j.joen.2012.07.010.
- [4] McGuigan MB, Louca C, Duncan HF. The impact of fractured endodontic instruments on treatment outcome [J]. Br Dent J, 2013, 214(6): 285-289. DOI: 10.1038/sj.bdj.2013.271.
- [5] Gerek M, Başer ED, Kayahan MB, et al. Comparison of the force required to fracture roots vertically after ultrasonic and Masseran removal of broken instruments[J]. Int Endod J, 2012, 45(5): 429-434. DOI: 10.1111/j.1365-2591.2011.01993.x.
- [6] Spili P, Parashos P, Messer HH. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment[J]. J Endod, 2005, 31(12): 845-850. DOI: 10.1097/01.don.0000164127.62864.7c.
- [7] Pedullà E, Lo Savio F, Boninelli S, et al. Torsional and cyclic fatigue resistance of a new nickel - titanium instrument

- manufactured by electrical discharge machining [J]. *J Endod*, 2016, 42(1): 156-159. DOI: 10.1016/j.joen.2015.10.004.
- [8] Amza O, Dimitriu B, Suciuc I, et al. Etiology and prevention of an endodontic iatrogenic event: Instrument fracture [J]. *J Med Life*, 2020, 13(3): 378-381. DOI: 10.25122/jml-2020-0137.
- [9] Alfouzan K, Jamleh A. Fracture of nickel titanium rotary instrument during root canal treatment and re-treatment: A 5-year retrospective study [J]. *Int Endod J*, 2018, 51(2): 157-163. DOI: 10.1111/iej.12826.
- [10] Pedullà E, La Rosa GRM, Virgillito C, et al. Cyclic fatigue resistance of nickel-titanium rotary instruments according to the angle of file access and radius of root canal [J]. *J Endod*, 2020, 46(3): 431-436. DOI: 10.1016/j.joen.2019.11.015.
- [11] Mauney Iii DK, Versluis A, Tantbirojn D, et al. File breakage in conventional versus contracted endodontic cavities [J]. *Eur Endod J*, 2023, 8(4): 262-267. DOI: 10.14744/eej.2023.41033.
- [12] Gambarini G. Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instruments after clinical use with low- and high-torque endodontic motors [J]. *J Endod*, 2001, 27(12): 772-774. DOI: 10.1097/00004770-200112000-00015.
- [13] Dioguardi M, Dello Russo C, Scarano F, et al. Analysis of endodontic successes and failures in the removal of fractured endodontic instruments during retreatment: A systematic review, Meta-analysis, and trial sequential analysis [J]. *Healthcare (Basel)*, 2024, 12(14): 1390. DOI: 10.3390/healthcare12141390.
- [14] Souter NJ, Messer HH. Complications associated with fractured file removal using an ultrasonic technique [J]. *J Endod*, 2005, 31(6): 450-452. DOI: 10.1097/01.don.0000148148.98255.15.
- [15] Shen Y, Peng B, Cheung GS. Factors associated with the removal of fractured NiTi instruments from root canal systems [J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2004, 98(5): 605-610. DOI: 10.1016/j.tripleo.2004.04.011.
- [16] Terauchi Y, Sexton C, Bakland LK, et al. Factors affecting the removal time of separated instruments [J]. *J Endod*, 2021, 47(8): 1245-1252. DOI: 10.1016/j.joen.2021.05.003.
- [17] Arslan H, Doğanay Yıldız E, Taş G, et al. Duration of ultrasonic activation causing secondary fractures during the removal of the separated instruments with different tapers [J]. *Clin Oral Investig*, 2020, 24(1): 351-355. DOI: 10.1007/s00784-019-02936-7.
- [18] Panitvisai P, Parunnit P, Sathorn C, et al. Impact of a retained instrument on treatment outcome: A systematic review and Meta-analysis [J]. *J Endod*, 2010, 36(5): 775-780. DOI: 10.1016/j.joen.2009.12.029.
- [19] Hindlekar A, Kaur G, Kashikar R, et al. Retrieval of separated intracanal endodontic instruments: A series of four case reports [J]. *Cureus*, 2023, 15(3): e35694. DOI: 10.7759/cureus.35694.
- [20] Fu M, Zhang Z, Hou B. Removal of broken files from root canals by using ultrasonic techniques combined with dental microscope: A retrospective analysis of treatment outcome [J]. *J Endod*, 2011, 37(5): 619-622. DOI: 10.1016/j.joen.2011.02.016.
- [21] 乐鑫, 申静, 张海峰. 比较3种微套管装置提取分离器械效果的体外实验研究 [J]. *华西口腔医学杂志*, 2020, 38(2): 160-165. DOI: 10.7518/hxkq.2020.02.009.
- [22] Terauchi Y, O'Leary L, Suda H. Removal of separated files from root canals with a new file-removal system: Case reports [J]. *J Endod*, 2006, 32(8): 789-797. DOI: 10.1016/j.joen.2005.12.009.
- [23] Abdeen MA, Plotino G, Hassanien EE, et al. Evaluation of dentine structure loss after separated file retrieval by three different techniques: An *ex-vivo* study [J]. *Eur Endod J*, 2023, 8(3): 225-230. DOI: 10.14744/eej.2023.37929.
- [24] Pruthi PJ, Nawal RR, Talwar S, et al. Comparative evaluation of the effectiveness of ultrasonic tips versus the Terauchi file retrieval kit for the removal of separated endodontic instruments [J]. *Restor Dent Endod*, 2020, 45(2): e14. DOI: 10.5395/rde.2020.45.e14.
- [25] Estrela C, Bueno MR, Leles CR, et al. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis [J]. *J Endod*, 2008, 34(3): 273-279. DOI: 10.1016/j.joen.2007.11.023.
- [26] Estrela LRA, Bueno MR, Azevedo BC, et al. A novel methodology for detecting separated endodontic instruments using a combination of algorithms in post-processing CBCT software [J]. *Sci Rep*, 2025, 15(1): 6088. DOI: 10.1038/s41598-025-90652-6.
- [27] Bordone A, Ciaschetti M, Perez C, et al. Guided endodontics in the management of intracanal separated instruments: A case report [J]. *J Contemp Dent Pract*, 2022, 23(8): 853-856. DOI: 10.5005/jp-journals-10024-3395.
- [28] Kim KH, Lévesque C, Malkhassian G, et al. Efficacy of the GentleWave System in the removal of biofilm from the mesial roots of mandibular molars before and after minimal instrumentation: An *ex vivo* study [J]. *Int Endod J*, 2024, 57(7): 922-932. DOI: 10.1111/iej.14044.
- [29] Jain AK, Jain R, Rao R, et al. Comparative evaluation of increase in temperature on the external root surface of teeth during retrieval of broken NiTi instrument using two ultrasonic tips and two power settings: An *in vitro* study [J]. *J Conserv Dent Endod*, 2024, 27(6): 634-638. DOI: 10.4103/JCDE.JCDE_130_24.
- [30] Lobo WMV, Sayed A, Sapkale K, et al. A comparative evaluation of the resistance to vertical root fracture after removal of separated instruments using three instrument retrieval systems: An *in vitro* study [J]. *J Conserv Dent Endod*, 2025, 28(2): 182-186. DOI: 10.4103/JCDE.JCDE_750_24.
- [31] Wohlgemuth P, Cuocolo D, Vandrangi P, et al. Effectiveness of the GentleWave system in removing separated instruments [J]. *J Endod*, 2015, 41(11): 1895-1898. DOI: 10.1016/j.joen.2015.08.015.
- [32] Ni N, Ye J, Wang L, et al. Stress distribution in a mandibular premolar after separated nickel-titanium instrument removal and root canal preparation: A three-dimensional finite element analysis [J]. *J Int Med Res*, 2019, 47(4): 1555-1564. DOI:

- 10.1177/0300060518823630.
- [33] Seven N, Cora S. Effectiveness of different irrigation systems in the presence of intracanal-separated file [J]. *Microsc Res Tech*, 2019, 82(3):238-243. DOI:10.1002/jemt.23165.
- [34] Vatanpour M, Toursavadjouhi S, Sajjad S. Comparison of three irrigation methods: SWEEPS, ultrasonic, and traditional irrigation, in smear layer and debris removal abilities in the root canal, beyond the fractured instrument [J]. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, 2022, 37: 102707. DOI: 10.1016/j.pdpdt.2021.102707.
- [35] Amaral RR, Cohen S, Ferreira MVL, et al. Antimicrobial Photodynamic Therapy associated with long term success in endodontic treatment with separated instruments: A case report [J]. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, 2019, 26: 15 - 18. DOI: 10.1016/j.pdpdt.2019.02.015.
- [36] Liu J, Watanabe S, Mochizuki S, et al. Comparison of vapor bubble kinetics and cleaning efficacy of different root canal irrigation techniques in the apical area beyond the fractured instrument [J]. *J Dent Sci*, 2023, 18 (3) : 1141 - 1147. DOI: 10.1016/j.jds.2022.10.032.
- [37] Akdere SK, Aydin ZU, Erdönmez D. Antimicrobial effectiveness of different irrigation activation techniques on teeth with artificial internal root resorption and contaminated with *Enterococcus faecalis*: A confocal laser scanning, microscopy analysis [J]. *Lasers Med Sci*, 2023, 38(1) : 89. DOI: 10.1007/s10103-023-03748-8.
- [38] Assadian H, Fathollahi S, Pourhajibagher M, et al. Effectiveness of activated sodium hypochlorite irrigation by shock wave - enhanced emission photoacoustic streaming, sonic and ultrasonic devices in removing *Enterococcus faecalis* biofilm from root canal system [J]. *J Clin Med*, 2024, 13 (20) : 6278. DOI: 10.3390/jcm13206278.
- [39] Hepsenoglu YE, Ersahan S, Erkan E, et al. Is SWEEPS better than PUI in reducing intracanal bacteria and inflammation in cases of apical periodontitis? [J]. *Lasers Med Sci*, 2024, 39(1) : 182. DOI: 10.1007/s10103-024-04117-9.
- [40] Kaddoura RH, Madarati AA. Management of an over - extruded fragment in a C-shaped root canal configuration: A case report and literature review [J]. *J Taibah Univ Med Sci*, 2020, 15(5) : 431-436. DOI: 10.1016/j.jtumed.2020.07.001.
- [41] Harada T, Harada K, Nozoe A, et al. A novel surgical approach for the successful removal of overextruded separated endodontic instruments [J]. *J Endod*, 2021, 47 (12) : 1942-1946. DOI: 10.1016/j.joen.2021.08.012.
- [42] Plotino G, Nagendrababu V, Bukiet F, et al. Influence of negotiation, glide path, and preflaring procedures on root canal shaping - terminology, basic concepts, and a systematic review [J]. *J Endod*, 2020, 46 (6) : 707 - 729. DOI: 10.1016/j.joen.2020.01.023.
- [43] Nasiri K, Wrbas KT. Management of separated instruments in root canal therapy [J]. *J Dent Sci*, 2023, 18(3) : 1433-1434. DOI: 10.1016/j.jds.2023.04.001.
- [44] de Pedro-Muñoz A, Rico-Romano C, Sánchez-Llobet P, et al. Cyclic fatigue resistance of rotary versus reciprocating endodontic files: A systematic review and Meta - analysis [J]. *J Clin Med*, 2024, 13(3) : 882. DOI: 10.3390/jcm13030882.

(收稿日期:2025-03-18)

(本文编辑:王嫚)