

[DOI]10.12016/j.issn.2096-1456.2021.10.003

· 基础研究 ·

ProTaper Gold和ProTaper Universal在弯曲根管预备中对牙本质微裂产生的影响

李姝慧¹, 热孜亚·艾尼¹, 亚尔肯·阿吉¹, 日孜瓦古丽·阿木提¹, 高原², 黄定明²1. 新疆维吾尔自治区人民医院口腔科,新疆维吾尔自治区 乌鲁木齐(830000); 2. 口腔疾病研究国家重点实验室
国家口腔疾病临床医学研究中心 四川大学华西口腔医院牙体牙髓病科,四川 成都(610041)

【摘要】 目的 本研究通过染色分析观察ProTaper Gold(PTG)与ProTaper Universal(PTU)预备不同弯曲程度根管所产生牙本质微裂之间的差异。方法 将收集的成人恒牙分为3组,分别为轻度弯曲组(10°~19°),中度弯曲组(20°~29°),重度弯曲组(30°~39°),每组20颗;每组随机分为2亚组,每亚组10颗,分别使用PTG和PTU镍钛机械锉进行根管预备。预备后对所有根管进行染色,并使用慢速切割技术,在其最弯曲处、最弯曲处上和下2 mm进行切割并打磨抛光。所有样本使用体视显微镜放大60倍观察,记录样本牙本质微裂纹的程度和数目并进行统计学分析。结果 PTG预备弯曲根管所产生的牙本质微裂纹少于PTU预备根管所产生的牙本质微裂纹($P < 0.05$),且在重度弯曲根管组更具优势。结论 与PTU相比,PTG在弯曲根管预备中产生较少的牙本质微裂纹。

【关键词】 牙本质微裂; 根管预备; ProTaper Gold; ProTaper Universal; 弯曲根管

【中图分类号】 R78 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2021)10-0663-06



开放科学(资源服务)标识码(OSID)

【引用著录格式】 李姝慧,热孜亚·艾尼,亚尔肯·阿吉,等. ProTaper Gold和ProTaper Universal在弯曲根管预备中对牙本质微裂产生的影响[J]. 口腔疾病防治, 2021, 29(10): 663-668. doi:10.12016/j.issn.2096-1456.2021.10.003.

Effects on the incidence of dentinal microcracks in curved root canal preparation with ProTaper Universal and ProTaper Gold LI Shuhui¹, REZIYA Aini¹, YAERKEN Aji¹, RIZIWANGULI Amuti¹, GAO Yuan², HUANG Dingming².

1. Department of Stomatology, People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830000, China; 2. State Key Laboratory of Oral Diseases & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Department of Cariology and Endodontics, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Corresponding author: HUANG Dingming, Email: dingminghuang@163.com, Tel: 86-28-85501445

【Abstract】 Objective This study aims to compare the incidence of dentinal microcracks produced by ProTaper Universal (PTU) and ProTaper Gold (PTG) file systems during root canal procedures in different curved canals using a dyeing technique. **Methods** Sixty extracted human molars were divided into 3 groups of 20 samples each in terms of root curvature (mild bending group, 10°-19°; moderate bending group, 20°-29°; severe bending group, 30°-39°). Ten samples of each group were then randomly allocated to the PTU and PTG file systems. After preparation, all roots were stained using a dyeing method and sectioned at the most curved plane and 2 mm below and above the most curved plane with a low-speed saw under cold water. A stereomicroscope was used to inspect dentinal microcracks at 60× magnification, and differences between these three instrument groups were analyzed using the chi-square test. **Results** The PTG file system induced significantly fewer dentinal microcracks for total, incomplete and complete cracks ($P < 0.05$), and the effect was more obvious with increasing canal curvature. **Conclusion** With the limitations of this *in vi-*

【收稿日期】 2021-02-28; **【修回日期】** 2021-04-06

【基金项目】 国家自然科学基金项目(81960207)

【作者简介】 李姝慧,副主任医师,博士, Email: 27045899@qq.com

【通信作者】 黄定明,主任医师,教授,博士, Email: dingminghuang@163.com, Tel: 86-28-85501445

tro study, it can be concluded that ProTaper Gold can result in fewer dentinal microcracks than ProTaper Universal.

【Key words】 dentinal cracks; root canal procedure; ProTaper Gold; ProTaper Universal; curved root canal

J Prev Treat Stomatol Dis, 2021, 29(10): 663-668.

【Competing interests】 The authors declare no competing interests.

This study was supported by the grants from National Natural Science Foundation of China (No. 81960207).

牙根纵裂(vertical root fracture, VRF)是根管治疗过程中经常发生的并发症,它常常会导致患牙被拔除^[1]。机械预备根管时会在根管壁上产生潜在的应力,当应力值明显超过根管牙本质所能承受的弹性应力时,根管壁上就会产生微裂^[2]。这些微裂纹在反复的咀嚼运动中可能向根方或冠方延伸,最终演变为牙根纵裂^[3]。Kim等^[4]指出根管锉在预备弯曲根管时,锉针越硬在根管壁上产生的应力值越大,并在牙根根尖部牙本质造成缺损。近年来,新型的热加工处理工艺以及制作技术应用在了提高镍钛合金等微结构上,这有效提高了镍钛根管锉的柔韧性^[5-7]。ProTaper Gold (PTG, Dentsply Maillefer, Ballaigues, 瑞士)的结构设计上与经典的ProTaper Universal (PTU, Dentsply Maillefer, Ballaigues, 瑞士)完全相同,但研究表明PTG具有更加优越的柔韧性和抗疲劳性^[5, 8-11]。

本研究拟在比较形态结构完全相同、镍钛合金性能不同的PTG与PTU根管锉在预备根管时所产生的根管牙本质微裂的差异。

1 资料和方法

1.1 样本的制备和分组

本研究经新疆维吾尔自治区人民医院伦理委员会审核通过,样本来源患者均知情同意。将收集的成人恒牙在使用前保存在Hank's平衡液中,每颗患牙均使用体视显微镜(SZ61, Olympus, 日本)观察拔除牙根表面是否存在外在的缺陷或裂纹,然后将所有牙齿在冷水冷却的前提下使用慢速切割机(Struers Minitom, Copenhagen, 丹麦)在釉牙骨质界切开。

将10号K锉插入样本根管内达到工作长度,将样本放置在DMG硅橡胶印模材(Silagum Putty, 德国)制作的固定基台上以保证X线片能尽量呈现最大弯曲度并且进行X线片的照射,硅橡胶基台和样本编号相同,以保证根管预备后再次拍摄X线片所呈角度相同。所有X线照射参数相同(时

间0.12 s,电压60 kV,电流7 mA),并保证样本到胶片的距离及球管到胶片的距离一致。使用数字影像处理系统(Gendex dental systems, Hatfield, 美国)对每个样本根管的弯曲度进行测量。根据根管的弯曲度将样本分为3组:轻度弯曲组(10°~19°)、中度弯曲组(20°~29°)和重度弯曲组(30°~39°);每组随机分为PTG和PTU亚组,每亚组10个样本。各亚组样本的根管弯曲度、弯曲半径及根管口到根尖孔距离差异均无统计学意义($P > 0.05$),资料具有可比性(表1)。

表1 不同预备亚组间弯曲根管的比较

Group		Curvature (°)	Radius (mm)	Orifice-foramen distance (mm)
Mild bending	PTU	16.80 ± 1.48	11.45 ± 2.09	12.10 ± 1.52
	PTG	17.80 ± 1.79	11.34 ± 3.42	10.60 ± 1.34
	<i>P</i>	0.364	0.956	0.136
Moderate bending	PTU	26.11 ± 1.27	8.14 ± 2.31	10.78 ± 1.64
	PTG	24.33 ± 2.45	6.16 ± 2.45	9.89 ± 1.85
	<i>P</i>	0.071	0.085	0.297
Severe bending	PTU	36.14 ± 3.39	6.00 ± 1.57	10.64 ± 1.35
	PTG	36.00 ± 4.23	4.98 ± 1.08	10.17 ± 1.29
	<i>P</i>	0.930	0.193	0.530

PTU: ProTaper Universal; PTG: ProTaper Gold

1.2 根管预备

所有样本根管口均使用SX进行预敞。将K锉插入根管内,根管口到根尖孔的距离减去0.5 mm作为工作长度,每个根管均按照工作长度疏通至15号。为防止牙根脱水,操作过程中使用Hank's液浸湿的纱布包裹样本。每支镍钛器械仅预备5个根管,使用低扭矩马达(VDW Silver, Munich, 德国)进行根管预备。按照厂家说明书应用,顺序使用成形锉S1、S2及完成锉F1、F2逐级根管预备直至达到工作长度。转速及扭距均依据厂家推荐进行设定。为避免偏倚,所有操作均为同一位经验丰富的牙体牙髓专科医师进行。

1.3 染色、固定、切割及显微镜下观察

根管预备后,使用本课题组自制的染色系统^[12]对所有样本进行24 h亚甲蓝染色,然后使用透明聚合树脂对样本进行包裹固定,以防止样本干燥脱水,最后使用慢速切割机在流动水冷却下进行样本切割,切割所致样本裂纹将无染色。沿牙根长轴、在根管最弯曲平面及其上下2 mm进行慢速切割(见图1),并对所有样本形成的断面使用3 000目和5 000目的水砂纸(991A, Matador Wasserfest, 德国)进行逐级抛光60 s,以去除表面明显划痕以便于显微观察。切割为3个平面,切完后形成6个断面,由于切割刀片的厚度及打磨抛光损失的厚度,而且在体视显微镜下实际观察到由切割平面所产生的的2个断面,因此各样本记录断面数为2,每组记录20个断面。每个断面在体视显微镜60倍下进行观察,记录样本裂纹产生情况。安排2名观察记录者对所有样本进行观察记录,观察记录者对样本隶属于哪一亚组并不知情,如2名观察记录者对同一样本裂纹产生情况有不同意见,则根据两人讨论结果达成一致后进行记录。

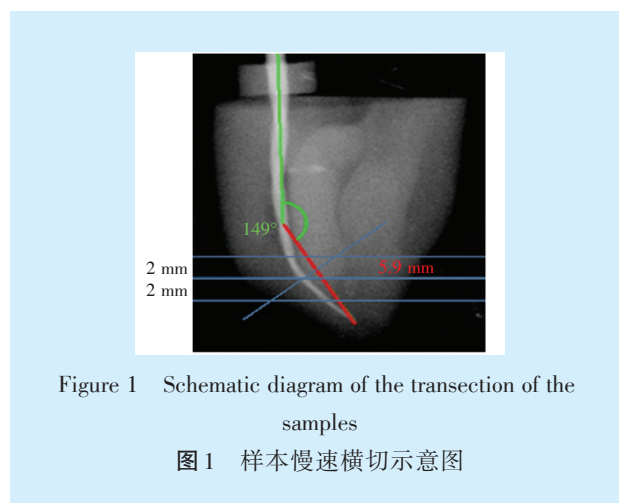
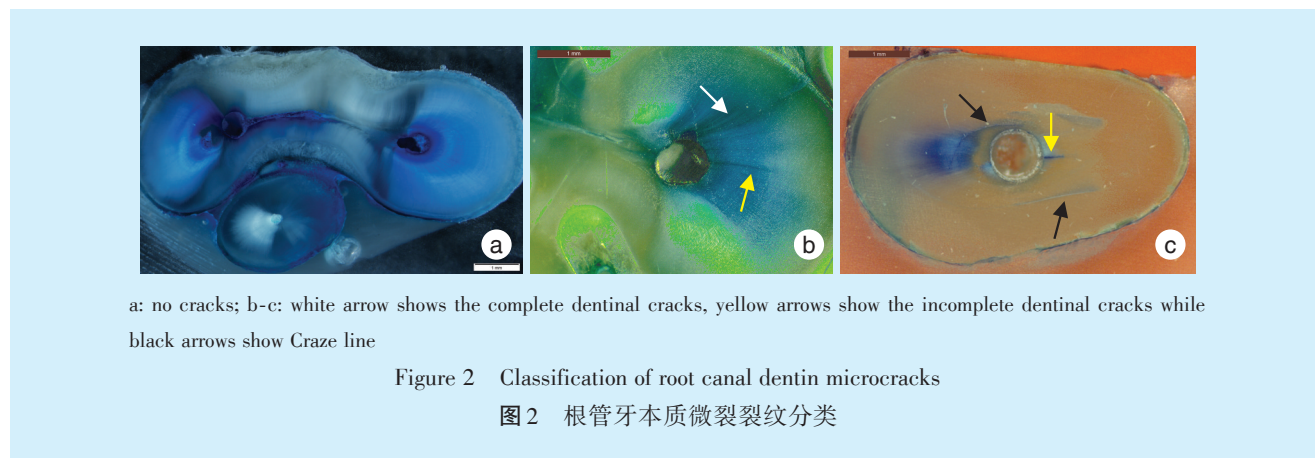


Figure 1 Schematic diagram of the transection of the samples

图1 样本慢速横切示意图

1.4 裂纹的定义

将根管牙本质微裂分为以下三类:①无裂,三个断面均无裂纹;②有裂,包括完全裂(从根管壁延伸至牙根表面)和不完全裂(从根管壁向牙根表面延伸,但没有到达牙根表面);③克氏线(Craze line),其他裂纹,如从牙根表面向根管壁延伸,但没有到达根管壁及不与根管壁相连也不与牙根表面相连的裂纹^[13]。见图2。



a: no cracks; b-c: white arrow shows the complete dentinal cracks, yellow arrows show the incomplete dentinal cracks while black arrows show Craze line

Figure 2 Classification of root canal dentin microcracks

图2 根管牙本质微裂裂纹分类

1.5 统计学分析

所有数据均使用SPSS 19.0进行统计分析。记录各亚组裂纹产生的数目以及百分比,采用卡方检验比较相同弯曲度亚组PTU和PTG组之间,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

根管预备后,PTU组和PTG组之间不同弯曲度亚组在根管弯曲3个不同断面所形成的根管牙本质微裂裂面数及裂面数占总观察面数百分数情

况,以及其卡方检验统计分析结果见表2~表4。不论是总裂纹数、完全裂纹数还是不完全裂纹数,PTG组均显著少于PTU组($P < 0.05$)。在中度弯曲组以及重度弯曲组,PTG预备根管与PTU相比,PTG组的牙本质不完全裂纹较少,差异具有统计学意义(中度弯曲: $P = 0.016$,重度弯曲: $P = 0.043$);在重度弯曲组,PTU比PTG造成了更多的牙本质完全裂纹($P = 0.027$);在根管弯曲不同平面,PTU组和PTG组所造成的牙本质微裂没有统计学差异。

表2 PTU和PTG组弯曲根管预备后致根管牙本质总裂纹数比较

Table 2 Comparison of total root canal dentin cracks after curved root canal preparation between PTU and PTG groups $n = 20, n(\%)$

Section lane	Group	Bending group			χ^2	<i>P</i>
		Mild bending	Moderate bending	Severe bending		
2 mm below most curved plane	PTU	2(10)	1(5)	3(15)	3.793	0.114
	PTG	0(0)	1(5)	0(0)		
Most curved plane	PTU	6(30)	3(15)	3(15)	0.960	0.463
	PTG	4(20)	2(10)	2(10)		
2 mm above most curved plane	PTU	0(0)	7(35)	5(25)	3.358	0.114
	PTG	4(20)	0(0)	1(5)		
Total	PTU	8(13.3)	11(18.3)	11(18.3)	6.628	0.015
	PTG	8(13.3)	3(5)	3(5)		
	χ^2	0.000	5.175	5.175		
	<i>P</i>	1.000	0.043	0.043		

PTU: ProTaper Universal; PTG: ProTaper Gold

表3 PTU和PTG组弯曲根管预备后致根管牙本质不完全裂数

Table 3 Comparison of the number of incomplete root canal dentin fractures after curved root canal preparation between PTU and PTG groups $n = 20, n(\%)$

Section plane	Group	Bending group			χ^2	<i>P</i>
		Mild bending	Moderate bending	Severe bending		
2 mm below most curved plane	PTU	2(10)	1(5)	3(15)	3.793	0.114
	PTG	0(0)	1(5)	0(0)		
Most curved plane	PTU	6(30)	3(15)	3(15)	1.563	0.317
	PTG	4(20)	1(5)	2(10)		
2 mm above most curved plane	PTU	0(0)	7(35)	5(25)	3.358	0.114
	PTG	4(20)	0(0)	1(5)		
Total	PTU	8(13.3)	11(18.3)	11(18.3)	7.633	0.009
	PTG	8(13.3)	2(3.3)	3(5)		
	χ^2	0.000	6.988	5.175		
	<i>P</i>	1.000	0.016	0.043		

PTU: ProTaper Universal; PTG: ProTaper Gold

表4 PTU和PTG组弯曲根管预备后致根管牙本质完全裂数比较

Table 4 Comparison of the number of complete root canal dentin fractures after curved root canal preparation between PTU and PTG groups $n = 20, n(\%)$

Section plane	Group	Bending group			χ^2	<i>P</i>
		Mild bending	Moderate bending	Severe bending		
2 mm below most curved plane	PTU	0(0)	0(0)	0(0)	-	-
	PTG	0(0)	0(0)	0(0)		
Most curved plane	PTU	0(0)	0(0)	3(15)	1.034	0.619
	PTG	0(0)	1(5)	0(0)		
2 mm above most curved plane	PTU	0(0)	2(10)	3(15)	5.217	0.057
	PTG	0(0)	0(0)	0(0)		
Total	PTU	0(0)	2(3.3)	6(10)	5.584	0.037
	PTG	0(0)	1(1.7)	0(0)		
	χ^2	-	0.342	6.316		
	<i>P</i>	-	1.000	0.027		

PTU: ProTaper Universal; PTG: ProTaper Gold

3 讨论

早期的根管锉针采用不锈钢金属制成,其硬度高、柔韧性差,20号以上锉针在预备弯曲根管时易造成根管原始走行方向的改变,使得根管被拉直,根尖端形成锯齿状不规则形态,根尖孔偏移、敞开,甚至造成根管壁侧穿以及工作长度的丧失。随着镍钛金属引入根管锉针的制造,镍钛锉针较传统不锈钢锉针更易于预备弯曲根管,其柔韧性能增强,在一定程度上避免了上述根管预备中的错误^[7]。但是传统的镍钛金属具有回弹性,因此其在预备弯曲根管时,会对根管口至弯曲起始部的根管壁外侧以及弯曲起始部至最凸处的内侧壁产生回弹力^[14],从而可能在根管预备中造成这些部位根管壁上牙本质微裂的产生。采用新型热机械加工处理的镍钛金属制成的能够在常温下预弯的根管锉具有良好的柔韧性能,但却没有回弹性能^[6]。因此,采用新型热机械加工处理的镍钛金属制成的根管锉被认为是更易于预备弯曲尤其是具有急弯的根管^[15-17],它们在预备弯曲根管时能顺应根管的原本走向,对根管侧壁产生更小的侧向力,从而在根管壁上造成的裂纹也更少。

PTG是登士柏公司近期推出的采用特殊热机械加工处理新型镍钛金属制成的根管预备系统,其设计与传统镍钛金属制成的PTU的理念完全相同,且厂家推荐的根管预备程序亦完全相同。PTG的特殊热机械加工处理提高了锉针的许多性能,如抗疲劳性、柔韧性和根管预备的中心稳定性^[5-8,11,18-21]。在以往的研究中,比较不同根管器械对根管牙本质壁微裂产生的影响,都未能避免不同根管系统设计不同、所用材质不同等混杂因素的影响。本实验排除了根管器械本身外形等设计的影响,单独考虑金属材质对根管壁牙本质微裂形成的影响。

近等原子的镍钛合金具有3种形式:奥氏体(austenite)、马氏体(martensite)和中间R相(R-phase),各个晶相具有相应的机械特性^[6-7]。奥氏体镍钛合金硬、结实;马氏体软、易延展、易变形;应力介导马氏体具有超(回)弹性。奥氏体和马氏体之间的转换通过温度变化和应力介导。镍钛合金即具有形态记忆性又具有超(回)弹性。形态稳定的奥氏体通过降温转变为形变的马氏体,马氏体通过升温又可以转变回原来形态的奥氏体,这种特性称作镍钛合金的形态记忆性。处在奥氏体晶态的镍钛合金在外界应力作用下转变为马氏

体,发生形变,在8%的应变范围内,去除外界应力,马氏体又可回复到原本形态的奥氏体,这种特性称作镍钛合金的超(回)弹性^[6]。热机械处理方式不同,马氏体的转化方式也有不同:一种是一步转换,即奥氏体直接转变为马氏体;另一种是经过中间相即R相转换(奥氏体-R相-马氏体)^[6]。

差示扫描量热法(differential scanning calorimetry, DSC)研究表明PTG锉具有两阶段特殊晶相转换行为^[15],因此在转换过程中存在R相,这使其机械性能更为复杂,同时研究表明PTG的奥氏体完成转换温度Af高于体温37℃,因此在临床使用中其可能完全处于马氏体状态,PTG这种既具有两阶段晶相转换行为以及高Af同可控记忆镍钛金属CM wire相似,因而其机械性能也可能与CM wire类似^[5,15]。由于PTG在体温状态处于马氏体,因此其不具有超弹性,其在预备弯曲根管时,对根管侧壁没有回弹力,不易造成根管弯曲部根管壁微裂的产生,根管越弯曲,这种现象越为明显。本实验发现在PTU、PTG在预备轻度弯曲根管时,其产生的根管牙本质微裂无显著差异,但在预备中、重度弯曲根管时,PTG在弯曲部根管壁上产生了更少的不完全裂;而且PTG组的总裂纹、完全裂纹与不完全裂纹在根管预备后均明显少于PTU组。

本实验发现采用不同材质制成、设计完全相同的镍钛根管器械在根管预备中对牙本质微裂形成具有差别。镍钛金属理化性能会影响根管牙本质微裂的形成。当新型镍钛合金的奥氏体完成转换温度Af高于体温(37℃)时,根管器械在根管预备时回弹性小,能够减少根管壁微裂的形成,并且这种作用随根管弯曲度的增加变得越加明显。为避免牙根纵裂的发生,在根管预备中推荐使用回弹性更小的新型镍钛材质的锉针。

【Author contributions】 Li SH performed the experiments, analyzed the data and wrote the article. Reziya AN and Yaerken AJ performed the experiments. Riziwanguli AMT revised the article. Gao Y and Huang DM designed the study. All authors read and approved the final manuscript as submitted.

参考文献

- [1] Liao WC, Tsai YL, Wang CY, et al. Clinical and radiographic characteristics of vertical root fractures in endodontically and non-endodontically treated teeth[J]. J Endod, 2017, 43(5): 687-693. doi: 10.1016/j.joen.2016.12.009.
- [2] Lam PP, Palamara JE, Messer HH. Fracture strength of tooth Roots following canal preparation by hand and rotary instrumentation[J]. J Endod, 2005, 31(7): 529-532. doi: 10.1097/01.

- don.0000150947.90682.a0.
- [3] Barreto MS, Moraes RA, 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.
- [4] Kim HC, Lee MH, Yum J, et al. Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture [J]. *J Endod*, 2010, 36(7): 1195 - 1199. doi: 10.1016/j.joen.2010.02.010.
- [5] Hou XM, Yang YJ, Qian J. Phase transformation behaviors and mechanical properties of NiTi endodontic files after gold heat treatment and blue heat treatment[J]. *J Oral Sci*, 2020, 63(1): 8-13. doi: 10.2334/josnusd.19-0331.
- [6] Gavini G, Santos MD, Almeida CL, et al. Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art[J]. *Braz Oral Res*, 2018, 32(suppl 1): e67. doi: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0067.
- [7] 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.
- [8] Alcalde M, Duarte M, Amoroso SP, et al. Mechanical properties of ProTaper Gold, EdgeTaper Platinum, flex Gold and Pro-T rotary systems[J]. *Eur Endod J*, 2020, 5(3): 205 - 211. doi: 10.14744/iej.2020.48658.
- [9] Plotino G, Grande NM, Isufi AA, et al. Fracture strength of endodontically treated teeth with different access cavity designs[J]. *J Endod*, 2017, 43(6): 995-1000. doi: 10.1016/j.joen.2017.01.022.
- [10] Miguéns-Vila R, Martín-Biedma B, De-Deus G, et al. Micro-computed tomographic evaluation of dentinal microcracks after preparation of curved root canals with ProTaper Gold, WaveOne Gold, and ProTaper next instruments[J]. *J Endod*, 2021, 47(2): 309-314. doi: 10.1016/j.joen.2020.10.014.
- [11] Uygun AD, Unal M, Falakaloglu S, et al. Comparison of the cyclic fatigue resistance of hyflex EDM, vortex blue, protaper Gold, and onecurve nickel - Titanium instruments[J]. *Niger J Clin Pract*, 2020, 23(1): 41-45. doi: 10.4103/njcp.njcp_343_19.
- [12] Li SH, Lu Y, Song D, et al. Occurrence of dentinal microcracks in severely curved root canals with ProTaper Universal, WaveOne, and ProTaper next file systems[J]. *J Endod*, 2015, 41(11): 1875-1879. doi: 10.1016/j.joen.2015.08.005.
- [13] Bürklein S, Tsotsis P, Schäfer E. Schafer, incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation[J]. *J Endod*, 2013, 39(4): 501-504. doi: 10.1016/j.joen.2012.11.045.
- [14] 孔晶晶, 李春年, 殷亮亮, 等. 根管再治疗3种镍钛器械中心定位能力和清除率的实验研究[J]. *口腔疾病防治*, 2020, 28(8): 494-498. doi: 10.12016/j.issn.2096-1456.2020.08.003.
- Kong JJ, Li CN, Yin LL, et al. Experimental study on central location ability and clearance rate of three nickel-titanium instruments for root canal retreatment[J]. *J Prev Treat Stomatol Dis*, 2020, 28(8): 494-498. doi: 10.12016/j.issn.2096-1456.2020.08.003.
- [15] Hieawy A, Haapasalo M, Zhou H, et al. Phase transformation behavior and resistance to bending and cyclic fatigue of ProTaper Gold and ProTaper Universal instruments[J]. *J Endod*, 2015, 41(7): 1134-1138. doi: 10.1016/j.joen.2015.02.030.
- [16] Duque JA, Vivan RR, Cavenago BC, et al. Influence of NiTi alloy on the root canal shaping capabilities of the ProTaper Universal and ProTaper Gold rotary instrument systems[J]. *J Appl Oral Sci*, 2017, 25(1): 27-33. doi: 10.1590/1678-77572016-0230.
- [17] Özyürek T, Yılmaz K, Uslu G. Shaping ability of reciproc, WaveOne Gold, and HyFlex EDM single-file systems in simulated s-shaped canals[J]. *J Endod*, 2017, 43(5): 805-809. doi: 10.1016/j.joen.2016.12.010.
- [18] Plotino G, Grande NM, Mercadé BM, et al. Influence of temperature on cyclic fatigue resistance of ProTaper Gold and ProTaper Universal rotary files[J]. *J Endod*, 2017, 43(2): 200 - 202. doi: 10.1016/j.joen.2016.10.014.
- [19] Keskin C, Inan U, Demiral M, et al. Cyclic fatigue resistance of reciproc blue, reciproc, and WaveOne Gold reciprocating instruments[J]. *J Endod*, 2017, 43(8): 1360 - 1363. doi: 10.1016/j.joen.2017.03.036.
- [20] Jamleh A, Alghaihab A, Alfadley A, et al. Cyclic fatigue and torsional failure of EdgeTaper Platinum endodontic files at simulated body temperature[J]. *J Endod*, 2019, 45(5): 611-614. doi: 10.1016/j.joen.2019.02.008.
- [21] Galal M, Ismail AG, Omar N, et al. Influence of thermomechanical treatment on the mechanical behavior of ProtaPer Gold versus ProTaper Universal (a finite element study)[J]. *Open Access Maced J Med Sci*, 2019, 7(13): 2157-2161. doi: 10.3889/oamjms.2019.552.

(编辑 周春华, 曾雄群)



官网



公众号