

不同镍钛系统结合触控启动技术 预备模拟弯曲根管的成形效果研究



扫码阅读电子版

曾凯密¹ 韦曦² 黄湘雅² 伍婉翠³

¹南方医科大学口腔医院, 广州 510280; ²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; ³广州医科大学附属第二医院口腔科 510260

通信作者: 伍婉翠, Email: kobekobe007@163.com

【摘要】 目的 评价 HyFlex CM(HF)、TFA、Vortex Blue(VB)和 Mtwo 共 4 种镍钛系统结合触控启动(TCA)技术和传统技术(TT)预备模拟弯曲根管的成形效果。方法 将 96 个模拟弯曲根管按照预备器械 HF、TFA、VB、Mtwo 采用随机数字表法分为 4 个大组(每组 24 个), 每个大组再按照预备技术(TT 或 TCA)采用随机数字表法分为 2 个亚组(每组 12 个)。各组采用对应镍钛系统及技术预备根管。体视显微镜拍照记录预备前及预备后根管图像。AutoCAD、Adobe Photoshop CS5 及 Image J 软件对预备前、后根管图像进行处理, 测量距根尖每隔 1 mm 处的根管内外侧壁预备量, 共测量 11 个位点, 按照距根尖孔距离依次编号为 D0 ~ D10, 计算各位点根管偏移量。采用两独立样本 *t* 检验分析比较各镍钛系统两种预备技术的根管偏移情况, 采用单因素方差分析(One-Way ANOVA)比较同一预备技术下 4 种镍钛系统根管偏移情况, 并采用 Bonferroni 法进行两两比较。结果 与 TT 法相比, 采用 TCA 法显著减小了 HF 在 D0 ~ D2 位点($t_{D0}=2.701, P_{D0}=0.013; t_{D1}=3.497, P_{D1}=0.002; t_{D2}=2.731, P_{D2}=0.012$), TFA 在 D2、D5 和 D6 位点($t_{D2}=2.303, P_{D2}=0.031; t_{D5}=4.500, P_{D5}<0.001; t_{D6}=2.102, P_{D6}=0.047$), VB 在 D6、D7 和 D10 位点($t_{D6}=3.562, P_{D6}=0.002; t_{D7}=3.589, P_{D7}=0.002; t_{D10}=3.004, P_{D10}=0.007$) 和 Mtwo 在 D4 ~ D6、D10 位点($t_{D4}=4.668, P_{D4}<0.001; t_{D5}=5.645, P_{D5}<0.001; t_{D6}=3.627, P_{D6}=0.001; t_{D10}=5.778, P_{D10}<0.001$) 的根管偏移。对 4 种镍钛系统成形能力进行比较, 不同预备技术下 Mtwo 在 D3 ~ D8 位点的根管偏移量均显著大于其他 3 种镍钛系统($P<0.05$); TT 法中, VB 在 D6、D7 位点的根管偏移量较 HF 和 TFA 大($P<0.05$); TCA 法中, VB 在 D4 ~ D6 位点的根管偏移量较 HF 和 TFA 大($P<0.05$); TFA 和 HF 组仅在 TT 法中的 D1 位点差异有统计学意义($P<0.05$), 其余位点差异均无统计学意义($P>0.05$)。结论 HF、TFA、VB 和 Mtwo 结合 TCA 法预备弯曲根管具有良好的成形效果。

【关键词】 根管制备; 牙髓腔, 弯曲; 触控启动技术; 成形能力; HyFlex CM; TFA; Vortex Blue; Mtwo

基金项目: 广州市卫生计生科技一般引导项目(20181A011065)

引用著录格式: 曾凯密, 韦曦, 黄湘雅, 等. 不同镍钛系统结合触控启动技术预备模拟弯曲根管的成形效果研究[J/CD]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2021, 15(1): 6-12.

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2021.01.002

Shaping ability of four different NiTi rotary systems with tactile controlled activation technique in simulated curved canals

Zeng Kaimi¹, Wei Xi², Huang Xiangya², Wu Wancui³

¹Stomatological Hospital, Southern Medical University, Guangzhou 510280, China; ²Hospital of Stomatology, Guanghua School of Stomatology, Sun Yat-sen University, Guangdong Provincial Key Laboratory of Stomatology, Guangzhou 510055, China; ³Department of Stomatology, The Second Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510260, China

Corresponding author: Wu Wancui, Email: kobekobe007@163.com

【Abstract】 Objective To evaluate the shaping ability of four NiTi rotary systems HyFlex CM

(HF), TFA, Vortex Blue (VB) and Mtwo combined with Tactile Controlled Activation (TCA) technique or traditional technique (TT) when preparing simulated curved canals. **Methods** Ninety-six simulated curved canals were assigned to four groups ($n = 24$ each) according to different NiTi rotary systems (HF, TFA, VB and Mtwo) using a random number table method. Each group was divided into two subgroups based on instrumentation technique (TT or TCA) ($n = 12$ each). The simulated curved canals in each group were instrumented by using the corresponding rotary system and technique. Pre- and postoperative canal images were obtained using the stereoscopic microscope. AutoCAD, Adobe Photoshop CS5 and Image J were used for image processing. Eleven points were arranged in 1 mm steps from apex and numbered sequentially as D0-D10. The material removal from the inner and outer canal walls at each points were measured and canal transportation were calculated accordingly. The shaping ability of two techniques was analyzed using independent t -test. The shaping ability of four rotary systems was analyzed using One-Way ANOVA followed by Bonferroni test for a multiple comparison procedure. **Results** Compared with TT, TCA technique reduced root canal transportation caused by HF at D0-D2 points ($t_{D0} = 2.701, P_{D0} = 0.013; t_{D1} = 3.497, P_{D1} = 0.002; t_{D2} = 2.731, P_{D2} = 0.012$), TFA at D2, D5 and D6 points ($t_{D2} = 2.303, P_{D2} = 0.031; t_{D5} = 4.500, P_{D5} < 0.001; t_{D6} = 2.102, P_{D6} = 0.047$), VB at D6, D7 and D10 points ($t_{D6} = 3.562, P_{D6} = 0.002; t_{D7} = 3.589, P_{D7} = 0.002; t_{D10} = 3.004, P_{D10} = 0.007$) and Mtwo at D4-D6 and D10 points ($t_{D4} = 4.668, P_{D4} < 0.001; t_{D5} = 5.645, P_{D5} < 0.001; t_{D6} = 3.627, P_{D6} = 0.001; t_{D10} = 5.778, P_{D10} < 0.001$). Comparing the shaping ability of four NiTi rotary systems combined with the same technique, the results showed that Mtwo produced more canal transportation at D3-D8 points than other three systems ($P < 0.05$); VB produced more transportation at D6 and D7 points of TT group and at D4-D6 points of TCA group than TFA and HF ($P < 0.05$); No significant difference was found between HF and TFA except D1 point of TCA group ($P < 0.05$). **Conclusion** Under the conditions of this study, HF, TFA, VB and Mtwo combined with TCA were demonstrated excellent shaping ability when preparing curved root canals.

【Key words】 Root canal preparation; Dental pulp cavity, curved; Tactile controlled activation; Shaping ability; HyFlex CM; TFA; Vortex Blue; Mtwo

Fund program: Health and Family Planning Technology General Guidance Project of Guangzhou (20181A011065)

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2021.01.002

根管预备的效果是影响根管治疗成功率的主要因素^[1]。完善的根管预备要求有效清理根管内感染物质的同时,最大限度保持根管原始解剖形态。但是,由于根管系统的复杂性,进行根管预备尤其是弯曲根管预备时,易出现根管偏移、台阶、穿孔和器械分离等并发症。学者们致力于寻求更好的合金材料、器械设计、制造工艺、运动方式及预备方法等,以期减小弯曲根管预备的并发症。

触控启动(tactile controlled activation, TCA)技术是2016年由Chaniotis和Filippatos^[2]提出的用于弯曲根管预备的新技术,进行根管预备时,将镍钛器械在静止状态下插入根管内至最大深度,启动马达激活器械使其向根尖方向深入,遇到阻力时即刻将器械从根管内取出并进行清理,然后再次进入根管,如此往复直至器械能够在静止状态下插入到达工作长度。研究者采用该技术完成了重度双弯曲根管^[2]和前牙侧枝根管^[3]的预备并取得了良好的临床疗效,但是目前尚无实验研究TCA技术预备

弯曲根管的效果。本实验采用不同镍钛系统结合TCA技术预备弯曲根管,研究TCA技术预备弯曲根管的成形能力,以期为TCA技术的临床应用及镍钛器械的选择提供理论依据和技术指导。

材料与方法

一、主要材料与仪器

HyFlex CM(HF; Coltene/Whaledent, 瑞士); TFA (SybronEndo, 美国); Vortex Blue(VB; Dentsply Tulsa Dental, 美国); Mtwo(VDW, 德国); K File(MANI, 日本); TF Adaptive 马达(SybronEndo, 美国); X-Smart 马达(Dentsply Maillefer, 瑞士); 体视显微镜(Leica, 德国); 侧方开口冲洗针头(Ultradent, 美国); 模拟弯曲根管(Dentsply Maillefer, 瑞士); 黑色墨水、红色墨水(上海精细文化用品有限公司)。

二、实验方法

1. 实验分组: 将96个模拟弯曲根管(J型, 全长15.5 mm, 根尖孔直径0.15 mm, 锥度0.02, 弯曲度

35°,曲率半径5.0 mm)用15# K锉疏通至根尖,冲洗干燥后按照预备器械(HF、TFA、VB、Mtwo)采用随机数字表法分为4个大组(每组24个),每个大组再按照预备技术[传统技术(traditional technique, TT)和TCA]采用随机数字表法分为2个亚组(每组12个),并进行标记与编号。(1)TCA亚组:将镍钛器械在静止状态下插入根管内至最大深度,启动马达激活器械使其向根尖方向深入,遇到阻力时即刻将器械从根管内取出并进行清理,然后再次进入,如此往复直至器械能够在静止状态下插入到达工作长度,然后换用下一支器械。(2)TT亚组:将镍钛器械在旋转状态下插入根管,进行in-and-out运动3次,将器械从根管内取出并进行清理,如此往复直至器械能够到达工作长度。除最后一支器械,其余在到达工作长度后进行3次in-and-out运动,然后换用下一支器械。

2. 预备前拍照记录:进行根管预备前,向根管内灌注黑色墨水,采用体视显微镜以90°角垂直于根管拍照,记录预备前根管形态。

3. 根管预备:按照各组设置采用对应镍钛系统及技术预备根管。4种镍钛系统均采用单一长度法,转速和扭矩设置参照厂家推荐参数,根管预备程序见表1。预备过程中采用EDTA凝胶作为润滑剂,每更换一支器械采用2 mL蒸馏水冲洗根管,并使用15# K锉回锉。每支镍钛器械预备4个树脂根管后弃用。HF锉在每完成1个根管预备后采用沸水加热以恢复形态。所有操作均由经过训练的同术者完成。

4. 预备后拍照记录:预备完成后向根管内灌注红色墨水,采用体视显微镜拍照记录预备后根管形态。所采用的的参数及拍照位置与预备前保持一致。

表1 4种镍钛系统根管预备程序

镍钛系统	根管预备程序
HF	25/.08 预备至10.5 mm
	15/.04、20/.04、25/.04、30/.04、35/.04 预备至15.5 mm
TFA	20/.04、25/.06、35/.04 预备至15.5 mm
VB	15/.04、20/.04、25/.04、30/.04、35/.04 预备至15.5 mm
Mtwo	10/.04、15/.05、20/.06、25/.06、30/.05、35/.04 预备至15.5 mm

注:25/.08表示器械为25号0.08锥度

5. 图像处理:将预备前的图片导入 Auto CAD 2010 软件中进行分析,绘制根管的中轴线。从根尖孔至根管口每隔1 mm取1个位点,共测量11个位点

并按照距根尖孔距离依次编号为D0~D10,并根据中轴线绘制各位点的垂线。在 Adobe Photoshop CS5 中将预备前后的图片进行重叠,将重叠后的图片导入 Image J 中,测量根管弯曲外侧壁的预备量记为“a”,根管弯曲内侧壁的预备量记为“b”,采用以下公式计算各位点的根管偏移量:根管偏移量=|a-b|。数值越接近0,表示根管偏移越小(图1)。

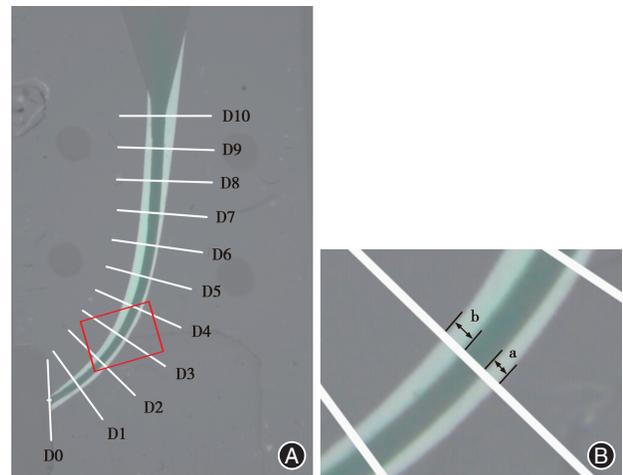


图1 树脂根管预备前、后根管影像重叠图片及根管偏移量测量方法示意图 A:灰绿色为预备前的根管影像,白色为预备后的根管影像,白色线条为距根尖每隔1 mm的位点的垂线;B:A图中红色方框放大,a为根管弯曲外侧壁的预备量,b为根管弯曲内侧壁的预备量,根管偏移量=|a-b|

三、统计学处理方法

应用SPSS 20.0统计分析软件进行数据分析,实验数据均采用 $\bar{x} \pm s$ 表示。各镍钛系统两种预备技术的根管偏移情况采用两独立样本t检验分析,同一预备技术下不同镍钛系统根管偏移情况采用单因素方差分析(One-Way ANOVA),并采用 Bonferroni 法进行两两比较。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

结 果

一、不同预备技术的根管偏移情况比较

1. HF结合不同预备技术的根管偏移情况:TCA在D0~D2位点的根管偏移量较TT小,差异具有统计学意义($t_{D0}=2.701, P_{D0}=0.013; t_{D1}=3.497, P_{D1}=0.002; t_{D2}=2.731, P_{D2}=0.012$)。其余位点差异无统计学意义($P>0.05$,图2A)。

2. TFA结合不同预备技术的根管偏移情况:TCA在D2、D5、D6位点的根管偏移量较TT小,差异具有统计学意义($t_{D2}=2.303, P_{D2}=0.031; t_{D5}=4.500, P_{D5}<0.001; t_{D6}=2.102, P_{D6}=0.047$)。其余位点差异

无统计学意义($P > 0.05$,图2B)。

3. VB结合不同预备技术的根管偏移情况:TCA在D6、D7、D10位点的根管偏移量较TT小,差异具有统计学意义($t_{D6} = 3.562, P_{D6} = 0.002; t_{D7} = 3.589, P_{D7} = 0.002; t_{D10} = 3.004, P_{D10} = 0.007$)。其余位点差异无统计学意义($P > 0.05$,图2C)。

4. Mtwo结合不同预备技术的根管偏移情况:TCA在D4~D6、D10位点的根管偏移量较TT小,差异具有统计学意义($t_{D4} = 4.668, P_{D4} < 0.001; t_{D5} = 5.645, P_{D5} < 0.001; t_{D6} = 3.627, P_{D6} = 0.001; t_{D10} = 5.778, P_{D10} < 0.001$)。其余位点差异无统计学意义($P > 0.05$,图2D)。

二、不同镍钛系统的根管偏移情况比较

4种镍钛系统采用TT法预备的根管偏移情况:Mtwo在D3~D8、D10位点的根管偏移量最大,且与其他3组差异具有统计学意义($F_{D3} = 10.074, P_{D3} < 0.001; F_{D4} = 75.786, P_{D4} < 0.001; F_{D5} = 79.225, P_{D5} < 0.001; F_{D6} = 72.197, P_{D6} < 0.001; F_{D7} = 36.942, P_{D7} < 0.001; F_{D8} = 11.806, P_{D8} < 0.001; F_{D10} = 23.568, P_{D10} < 0.001$);VB在D6、D7位点的根管偏移量较HF和TFA大,差异具有统计学意义($P < 0.05$);HF和TFA

的根管偏移量最小,两者仅在D1位点差异具有统计学意义($P < 0.05$),其余位点差异无统计学意义($P > 0.05$,表2)。

4种镍钛系统采用TCA法预备的根管偏移情况:Mtwo在D3~D8位点的根管偏移量最大($P < 0.05$),且与其他3组差异具有统计学意义($F_{D3} = 21.568, P_{D3} < 0.001; F_{D4} = 38.180, P_{D4} < 0.001; F_{D5} = 46.676, P_{D5} < 0.001; F_{D6} = 60.236, P_{D6} < 0.001; F_{D7} = 27.175, P_{D7} < 0.001; F_{D8} = 8.585, P_{D8} < 0.001$);VB在D4~D6位点的根管偏移量较HF和TFA大($P < 0.05$);HF和TFA间根管偏移量差异无统计学意义($P > 0.05$,表3)。

讨 论

镍钛器械具有超弹性和形态记忆功能,在弯曲根管中具有拉直根管的趋势^[1,4],可增加根管内未预备面积并造成部分区域牙本质的过度去除,导致根管偏移,降低根管清理效果及牙体抗折能力^[5]。因此根管偏移是弯曲根管预备的重要评估指标。

既往研究认为,在使用镍钛器械时,为降低器械分离的风险,应将器械在旋转状态下插入根管^[6]。然而,旋转状态会造成手感的丧失,不利于对根管

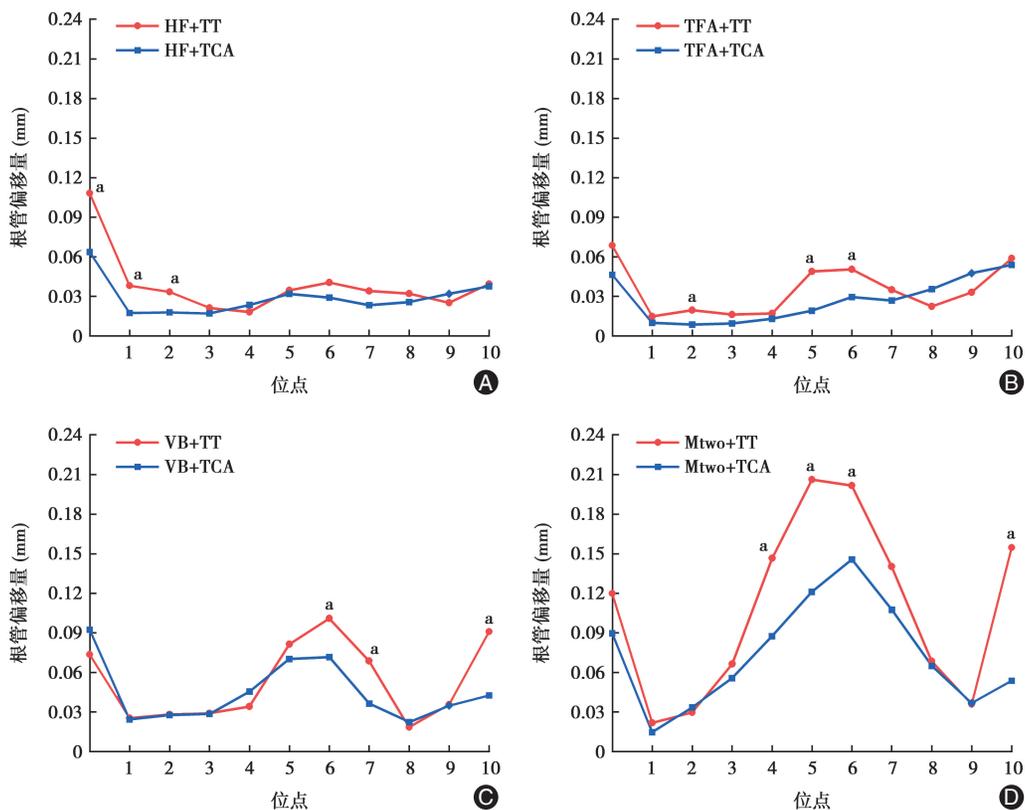


图2 不同镍钛系统结合不同技术预备弯曲根管的根管偏移情况比较 A:HF;B:TFA;C:VB;D:Mtwo;HF为HyFlex CM;VB为Vortex Blue;TT为传统技术;TCA为触控启动技术;该位点两种技术间差异具有统计学意义(* $P < 0.05$)

表2 镍钛系统结合传统技术(TT)预备弯曲根管的根管偏移情况($\bar{x} \pm s$, mm)

镍钛系统	例数	D0	D1	D2	D3	D4	D5
HF	12	0.108±0.053 ^a	0.038±0.017 ^a	0.033±0.019 ^a	0.021±0.024 ^a	0.018±0.022 ^a	0.034±0.022 ^a
TFA	12	0.069±0.036 ^c	0.015±0.007 ^b	0.020±0.014 ^a	0.016±0.012 ^a	0.017±0.017 ^a	0.049±0.019 ^{ab}
VB	12	0.074±0.053 ^a	0.025±0.017 ^{ab}	0.028±0.019 ^a	0.029±0.024 ^a	0.034±0.022 ^a	0.081±0.022 ^b
Mtwo	12	0.120±0.072 ^a	0.022±0.017 ^{ab}	0.030±0.012 ^a	0.066±0.037 ^b	0.147±0.037 ^b	0.206±0.045 ^c
F值		2.707	4.923	1.691	10.074	75.786	79.225
P值		0.057	0.005	0.183	<0.001	<0.001	<0.001

镍钛系统	例数	D6	D7	D8	D9	D10
HF	12	0.040±0.024 ^a	0.034±0.025 ^a	0.032±0.014 ^a	0.025±0.023 ^a	0.039±0.044 ^a
TFA	12	0.051±0.026 ^c	0.035±0.024 ^a	0.022±0.016 ^a	0.033±0.023 ^a	0.059±0.026 ^{ab}
VB	12	0.101±0.024 ^b	0.069±0.025 ^b	0.018±0.014 ^a	0.036±0.023 ^a	0.091±0.044 ^b
Mtwo	12	0.202±0.041 ^c	0.140±0.037 ^c	0.069±0.038 ^b	0.036±0.031 ^a	0.155±0.041 ^c
F值		72.197	36.942	11.806	0.524	23.568
P值		<0.001	<0.001	<0.001	0.668	<0.001

注: ^{abcd}不同字母表示组间差异具有统计学意义($P < 0.05$)

表3 镍钛系统结合触控启动技术(TCA)预备弯曲根管的根管偏移情况($\bar{x} \pm s$, mm)

镍钛系统	例数	D0	D1	D2	D3	D4	D5
HF	12	0.064±0.034 ^{ab}	0.017±0.011 ^{ab}	0.018±0.012 ^{ab}	0.017±0.013 ^a	0.023±0.020 ^a	0.032±0.023 ^a
TFA	12	0.046±0.026 ^c	0.010±0.007 ^a	0.009±0.009 ^a	0.009±0.008 ^{ab}	0.013±0.009 ^a	0.019±0.013 ^a
VB	12	0.092±0.038 ^b	0.024±0.016 ^b	0.028±0.014 ^b	0.028±0.014 ^{ac}	0.046±0.017 ^b	0.070±0.027 ^b
Mtwo	12	0.090±0.030 ^b	0.015±0.011 ^{ab}	0.033±0.021 ^b	0.056±0.022 ^d	0.087±0.024 ^c	0.121±0.027 ^c
F值		5.475	3.010	6.628	21.568	38.180	46.676
P值		0.003	0.040	0.001	<0.001	<0.001	<0.001

镍钛系统	例数	D6	D7	D8	D9	D10
HF	12	0.029±0.022 ^a	0.023±0.013 ^a	0.025±0.014 ^a	0.032±0.029 ^a	0.037±0.031 ^a
TFA	12	0.029±0.023 ^a	0.027±0.023 ^a	0.036±0.018 ^a	0.048±0.029 ^a	0.054±0.034 ^a
VB	12	0.071±0.015 ^b	0.036±0.019 ^a	0.022±0.016 ^a	0.035±0.029 ^a	0.043±0.034 ^a
Mtwo	12	0.146±0.034 ^c	0.108±0.042 ^b	0.065±0.037 ^b	0.037±0.020 ^a	0.054±0.044 ^a
F值		60.236	27.175	8.585	0.799	0.615
P值		<0.001	<0.001	<0.001	0.501	0.609

注: ^{abcd}不同字母表示组间差异具有统计学意义($P < 0.05$)

弯曲方向和角度的探查。但随着镍钛合金热处理技术的发展,出现了不同的新型热处理镍钛:M-wire、R-phase和CM-wire镍钛,其柔韧性和抗折性能均较传统镍钛器械得到极大提高,预备弯曲根管的安全性显著改善^[7-11]。

研究认为,通过对HF镍钛器械的预弯和静止状态下插入,能够更安全有效地预备重度弯曲根管至工作长度,并避免台阶的形成。采用TCA技术,还能增加器械插入根管内的手感,并且仅在必要时启动马达进行预备,减少了器械在弯曲根管内的旋转时间,有利于降低器械分离风险^[2-3]。

本实验选择Mtwo作为传统超弹性镍钛器械的代表产品,VB、TFA和HF分别作为M-wire、R-phase

和CM-wire热处理镍钛合金的代表产品,对比研究4种镍钛系统结合TT或TCA技术预备模拟弯曲根管的根管偏移情况。

本实验对TCA和TT两种预备技术的成形效果进行分析比较,结果提示,与TT法相比,TCA技术减小了4种镍钛系统在部分位点的根管偏移。理想状态下,若根管预备过程中镍钛器械被根管壁360°紧密包绕使其无法拉直,则不易发生根管偏移;当根管内存在空间,器械能够部分恢复原始形态,则会造成根管壁的不均匀切割导致根管偏移^[12]。采用TT法预备时,为减小器械扭矩疲劳和循环疲劳^[13],常进行in-and-out运动。在此运动过程中,器械在根管内较宽松能够部分恢复原始直线形态,所以造成了

更大的根管偏移^[14]。而采用TCA法时,仅在根管壁牙本质最大程度包绕器械时启动器械进行预备,不易过度扩大根管,因此能够更好的维持根管原始解剖形态。

本实验亦比较了不同镍钛系统结合同一技术预备弯曲根管的成形效果,结果表明,TFA和HF的成形效果良好且二者相当,VB次之,Mtwo的成形效果最差。Mtwo为传统超弹性镍钛器械,在室温下其晶体结构为刚性较大的奥氏体相,而HF、TFA和VB为热处理镍钛器械,在室温下均含有一定比例的变形马氏体相或R相晶体,因此具有更高的柔韧性和抗折性能^[7-11,15]。以往研究表明,与传统超弹性镍钛器械如ProTaper Universal、K3等相比,热处理镍钛器械如ProTaper Next、K3XF、Twisted File和HF等具有更好的成形性能^[16-20]。Pedulla等^[21]采用micro-CT评估TFA和Mtwo预备下颌磨牙弯曲根管的成形效果,发现两者在根尖区域的根管偏移差异无统计学意义,但是TFA在根管中部和冠部的偏移更小,与本研究结果基本一致。孙菲等^[22]的研究亦表明,Mtwo在距根尖4、5 mm处的根管偏移大于TFA。Marceliano-Alves等^[23]比较了Reciproc、WaveOne、Twisted File和HF预备下颌磨牙弯曲根管的成形能力,结果表明,Twisted File和HF的成形能力相当,均优于Reciproc和WaveOne。Zhao等^[17]采用micro-CT评估HF、Twisted File和K3预备上颌第一磨牙弯曲根管的根管偏移情况,显示Twisted File在根尖段的根管偏移量明显小于K3,和HF差异无统计学意义。Kumar等^[24]的研究亦证实Twisted File和HF的成形性能相当,均优于手动K锉。本实验中的TFA和Twisted File具有相同的器械设计,但采用了自适应往复运动模式。Pedulla等^[21]的研究表明,TFA采用自适应往复运动比采用连续旋转运动具有更高的中心定位能力,但两种运动模式的根管偏移量无明显差异。据此推测HF和TFA的成形能力相当,与本实验结果一致。

另外,在本实验中未发生器械分离。虽然TCA法预备使器械受到更大的扭矩应力,但在遇阻力后即刻取出有利于观察器械形变的发生,从而预防器械在根管内的分离。此外,采用TCA法减少了器械在弯曲部位停留的时间,因此可能减轻循环疲劳。综上所述,采用抗折性能优越的热处理镍钛系统结合TCA法预备弯曲根管具有一定的安全性能,但仍需要进一步的实验验证。

综上所述,HF、TFA、VB和Mtwo结合TCA法预备弯曲根管具有良好的成形效果。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review [J]. *J Endod*, 2004, 30(8): 559-567. DOI: 10.1097/01.don.0000129039.59003.9d.
- [2] Chaniotis A, Filippatos C. Root canal treatment of a dilacerated mandibular premolar using a novel instrumentation approach. A case report [J]. *Int Endod J*, 2017, 50(2): 202-211. DOI: 10.1111/iej.12610.
- [3] Chaniotis A, Filippatos CG. The Use of a Novel Approach for the Instrumentation of a Cone - beam Computed Tomography - discernible Lateral Canal in an Unusual Maxillary Incisor: Case Report [J]. *J Endod*, 2017, 43(6): 1023-1027. DOI: 10.1016/j.joen.2017.01.032.
- [4] Young GR, Parashos P, Messer HH. The principles of techniques for cleaning root canals [J]. *Aust Dent J*, 2007, 52(1 Suppl): S52-S63. DOI: 10.1111/j.1834-7819.2007.tb00526.x.
- [5] Schafer E, Dammashke T. Development and sequelae of canal transportation [J]. *Endodontic Topics*, 2009, 15(1): 75-90. DOI: 10.1111/j.1601-1546.2009.00236.x.
- [6] 樊明文. 牙体牙髓病学 [M]. 4版. 北京: 人民卫生出版社, 2012: 302.
- [7] Pereira ES, Gomes RO, Leroy AM, et al. Mechanical behavior of M-Wire and conventional NiTi wire used to manufacture rotary endodontic instruments [J]. *Dent Mater*, 2013, 29(12): e318-e324. DOI: 10.1016/j.dental.2013.10.004.
- [8] Shen Y, Riyahi AM, Campbell L, et al. Effect of a combination of torsional and cyclic fatigue preloading on the fracture behavior of K3 and K3XF instruments [J]. *J Endod*, 2015, 41(4): 526-530. DOI: 10.1016/j.joen.2014.10.008.
- [9] Goo HJ, Kwak SW, Ha JH, et al. Mechanical Properties of Various Heat-treated Nickel-titanium Rotary Instruments [J]. *J Endod*, 2017, 43(11): 1872-1877. DOI: 10.1016/j.joen.2017.05.025.
- [10] 杨殿杰, 侯本祥, 侯晓玫. 三种特殊热处理技术对镍钛根管锉相变行为、弯曲性能和抗疲劳折断性能影响的研究 [J]. *中华口腔医学杂志*, 2018, 53(8): 539-545. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1002-0098.2018.08.008
- [11] Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys - a review [J]. *Int Endod J*, 2018, 51(10): 1088-1103. DOI: 10.1111/iej.12924.
- [12] Hargreaves KM, Cohen S. *Cohen's Pathways of the Pulp* [M]. 10th ed. St. Louis, Mo.: Mosby Elsevier, 2011: 233.
- [13] Li UM, Lee BS, Shih CT, et al. Cyclic fatigue of endodontic nickel titanium rotary instruments: static and dynamic tests [J]. *J Endod*, 2002, 28(6): 448-451. DOI: 10.1097/00004770-200206000-00007.

- [14] Jeon HJ, Paranjpe A, Ha JH, et al. Apical enlargement according to different pecking times at working length using reciprocating files [J]. *J Endod*, 2014, 40(2): 281-284. DOI: 10.1016/j.joen.2013.08.020.
- [15] Montalvão D, Alçada FS, Braz FF, et al. Structural characterisation and mechanical FE analysis of conventional and M-Wire Ni-Ti alloys used in endodontic rotary instruments [J]. *Scientific World J*, 2014, 2014:976459. DOI: 10.1155/2014/976459.
- [16] Wu H, Peng C, Bai Y, et al. Shaping ability of ProTaper Universal, WaveOne and ProTaper Next in simulated L-shaped and S-shaped root canals [J]. *BMC Oral Health*, 2015, 15: 27. DOI: 10.1186/s12903-015-0012-z.
- [17] Zhao D, Shen Y, Peng B, et al. Micro-computed tomography evaluation of the preparation of mesiobuccal root canals in maxillary first molars with Hyflex CM, Twisted Files, and K3 instruments [J]. *J Endod*, 2013, 39(3): 385-388. DOI: 10.1016/j.joen.2012.11.030.
- [18] 郭宇, 彭彬. 3种不同镍钛器械对弯曲根管成形能力的研究 [J]. *口腔医学研究*, 2014, 30(4): 340-342. DOI: 10.13701/j.cnki.kqxyj.2014.04.017
- [19] Rejula F, Christalin R, Ahmed W, et al. Measure and compare the Degree of Root Canal Transportation and Canal-centering ability of Twisted, ProTaper, and Conventional Stainless Steel K Files using Spiral Computed Tomography: An in vitro Study [J]. *J Contemp Dent Pract*, 2017, 18(6): 463-469. DOI: 10.5005/jp-journals-10024-2066.
- [20] Zhang Y, Liu J, Gu Y, et al. Analysis of second mesiobuccal root canal instrumentation in maxillary first molars with three nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomographic study [J]. *Odontology*, 2020. DOI: 10.1007/s10266-020-00564-2.
- [21] Pedulla E, Plotino G, Grande NM, et al. Shaping ability of two nickel-titanium instruments activated by continuous rotation or adaptive motion: a micro-computed tomography study [J]. *Clin Oral Investig*, 2016, 20(8): 2227-2233. DOI: 10.1007/s00784-016-1732-4.
- [22] 孙菲, 梁景平. 不同镍钛根管预备器械去除重度弯曲根管内充填物的效果比较 [J]. *口腔疾病防治*, 2019, 27(10): 627-633. DOI: 10.12016/j.issn.2096-1456.2019.10.003.
- [23] Marceliano-Alves MF, Sousa-Neto MD, Fidel SR, et al. Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated multife rotary systems: a micro-CT study [J]. *Int Endod J*, 2015, 48(12): 1129-1136. DOI: 10.1111/iej.12412.
- [24] Kumar BS, Pattanshetty S, Prasad M, et al. An in-vitro Evaluation of canal transportation and centering ability of two rotary Nickel Titanium systems (Twisted Files and Hyflex files) with conventional stainless Steel hand K-flexofiles by using Spiral Computed Tomography [J]. *J Int Oral Health*, 2013, 5(5): 108-115.

(收稿日期:2020-08-31)

(本文编辑:王嫚)