

基于旁路的复杂器械分离经根管取出策略探索与疗效评价

杨一辰 廖习成 马玥麟 李迎 王祥柱

中南大学湘雅口腔医院,中南大学湘雅口腔医学院,口腔健康研究湖南省重点实验室,长沙 410008

通信作者:王祥柱,Email:wangxiangzhu_endo@csu.edu.cn

【摘要】目的 探索无直线通路、阻力复杂的根管治疗分离器械经根管内取出方法,分析基于旁路的取出要点、优势与风险,评价治疗效果。**方法** 收集2017年2月至2025年1月期间就诊于中南大学湘雅口腔医院牙体牙髓科,术前影像诊断根管内器械分离,非套管法或超声法良好适应证,使用根管锉在分离器械旁疏通预备并取出分离器械,随访资料收集至术后半年以上。通过对患者基本情况、分离器械位置、长度、材质、型号、根管形态、术后影像、临床效果和随访资料等进行汇总,统计各变量例数,分析相关影响因素及治疗效果。**结果** 共收集175例患者(包括176支分离器械),其中男52例(29.7%)、女123例(70.3%),最大年龄73岁,最小年龄9岁,平均28岁。分离器械不锈钢材质44例、镍钛108例、碳钢24例。平均长度4.1 mm,平均断面直径0.32 mm,断面位于根尖1/3占67.6%,其中断面位于盲区46例(26.1%),平均距离根管口5.6 mm,锉尖超出根尖孔17例,根管中重度弯曲($\geq 10^\circ$)占93.7%,平均弯曲角度29.3°。治疗前有根尖周阴影151例(其中86例有不适症状)、无根尖周阴影24例(其中7例有临床症状)。完整取出160例,二次分离4例,未取出6例。术后影像显示根管出现明显偏移34例(含偏移并穿孔3例),未见明显形态学偏移141例(80.6%)。随访结果,治疗前有根尖周阴影且有临床症状患者取出分离器械后症状缓解或愈合83例,随访6个月仍有1例有症状及根尖周阴影;治疗前有根尖周阴影且无临床症状取出分离器械后出现临床症状2例,随访6个月后有症状,但其中1例根尖周阴影愈合;治疗前无根尖周阴影且有临床症状取出后症状缓解2例,随访6个月后有3例有症状,且其中1例出现阴影;治疗前无根尖周阴影且无临床症状17例取出后均无症状,随访6个月后有4例出现症状,其中2例出现根尖周阴影。**结论** 旁路法可作为无直线通路、阻力复杂的根管治疗分离器械经根管取出的较安全、可靠的方法。

【关键词】 器械分离; 旁路法; 根管治疗并发症

引用著录格式:杨一辰,廖习成,马玥麟,等.基于旁路的复杂器械分离经根管取出策略探索与疗效评价[J/OL].中华口腔医学研究杂志(电子版),2025,19(6):369-377.

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2025.06.003

Exploration and efficacy evaluation of a bypass-based strategy for retrieving complex separated instruments from root canals

Yang Yichen, Liao Xicheng, Ma Yuelin, Li Ying, Wang Xiangzhu

Xiangya Stomatological Hospital and Xiangya School of Stomatology, Central South University & Hunan Key Laboratory of Oral Health Research, Changsha 410008, China

Corresponding author: Wang Xiangzhu, Email:wangxiangzhu_endo@csu.edu.cn

【Abstract】Objective To explore techniques for retrieving separated instruments from root canals without direct access and with complex resistance, analyze the key points, advantages, and risks of the bypass-based retrieval method, and evaluate treatment outcomes. **Methods** Cases were collected from the Department of Endodontics at Xiangya Stomatological Hospital, Central South University, between 02/2017 and 01/2025. Preoperative imaging confirmed instrument separation within the root canals, where non-sleeve or ultrasonic methods were not indicated. Instead, endodontic files were used to bypass and prepare the canals around the separated instruments for retrieval. Follow-up data were collected for at least

six months postoperatively. Patient demographics, instrument location, length, material, type, root canal morphology, postoperative imaging, clinical outcomes, and follow-up data were summarized. The frequency of each variable was recorded, and relevant influencing factors and treatment outcomes were analyzed. **Results** A total of 175 patients (175 teeth, 176 fractured instruments) were included, comprising 52 males (29.7%) and 123 females (70.3%). The oldest patient was 73 years old, while the youngest was nine years old, and the average age was 28 years. Separated instruments were made of stainless steel in 44 cases, nickel-titanium in 108 cases, and carbon steel in 24 cases with an average length of 4.1 mm and an average fragment diameter of 0.32 mm. The fragments were located in the apical third of 67.6% of cases, with 46 cases (26.1%) occurring in the blind zone. The average distance from the canal orifice was 5.6 mm. The file tip extended beyond the apical foramen in 17 cases. Moderate to severe root canal curvature ($\geq 10^\circ$) was observed in 93.7% of cases, with an average curvature angle of 29.3° . Preoperative periapical radiolucency was observed in 151 cases (86 of which had symptoms), while 24 cases showed no periapical radiolucency (seven of which had clinical symptoms). Complete retrieval was achieved in 160 cases. Secondary separation occurred in four cases, and retrieval failed in six cases. Postoperative imaging revealed significant canal deviation in 34 cases (including three cases with deviation and perforation), while no significant morphological deviation was observed in 141 cases (80.6%). Follow-up results showed that among patients with preoperative periapical radiolucency and symptoms, 83 cases experienced symptom relief or healing after retrieval, while one case still had symptoms and periapical radiolucency after six months. Among asymptomatic patients with preoperative periapical radiolucency, two cases developed symptoms after retrieval, and two cases still had symptoms after six months, though one of these showed healing of periapical radiolucency. Among symptomatic patients without preoperative periapical radiolucency, two cases experienced symptom relief after retrieval, while three cases still had symptoms after six months, with one of these developing radiolucency. Asymptomatic patients without preoperative periapical radiolucency (17 cases) remained symptom-free after retrieval, though four cases developed symptoms after six months, with two of these showing periapical radiolucency. **Conclusion** The bypass technique can serve as a safe and reliable method for retrieving separated instruments from root canals with complex resistance but direct access.

【Key words】 Instrument separation; Bypass; Complications of root canal treatment

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2025.06.003

器械分离是根管治疗的常见并发症,可能增加根管治疗失败风险,以及医患双方的焦虑情绪与纠纷风险^[1]。器械分离对根管治疗预后的影响尚不明确,以往Meta分析均未得出分离器械保留在根管内是否影响根管治疗效果^[2-3]。多项病例报道了完成根管预备后发生的分离器械保留在根管内并未导致继发感染出现^[4-5]。但是,未完成根管预备的感染根管,分离器械可能影响感染的清理及根管的严密充填,从而影响治疗效果。器械分离发生率较高,发生原因与机制复杂,多为各类根管锉。先前研究发现根管内折断的镍钛锉较碳钢及不锈钢锉更常见,可能与近年来镍钛根管锉的广泛应用有关^[6]。

目前,分离器械经根管取出的常用方法包括套管法、超声法等。套管法需在直线通道下完全暴露分离器械上段,可能增加弯曲根管、根管壁过薄或有根面凹陷患牙的牙根穿孔及折裂风险^[7]。超声法

需要使用特殊的超声工作尖精准去除分离器械的牙本质阻力,但是分离器械在根管内阻力复杂,当分离器械较长、阻力在锉尖端时,使用超声法耗时长,且容易造成二次并发症,包括热损伤、根管壁穿孔、器械二次分离和超声工作尖折断等^[8-10]。临床探索发现,难以获得直线通路、阻力复杂的根管内分离器械,使用旁路法可以更加安全、高效地完成根管疏通与扩大,在根管预备过程中可能被取出。为此,本课题组通过回顾性研究,重点探索分离器械的取出方法,评价旁路法的取出效果,通过术前、术后影像对比根管形态变化,分析该方法的要点、优势与不足。

资料与方法

一、一般资料

本研究为回顾性研究,选取2017年2月至2025年1月期间就诊于中南大学湘雅口腔医院牙体牙髓科,

术前影像诊断为根管内器械分离的患者。本研究经中南大学湘雅口腔医院医学伦理委员会批准(批准文号:202203),所有患者术前均签署知情同意书。

1. 纳入标准:(1)影像提示根管内存在金属分离器械;(2)影像测量分离器械长度 ≥ 1 mm;(3)分离器械断端1.5 mm至根管口无安全直线通道,或有根面凹陷,使用套管法存在环切穿孔风险。

2. 排除标准:(1)残根、根裂等无保留价值患牙;(2)严重系统性疾病,不能耐受根管治疗过程患者;(3)完全位于根尖孔外即断面超出根尖孔的患牙;(4)其他不能保留的患牙或不能配合治疗的患者。

二、治疗过程

术前3%过氧化氢溶液含漱,局部麻醉后使用橡皮障隔离患牙,牙科显微镜下(OMS2380,苏州速迈医学科技股份有限公司)去除髓腔充填物,髓腔清理预备,超声工作尖ET20(赛特力,法国)去除根管口钙化物,镍钛开口锉0.08锥度15号(欧罗德卡,济宁德卡医疗器械有限公司)预备根管入口,镍钛锉逐号预备至分离器械断面(型号根据分离器械断面直径估算)。镍钛通道锉0.03锥度15号(欧罗德卡,济宁德卡医疗器械有限公司)被动置于分离器械与根管壁之间,使用连续旋转或往复运动模式启动马达,顺应吸入感每进入2 mm提拉,全程17%乙二胺四乙酸(ethylene diamine tetraacetic acid, EDTA)溶液冲洗,直至完全疏通至影像学根尖孔或部分疏通至阻力过大且无明显吸入感处。逐号预备至0.04锥度25号。超声K20(赛特力,法国)被动置于旁路,低功率根管荡洗并间断震荡分离器械。如根管较直或分离器械较短,则全程超声直至分离器械跳

出根管。如根管较弯曲且分离器械较长,则使用H锉进入旁路,感受H锉在旁路有卡住感后,往外快速拖拽。必要时可使用2支以上H锉同时进入旁路,使用编织法试取^[11]。可重复操作直至分离器械取出。取出分离器械后完成根管预备及充填。嘱患者勿咬硬物,择期全冠修复,术后3、6和12个月及之后每半年复查。旁路法取分离器械治疗过程如图1所示。

三、治疗效果评价

所有病例随访至术后6个月以上,通过对比术前、术后与随访过程中的影像及临床检查结果,对治疗效果进行评价。检查患牙有无疼痛、松动、牙龈肿胀或窦道,充填物是否完整。影像学检查分离器械是否完整取出,有无根管偏移、穿孔。无根尖阴影患牙随访根尖周有无新发阴影,有根尖周阴影患牙随访观察阴影愈合情况。

分离器械完全取出,治疗后无症状或症状明显缓解,且影像上阴影减小或愈合定义治疗成功。

以下情况出现任意一项定义治疗失败:(1)分离器械未取出;(2)无症状者治疗后出现症状且随访症状不愈合;(3)有症状者随访症状未缓解;(4)随访影像检查根尖新出现阴影或阴影增大;(5)根管壁难以修补的大面积穿孔,多处穿孔或带状穿孔。

本研究所有病例均由同一名医师操作,以避免不同术者之间操作差异产生偏倚。术前及术后X线片由术者及一名具有主治医师职称以上的医师独立进行,判读医师对患牙治疗情况不可见,评定结果不一致时重新评估直至双方达成一致。

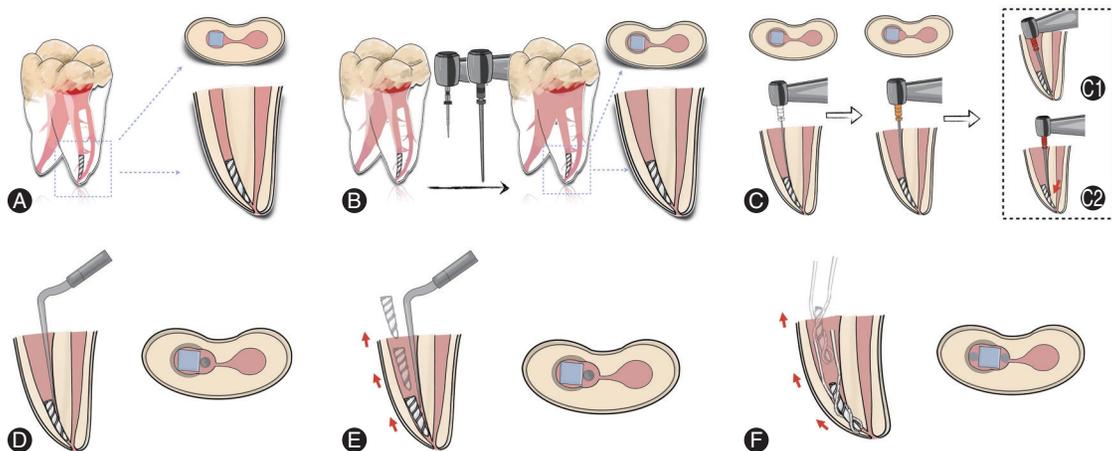


图1 旁路法取分离器械流程模拟图 A:术前分析分离器械与牙根解剖相关问题;B:分离器械断面上段根管预备;C:机用镍钛锉在狭区侧逐号预备(C1:旁路完全绕过分离器械;C2:旁路不能完全绕过,疏通至阻力最大处);D:超声震荡,工作尖被动置于旁路,震荡分离器械;E:分离器械较短或根管较直,超声直接取出分离器械;F:分离器械较长且位于弯曲下段,主动跳出阻力大,H锉(编织)取出。

四、统计学处理方法

使用Microsoft Excel 2023软件整理数据并建立数据库。对于连续性变量,如器械断裂长度、断面直径、根管弯曲度和器械距根管口长度等,采用Mean(max, min)描述分布,对于患者年龄,采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 描述。二分类或多分类变量,如牙位、器械材质和器械型号等,采用率或构成比描述。使用SPSS 26.0软件进行统计分析。

结 果

一、患者基本情况

本研究共纳入患者175例(包括176支分离器械),其中男52例(29.7%)、女123例(70.3%)。分离器械位于磨牙的患者158例(90.3%)。患者平均年龄28岁,其中最大73岁、最小9岁。断裂器械不锈钢材质44例(25.0%)、镍钛108例(61.4%)、碳钢24例(13.6%)。平均断裂长度4.1 mm,其中 <3 mm 6例(3.4%)、 $3 \text{ mm} \leq \text{长度} < 5 \text{ mm}$ 121例(68.8%)、 $\geq 5 \text{ mm}$ 49例(27.8%)。断面位于根尖1/3占67.6%,其中断面位于盲区46例(26.1%)。平均距离根管口5.6 mm,其中锉尖超出根尖孔17例。根管平均弯曲度 29.3° ,其中中重度弯曲($\geq 10^\circ$,施耐德法测量^[12])164例(93.7%)。术前诊断根尖周阴影151例(86.3%),无根尖周阴影24例(13.7%),术前诊断根尖周阴影的患者中86例(57.0%)出现临床症状,术前无根尖周阴影的患者中7例(29.2%)出现临床症状。患者基本情况见表1。

二、术后及随访疗效评价

术后影像显示,使用根管内旁路法取出分离器械术后效果评估情况见表2。在175例患者中,旁路法完整取出分离器械160例(91.4%),二次分离4例,占总患者数2.3%,部分取出9例(5.2%),未取出6例(3.4%)。明显根管偏移31例(17.7%),根管壁穿孔3例(1.7%),无明显形态学偏移141例(80.6%)。

不同术前患牙状态术后患者症状与随访结果情况见表3。175例患者中未发生因牙根折裂拔出或因其他问题拔出的情况。治疗前有根尖阴影且有临床症状患者取出分离器械后症状缓解或愈合83例(83/86),随访6个月仍有1例有症状及根尖周阴影;治疗前有根尖阴影且无临床症状取出分离器械后出现临床症状2例(2/65),随访6个月后仍有症状,但其中1例根尖阴影愈合;治疗前无根尖周阴影且有临床症状取出后症状缓解2例(2/7),治疗前无

表1 175例根管内器械分离患者及176支分离器械基本情况

患者特征	例数	百分比(%)
性别		
男	52	29.7
女	123	70.3
年龄[岁, $M(P_{25}, P_{75})$]	28(22, 38)	
牙位		
前牙	5	2.8
前磨牙	12	6.9
磨牙	158	90.3
根管弯曲度($^\circ$)		
<10	11	6.3
$10 \leq \text{弯曲度} < 30$	80	45.7
≥ 30	84	48.0
平均弯曲度[$^\circ$, Mean(max, min)]	29.3(2, 64)	
器械材质		
不锈钢(K锉+H锉)	44	25.0
镍钛	108	61.4
碳钢(拔髓针)	24	13.6
器械型号		
25号	37	21.0
20号	77	43.8
<20 号	62	35.2
断裂长度(mm)		
<3	6	3.4
$3 \leq \text{长度} < 5$	121	68.8
≥ 5	49	27.8
平均长度[mm, Mean(max, min)]	4.1(1.5, 10.8)	
器械断面直径(mm)		
<0.4	131	74.4
$0.4 \leq \text{直径} < 0.7$	44	25.0
$0.7 \leq \text{直径} < 1.0$	1	0.6
≥ 1.0	0	0
平均断面直径[mm, Mean(max, min)]	0.32(0.18, 0.75)	
断面位置		
根上1/3	2	1.1
根中1/3	38	21.6
根尖1/3	119	67.6
锉尖超出根尖孔	17	9.7
断面距根管口平均长度[mm, Mean(max, min)]	5.6(1.1, 11.7)	
断面可视性		
镜下可直视	130	73.9
镜下不可直视(断面位于盲区)	46	26.1
术前根尖周阴影		
有	151	86.3
无	24	13.7
术前有根尖周阴影患者是否出现临床症状		
有	86	57.0
无	65	43.0
术前无根尖周阴影患者是否出现临床症状		
有	7	29.2
无	17	70.8

表2 175例根管内置器械分离旁路法取出器械术后效果评估情况

评估项目	例数	百分比(%)
总体取出情况		
旁路法完整取出(含二次分离)	160(4)	91.4(2.3)
部分取出	9	5.2
未取出	6	3.4
术中并发症		
明显根管偏移	31	17.7
穿孔	3	1.7
无明显形态学偏移	141	80.6

根尖周阴影且有临床症状者随访6个月后仍有3例有症状,其中1例出现阴影;治疗前无根尖周阴影且无临床症状17例取出后均无症状,随访6个月后4例出现症状,其中2例出现根尖周阴影。

典型病例1 旁路预备直接带出分离器械

患者,男,12岁,首次就诊时间2024年7月16日。主诉右下后牙疼痛1周,外院根管治疗术中器械分离,根管治疗未完善。检查46颊面大面积缺损,白色暂封物密合,叩痛(±),不松动,牙龈未见明显异常。术前根尖片显示46髓腔及根管内高密度阻射影,远中根尖区疑0.03锥度15号镍钛分离器械影像

(图2A)。CBCT显示46远中舌侧根尖重度弯曲,高密度阻射影位于弯曲下段,长度5.2 mm,根尖周牙周膜影像增宽(图2B~2D)。诊断:46慢性根尖周炎。治疗:使用机用镍钛触控启动(tactile controlled activation, TCA)预备技术^[13]完成分离器械旁路疏通、预备,旁路预备至0.04锥度25号后冲洗过程中分离器械跳出根管(视频1)。

典型病例2 旁路预备后超声取出分离器械

患者,男,18岁,首次就诊时间2022年10月12日。主诉右上后牙咬合痛2周,外院根管治疗术中器械分离,根管治疗未完善。检查16颊面白色暂封物密合,叩痛(+),不松动,牙龈无明显异常。术前根尖片显示16近颊根尖约3 mm大锥度高密度阻射影,疑0.04锥度25号镍钛分离器械影像,根尖周阴影(图3A)。CBCT显示16近颊根尖重度弯曲,高密度阻射影位于弯曲下段,长度3.2 mm,近颊根尖周可见大小为2.3 mm×2.3 mm×2.3 mm的阴影(图3B)。CBCT轴面示近颊根管狭长,未见独立MB2管腔(图3E)。诊断:16慢性根尖周炎。治疗:使用机用镍钛完成分离器械旁路疏通、预备,旁路预备至0.04

表3 175例根管内置器械分离患者旁路法取出器械术后症状与影像随访结果(例)

术前情况	例数	有症状		术后6个月影像随访	
		取出时	6个月后(无症状组新发)	阴影变化情况	失访
有根尖阴影					
有症状	86	3	1(0)	愈合/缩小55、无变化1	30
无症状	65	2	2(2)	愈合/缩小34、变大3	28
无根尖阴影					
有症状	7	5	3(0)	出现阴影1、无阴影5	1
无症状	17	0	4(4)	出现阴影2、无阴影7	8

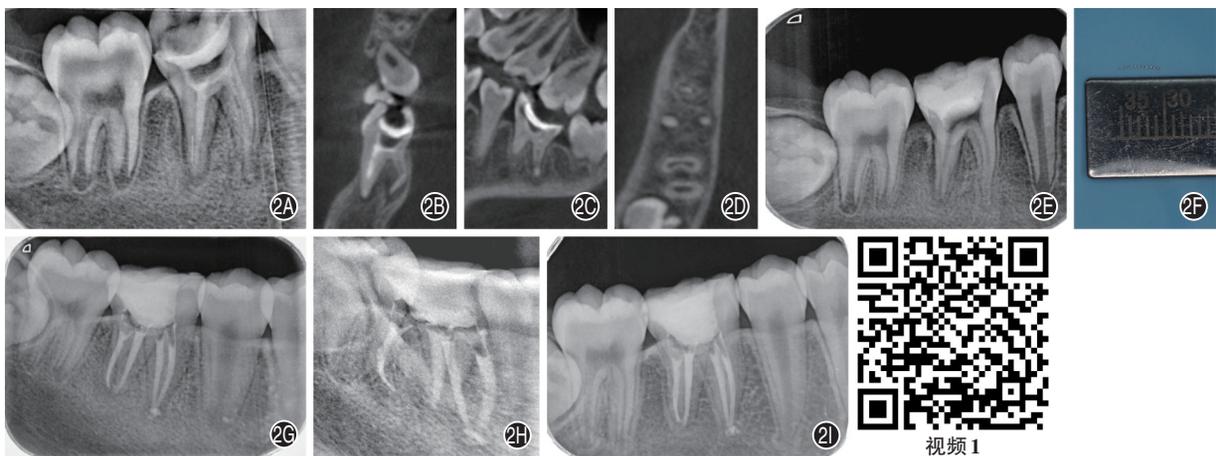


图2 46远中舌根器械分离旁路法治疗前后及随访图像资料 2A:术前根尖片;2B:术前锥形束CT(CBCT)冠状面;2C:术前CBCT矢状面;2D:术前CBCT轴面;2E:分离器械取出后即刻根尖片;2F:完整取出的分离器械;2G:根管充填术后即刻根尖片;2H:根管充填术后即刻根尖片偏移投照;2I:术后12个月随访根尖片。视频1 旁路预备直接带出分离器械手术操作视频(扫码观看)

锥度30号后使用超声荡洗,在荡洗过程中分离器械跳出根管,手术操作视频见文献[11]。

典型病例3 旁路预备后H锉取出分离器械

患者,女,26岁,首次就诊时间2023年10月24日。主诉左下后牙疼痛1个月,外院根管治疗术中器械分离,根管治疗未完善。检查36冠部大面积充填物,叩痛(+),不松动,牙龈无明显异常。术前根尖片显示36近中根中下段约7 mm大锥度高密度阻射影,疑似0.04锥度25号镍钛分离器械影像,根尖周阴影(图4A)。CBCT显示36近颊根管颊舌向重度弯曲,高密度阻射影位于弯曲下段,超出根尖孔,长度6.6 mm(图4B)。CBCT轴面示近中颊舌根之间狭区交通(图4D)。诊断:36慢性根尖周炎。治疗:使用机用镍钛完成分离器械旁路疏通、预备,旁路预备至0.04锥度30号后使用H锉带出分离器械(视频2)。患者

影像失访,2025年8月24日电话随访诉患牙功能良好,无肿胀疼痛及其他不适。

讨 论

临床上应根据器械分离的具体情况,如器械的位置、长度、材质,患牙的根管感染状况、解剖特点等,综合判断分离器械取出的必要性、取出难度与风险,以及取出方法。本研究通过对175例基于旁路法取出的分离器械病例进行回顾性分析,结果说明,对有必要取出的分离器械,在使用套管法或超声法具有一定风险和难度时,基于旁路的取出策略是现有技术安全有效的补充。

一、分离器械常规处理策略及优缺点

目前,器械分离的取出方法以机械法为主,主要包括套管法、超声法等。

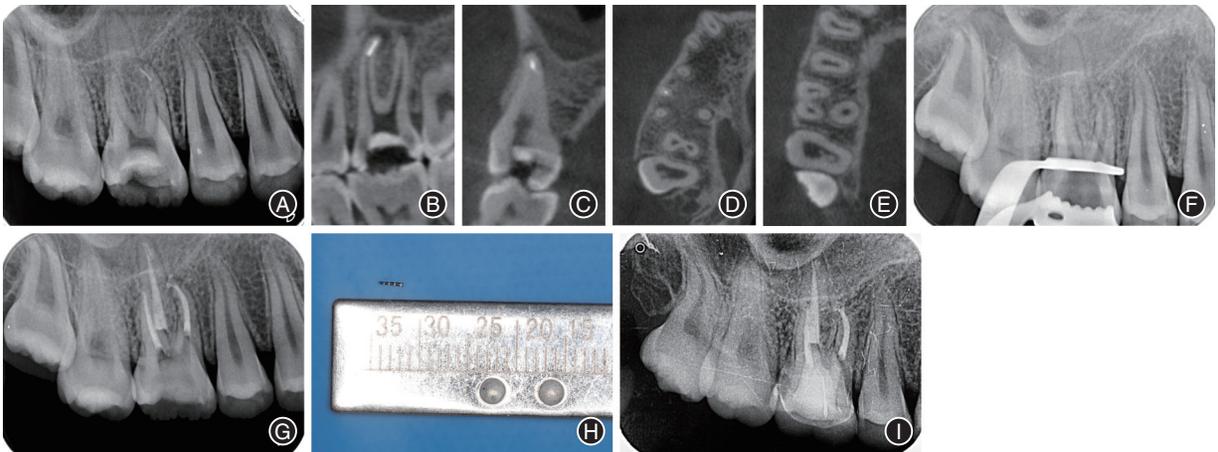


图3 16近中颊根器械分离旁路法治疗术前后及随访图像资料 A:术前根尖片;B:术前锥形束CT(CBCT)矢状面;C:术前CBCT冠状面;D:术前CBCT轴面(弯曲下段);E:术前CBCT轴面(弯曲上段);F:分离器械取出后即刻根尖片;G:根管充填术后即刻根尖片;H:完整取出的分离器械;I:术后36个月随访根尖片。



图4 36近中颊根器械分离旁路法治疗术前后图像资料 4A:术前根尖片;4B:术前锥形束CT(CBCT)冠状面;4C:术前CBCT矢状面;4D:术前CBCT轴面;4E:分离器械取出后即刻根尖片;4F:完整取出的分离器械;4G:根管充填术后即刻根尖片。视频2 旁路预备后H锉取出分离器械手术操作视频(扫码观看)

套管法具有效率高、夹持力大等优点,但是需要直线暴露分离器械断面1.5 mm左右。分离器械断面直径较粗或根管弯曲度较大时,可能破坏过多牙本质,导致根管壁穿孔,增加治疗后牙根折裂风险。因此,套管法常用于前牙及其他根管较直、根管壁较厚的有一定长度的分离器械(≥ 5 mm)取出^[14]。

超声法通过特殊的超声工作尖高频振动,一方面对牙本质进行切割,解除分离器械在根管内的牙本质阻力,另一方面通过能量传导至分离器械,引发或促进分离器械振动松解。超声工作尖可以按照根管弯曲方向预弯,便于更加精准地去除牙本质,减少牙本质损失,是更微创的分离器械取出方法。但超声高频振动时产热,可能造成牙体、牙周组织热损伤。研究表明,温度升高超过10 °C并持续1 min以上,可能会对周围组织造成不可逆的损伤^[15]。以往临床实践中也曾出现过超声系统产热导致患者牙槽骨、牙龈和鼻黏膜出现严重热损伤的病例^[16]。而控制热损伤并发症的有效措施是降低超声功率或使用冷却水,但是效率降低将延长临床操作时间,水雾则会影响临床视野^[17]。此外,超声可能引起工作尖过载导致折裂,分离器械二次分离或根向移位,根管壁台阶、偏移甚至侧穿等二次并发症^[18]。更重要的是,超声法取出分离器械的前提是去除牙本质阻力,但是因为根管形态的不确定性,分离器械的阻力经常不在断面,可能在折断器械的任何位置,尤其可能位于锉尖^[19]。因为大部分管腔向根尖逐渐变窄,器械锉尖部卡住导致扭转疲劳折断是更常见的折断机制^[20]。因此,超声法更适合分离器械阻力点以上根管较直、视野良好,尤其是器械较短、阻力位置较浅的病例。

临床上分离器械情况复杂,弯曲下段较长、断面较粗的分离器械,套管法或超声法均难以安全取出。本研究镍钛分离器械占61.4%,平均分离器械长度4.1 mm,最大断面直径0.75 mm,90.3%位于磨牙,根管中重度弯曲占93.7%,断面位于盲区46例(26.1%),折断器械阻力因素复杂。且镍钛分离器械材质较软,切削刃较深,容易顺应弯曲紧贴根管外侧壁,增加脱出阻力。此外,镍钛更容易吸收超声能量增加二次分离风险^[21-22]。使用套管法则需要预备较大的平台,容易造成根管弯曲内侧带状穿孔及根管壁折裂。

二、基于旁路的器械分离临床决策

在3例典型病例中,分离器械的存在均可能影

响根管的预备与充填,进而影响根尖周病变的愈合,建议取出。因分离器械均位于弯曲根管下段,套管法穿孔风险大,且3例分离器械均可能为镍钛材质,使用超声法二次分离或沿弯曲外侧侧躺风险大,尤其病例3中分离器械较长且部分超出根尖孔,直接使用超声法难以安全去除分离器械的牙本质阻力。在临床决策时,使用疏通锉从分离器械旁狭区完成疏通,在预备过程中尝试取出分离器械。倘若完成旁路预备后分离器械没有取出,则行根管充填后观察,必要时给予根尖手术。

此外,本研究根管形态分型基本为Ⅱ类或Ⅲ类^[11],分离器械旁存在不同大小的狭区。小直径、小锥度的根管锉可以通过狭区在分离器械旁完成根管的疏通,在疏通及后续根管预备过程中,分离器械被带出根管。既往渗漏实验显示,完成旁路的患牙即使未取出分离器械,仍可获得良好的根管充填质量,预备后直接充填不影响治疗预后^[23]。

三、基于旁路的分离器械取出的关键因素

此前的研究提到,旋转镍钛器械不适用旁路法,因其易因应力发生断裂^[1]。本研究前期尝试用手用不锈钢器械或奥氏体镍钛旋转器械疏通旁路,但疏通效率低,且极易发生器械解螺旋或折断。而使用马氏体CM相镍钛(本研究使用欧罗德卡0.03锥度15号)仅4例出现疏通锉锉尖1~2 mm分离,且疏通效率显著提高。80.6%患者无明显根管偏移。出现偏移或穿孔的患牙均未引发治疗后疼痛或随访时间内牙根折裂。这些并发症发生率低可能与该旁路锉螺距较宽、切削刃较浅、锉体极软、锉尖无切削有关,更具体的原因与机制需要进一步研究。在操作过程中,全程使用17% EDTA溶液可以润滑通道并软化牙本质^[24-26],冲洗液还可以减少根管锉及超声工作尖的产热,降低其折断风险。更重要的是,术者需要感受并精准控制机用疏通锉在根管内的吸入感,避免暴力推进。

本研究在治疗过程中建议旁路疏通后常规使用超声震荡,用以解除旁路预备时可能将分离器械推入牙本质侧壁的“嵌顿力”,松解分离器械后,若分离器械较短或根管较直时,分离器械可能直接在超声震荡时跳出根管。应与“传统超声法”需要使用超声工作尖进行牙本质精细切割予以区别。本研究团队认为,能使用“传统超声法”取出的分离器械,都可以尝试“旁路优先”,尤其分离器械断面位于盲区的病例。因此,在病例纳入时,未排除“超声

法”适应证,拟探索适应证更广、效率更高和并发症风险更小的分离器械取出方法。当分离器械长度与根管弯曲角度在一定数值关系下时,分离器械可能需要其他工具辅助带出,本研究建议使用H锉,具体数据待进一步研究。

此外,旁路法同样依赖影像检查的辅助。根尖片可以更直观判断根管内高密度阻射影是否为分离器械,以及可能的材质、型号,尤其是根管内同时存在分离器械与牙胶等充填物时,根尖片可以更清楚地区别两者^[27-29]。CBCT可以精确判断分离器械的位置、方向,判断根管的三维弯曲、根面凹陷,是否有穿孔、根折等并发症。对旁路法尤为重要,根管CBCT轴面影像可以显示分离器械在不规则管腔的位置,高密度器械旁的透射狭区提示旁路的入口^[30-32]。

尽管有Meta分析显示,放大设备并非取出分离器械的关键因素,对分离器械取出的成功率没有明确的影响^[33],但是基于分离器械的临床处理难度大,并发症风险高,更多的指南建议在操作时使用牙科显微镜以获得清晰的视野^[1,34]。本研究所有病例均在牙科显微镜下完成,尽管部分病例分离器械在弯曲下段,不能通过显微镜看见分离器械断面,但显微镜依然可以帮助定位旁路器械的楔入点,并且捕捉分离器械跳出根管的过程。

综上,本研究认为,在使用旁路法时,安全取出分离器械的关键因素包括术前对分离器械的位置与根管解剖的分析、旁路锉的选择、疏通的手感、冲洗液的选择与使用、超声及H锉的辅助、牙科显微镜的使用等。

四、研究局限与不足

然而,本研究依然具有一定的局限性。首先,本研究为单中心、仅旁路法的回顾性研究,缺乏对照组。因研究纳入病例均难以安全通过目前常见取出方法取出,基于医疗伦理、循证与人文,未设计对照组进行研究结果的对比。其次,本研究所有病例均由同一名高年资医师完成,存在术者偏倚,在研究结果推广时可能重复难度较大,需要学习者积累大量的模型训练及临床操作经验。此外,器械分离引发的投诉与纠纷也常给医患双方带来困扰,本研究中大部分患者因纠纷转就诊,部分病例取出分离器械后在其他单位完成后续治疗,一定程度上影响了随访与效果评价。

特别说明,分离器械与根管治疗效果没有明确

的关系,未取出分离器械通常不定义为治疗失败,本研究治疗失败定义仅基于研究目的,重点评价分离器械的取出方法与效果。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 杨一辰:数据采集与分析、论文撰写;廖习成:数据整理、统计分析;马玥麟:数据整理;李迎:绘图支持、视频剪辑;王祥柱:研究指导、论文修改、技术支持

参 考 文 献

- [1] Fan Y, Gao Y, Wang X, et al. Expert consensus on management of instrument separation in root canal therapy[J]. *Int J Oral Sci*, 2025, 17(1):46. DOI: 10.1038/s41368-025-00372-w.
- [2] Murad M, Murray C. Impact of retained separated endodontic instruments during root canal treatment on clinical outcomes remains uncertain[J]. *J Evid Based Dent Pract*, 2011, 11(2):87-88. DOI: 10.1016/j.jebdp.2011.03.005.
- [3] Rao LN, Thirunarayanan SL, Shetty A. Impact of a retained instrument on treatment outcome: A systematic review [J]. *J Health Allied Sci NU*, 2022, 13(2): 168-171. DOI: 10.1055/s-0042-1753492.
- [4] Goswami K, Mangat P, Solanki M, et al. Endodontic management of separated instrument: A case series of instrument retrieval[J]. *Paripex Indian J Res*, 2024, 13(10): 66-69. DOI: 10.36106/paripex/9307767.
- [5] Singh AK. Conservative management of separated instrument in root canal by bypassing technique: A case report[J]. *J BP Koirala Inst Health Sci*, 2023, 6(1): 38-41. DOI: 10.3126/jbpih.v6i1.55111.
- [6] Alamoudi RA, Alfarran A, Alnamakani B, et al. Assessment of incidence, management and contributory factors of root canal instrument separation in an endodontics post-graduate program: A retrospective clinical study[J]. *Niger J Clin Pract*, 2024, 27(1): 16-21. DOI: 10.4103/njcp.njcp_833_22.
- [7] Yoldas O, Oztunc H, Tinaz C, et al. Perforation risks associated with the use of Masserann endodontic kit drills in mandibular molars[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2004, 97(4): 513-517. DOI: 10.1016/j.tripleo.2003.09.007.
- [8] 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*, 2019, 24(1): 351-355. DOI: 10.1007/s00784-019-02936-7.
- [9] 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.
- [10] Garg H, Grewal MS. Cone-beam computed tomography volumetric analysis and comparison of dentin structure loss after retrieval of separated instrument by using ultrasonic EMS and ProUltra tips [J]. *J Endod*, 2016, 42(11): 1693-1698. DOI: 10.1016/j.joen.

- 2016.06.016.
- [11] 王祥柱. 根管治疗器械分离的临床管理[J/OL]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2023, 17(3):153-161. DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2023.03.001.
- [12] Chaniotis A, Ordinola - Zapata R. Present status and future directions: Management of curved and calcified root canals [J]. Int Endod J, 2022, 55 (Suppl 3) : 656 -684. DOI: 10.1111/iej.13685.
- [13] Das S, Adhikari HD, Niyogi A. Pertinence of the Tactile Controlled Activation (TCA) technique in the management of severely curved root canals: A report of two cases [J]. J Indian Dental Association, 2021: 33-37. DOI:10.33882/jida.15.30000.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] Walters JD, Rawal SY. Severe periodontal damage by an ultrasonic endodontic device: A case report [J]. Dent Traumatol, 2006, 23(2): 123-127. DOI:10.1111/j.1600-9657.2005.00384.x.
- [17] O'Daly BJ, Morris E, Gavin GP, et al. High-power low-frequency ultrasound: A review of tissue dissection and ablation in medicine and surgery [J]. J Mater Process Tech, 2008, 200(1/2/3) : 38-58. DOI:10.1016/j.jmatprotec.2007.11.041.
- [18] 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.
- [19] Portela NN, Rech JP, Marchionatti AME, et al. Techniques to address fractured instruments in the middle or apical third of the root canal in human permanent teeth: A systematic review of the *in vitro* studies [J]. Clin Oral Investig, 2021, 26(1) : 131-139. DOI:10.1007/s00784-021-04235-6.
- [20] Ohri K, Chien PYH, Peters OA. The biomechanics of nickel titanium instrument fracture in root canal therapy: A narrative review [J]. Materials, 2024, 17(24) : 6147. DOI:10.3390/ma17246147.
- [21] McGuigan MB, Louca C, Duncan HF. Endodontic instrument fracture: Causes and prevention [J]. Br Dent J, 2013, 214(7) : 341-348. DOI:10.1038/sj.bdj.2013.324.
- [22] Andrabi SM, Kumar A, Iftekhar H, et al. Retrieval of a separated nickel-titanium instrument using a modified 18-gauge needle and cyanoacrylate glue: A case report [J]. Restor Dent Endod, 2013, 38(2):93. DOI:10.5395/rde.2013.38.2.93.
- [23] Saunders J, Eleazer P, Zhang P, et al. Effect of a Separated instrument on bacterial penetration of obturated root canals [J]. J Endod, 2004, 30(3) : 177-179. DOI: 10.1097/00004770-200403000-00012.
- [24] Sinha S, Barua AND, Rana KS, et al. Comparison of efficacy of various intracanal irrigants with ultrasonic bypass system [J]. J Pharm Bioallied Sci, 2021, 13 (Suppl 2) : S1390-S1393. DOI: 10.4103/jpbs.jpbs_223_21.
- [25] Dako T, Bica CI, Lazar L, et al. Separated instrument management as a procedural accident in endodontics using the EDTA (C₁₀H₁₆N₂O₈) aided bypassing technique and the ultrasonic removal method. An *in vitro* study [J]. Revista de Chimie, 2020, 71(11):73-79. DOI:10.37358/rc.20.11.8375.
- [26] Zou X, Zheng X, Liang Y, et al. Expert consensus on irrigation and intracanal medication in root canal therapy [J]. Int J Oral Sci, 2024, 16(1) : 23. DOI:10.1038/s41368-024-00280-5.
- [27] Rosen E, Venezia NB, Azizi H, et al. A comparison of cone-beam computed tomography with periapical radiography in the detection of separated instruments retained in the apical third of root canal-filled teeth [J]. J Endod, 2016, 42 (7) : 1035-1039. DOI:10.1016/j.joen.2016.04.016.
- [28] Baratto - Filho F, Vavassori de Freitas J, Fagundes Tomazinho FS, et al. Cone-beam computed tomography detection of separated endodontic instruments [J]. J Endod, 2020, 46(11) : 1776-1781. DOI:10.1016/j.joen.2020.08.011.
- [29] Madian S, Gaweesh Y, El-Badawy F, et al. Diagnostic efficacy of 3 imaging modalities in the detection of fractured endodontic instruments: An *in vitro* study [J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol, 2023, 135(2) : 303-311. DOI:10.1016/j.oooo.2022.09.012.
- [30] Kalogeropoulos K, Xiropotamou A, Koletsi D, et al. The effect of cone-beam computed tomography (CBCT) evaluation on treatment planning after endodontic instrument fracture [J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19 (7) : 4088. DOI: 10.3390/ijerph19074088.
- [31] Shah SJ, Kulkarni G, Ramachandran N, et al. A cone beam computed tomographic evaluation of root canal treatment quality using periapical and endodontic status scale [J]. SRM J Res Dent Sci, 2021, 12(3) : 122-127. DOI:10.4103/srmjrd.srmjrd_s31_21.
- [32] Almufleh LS. The outcomes of nonsurgical root canal treatment and retreatment assessed by CBCT: A systematic review and Meta-analysis [J]. Saudi Dent J, 2025, 37 (4/5/6) : 14. DOI: 10.1007/s44445-025-00021-2.
- [33] Shaik I, Patel J, Roghany B, et al. Success rate of endodontics instrument retrieval using magnification devices [J]. Int J Health Sci, 2022, 6(S3) : 764-769. DOI:10.53730/ijhs.v6ns3.5467.
- [34] Vasudevan A, Miglani S, Hegde V, et al. Indian Endodontic Society: Position statement on the management of separated instruments during root canal treatment [J]. Endodontology, 2024, 36(3) : 208-209. DOI:10.4103/endo.endo_203_24.

(收稿日期:2025-09-19)

(本文编辑:王嫒)