

控制记忆型镍钛锉的机械性能评价

摘要: 本实验旨在研究两种控制记忆型镍钛锉 HyFlex™ EDM (EDM) 和 HyFlex™ GPF (GPF) 的机械性能。实验以 Scout RaCe (RaCe) 作为对照组, 分别测试了三种锉的弯曲载荷、抗扭转 / 循环疲劳强度及旋进力并对其进行了评估。实验结果表明: 与 GPF 和 RaCe 相比, EDM 的断裂扭矩更大、循环断裂时间更长、旋进力也更大; 与 EDM 和 RaCe 相比, GPF 显示明显更低的弯曲载荷和更高的角偏移 (angular deflection) 值, 且循环断裂的时间明显长于 RaCe; EDM 和 GPF 进行往复运动时的断裂时间要明显长于进行连续旋转运动时的断裂时间。通过以上实验结果可以得出结论: 与 RaCe 相比, EDM 和 / 或 GPF 具有更高的弹性和抗扭转 / 循环疲劳性能; 往复运动赋予了 EDM 和 GPF 更好的抗循环疲劳性。

关键词: 控制记忆型镍钛锉, 弹性, 抗折性, 镍钛旋转疏通锉 (glide path file), 旋进力

引言

在用镍钛旋转器械预备根管前建立顺滑通道 (glide path) 至关重要, 因为这有利于器械尖端的安全推进, 从而减少器械折断的风险¹, 并减少后续操作的失误, 如根管偏移等²。有研究表明, 与手动锉预备相比, 在建立顺滑通道时使用旋转镍钛器械预备更快, 且能更好地保留根管解剖结构^{3,4}。为了更好地建立根管通路, 许多小尺寸镍钛锉应运而生⁵。

众所周知, 热处理可以通过改变镍钛合金的转变温度来改善其机械性能和冶金特性⁶。因此, 一些厂家相继推出了经过热处理后的镍钛器械, 声称其具有更佳的抗断裂性能和弹性。其中, HyFlex™ CM (Coltene/Whaledent, 瑞士) 由控制记忆型合金丝 (CM Wire) 制成, 并采用了热机械加工制造的专利技术, 有研究显示其具有更高的循环疲劳抗力⁵。HyFlex™ EDM (Coltene/Whaledent) 也是由控制记忆型合金丝制成、并经过电火花蚀刻 (electrical discharge machine, EDM) 加工, 具有更好的循环疲劳抗力^{7,8} 及更高的相变温度和硬度等特殊结构性能⁹。HyFlex™ GPF (Coltene/Whaledent) 和 HyFlex™ EDM Glide Path File (Coltene/Whaledent) 则是与这些系统对应的根管通畅器械。

镍钛旋转器械可能因扭转应力或 / 和循环疲劳而折断¹⁰。当锉旋入根管时会产生根尖向力, 称为旋进 (screw-in) 力, 由于这增加了锉与根管壁的啮合^{11,12}, 而被认为是引起扭转断裂的原因。疏通锉 (glide path file) 可能具有较高的折断风险, 尤其是遇到狭窄和弯曲的根管时, 因此它们应具有更高的抗扭转和循环抗疲劳性并产生更低的旋进力。据报道, 与连续旋转相比, 最初在 NiTi 旋转单支锉¹³ 进行预备时引入的往复运动增加了对 (疲劳) 失效的抵抗力¹⁴ 并降低了旋进力¹⁵。然而, 对于顺滑通道的建立尚没有关于往复运动影响的研究。

本实验有两个目的: 一是研究两种控制记忆型镍钛锉的弹性及抗折性等机械性能, 因此进行了弯曲载荷、扭转抗力、循环疲劳抗力和旋进力的测量; 二是研究往复运动对镍钛锉循环疲劳抗力和旋进力的影响。零假设为: (i) 3 种镍钛器械 (glide path file) 的力学性能无差异; (ii) 这 3 种锉进行往复运动和连续旋转运动时, 其循环疲劳抗力和旋进力无差异。

材料和方法

本实验使用以下三种旋转镍钛器械:

- HyFlex™ EDM Glide Path File: 尖端直径 0.10mm, 锥度 5%, 长度 25mm, 简称为 EDM;

Miki NISHIJO¹, Arata EBIHARA¹, Daisuke TOKITA¹, Hisashi DOI², Takao HANAWA² 和 Takashi OKIJI¹

¹ 东京医科与齿科大学 (TMDU), 医学与牙科研究生院, 口腔健康科学部牙髓生物学与牙髓学系 1-5-45 Yushima, Bunkyo-ku Tokyo 113-8549 / 日本

² TMDU 生物工程研究所, 生物医学材料部, 金属生物材料系 2-3-10 Kanda-Surugadai, Chiyoda-ku Tokyo 101-0062 / 日本

通讯作者: Arata EBIHARA
a.ebihara.endo@tmd.ac.jp

- HyFlex™ GPF: 尖端直径 0.15mm, 锥度 2%, 长度 25mm, 简称为 GPF;
- Scout RaCe (FKG, 瑞士): 商用镍钛合金制成, 尖端直径 0.15mm, 锥度 2%, 长度 25mm, 简称为 RaCe。

其中, EDM 在整个轴上不同水平有不同的截面形状, 中部呈梯形, 靠近尖端逐渐变为三角形¹⁶; 而 GPF 和 RaCe 的横截面则为方形^{5,17}。此外, RaCe 沿着长轴交替出现扭曲段和非扭曲段¹⁷。

弯曲测试

在室温下、使用特制的悬臂弯曲测试装置¹⁸⁻²¹ (图 1) 进行实验。每组取 10 个样本, 固定于装置上。在距离锉尖端 7mm 处夹紧, 在距离锉尖端 2mm 处施加载荷, 使锉尖端每分钟弯曲 1.0mm, 弯曲 3mm 时停止施压。测量尖端弯曲 0.5mm 和 2.0mm 时的载荷, 分别对应弹性和超弹性范围。锉和装置的温度保持在 37°C。

扭转测试

扭转测试按 ISO3630-1 (1992 年国际标准化组织制定) 进行。每组 10 个样本。将锉置于扭转测试装置上 (Orientec, 日本), 在距顶端 3mm 处用卡盘夹紧, 以 2rpm 转速顺时针方向旋转¹⁸, 同时监测扭矩和旋转角, 记录断裂时的最大扭矩和角偏移。

循环疲劳测试

使用由 3 个不锈钢销组成的装置进行测试 (图 2)。简言之, 每支锉被 3 个不锈钢销约束为一个弧形 (60°, 半径 5mm) 上, 并使用一个标准自动根管预备系统 (J. MORITA, 日本) 分别进行往复旋转运动 (转速 300rpm; 顺时针 180°+ 逆时针 90°) 或连续旋转运动 (300rpm)。镍钛锉施加的偏转载荷由固定在中间销上的测压元件 (LUR-A-50NSA1, Kyowa Electronic Instruments, 日本) 记录。实验过程中使

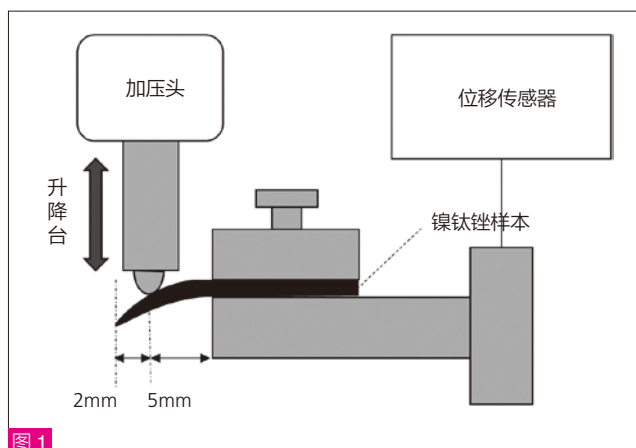


图 1: 特制悬臂式弯曲实验装置模式图

用硅油来减少摩擦和产热。每组 20 个样本, 均在 37°C 下进行实验, 直至断裂, 并记录断裂时间。

旋进力测试

使用特制的自动根管预备和扭矩/力分析设备¹⁵ 进行实验 (图 3)。在设备样品台上安装 60 个 J 形模拟根管块 (Endo Training Bloc, Dentsply Maillefer, 瑞士), 内部填充润滑剂 (RC-Prep, Premier, Plymouth Meeting, PA, 美国)。镍钛锉由配套的标准马达驱动, 进行如前所述的往复旋转运动

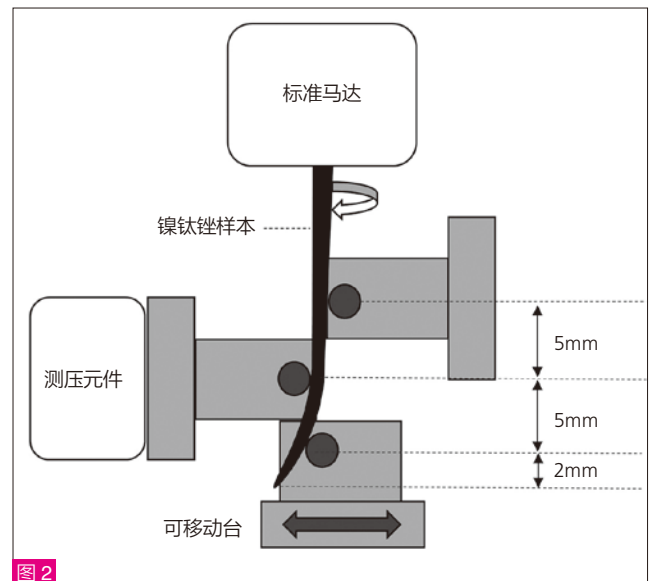


图 2: 特制循环疲劳试验装置模式图

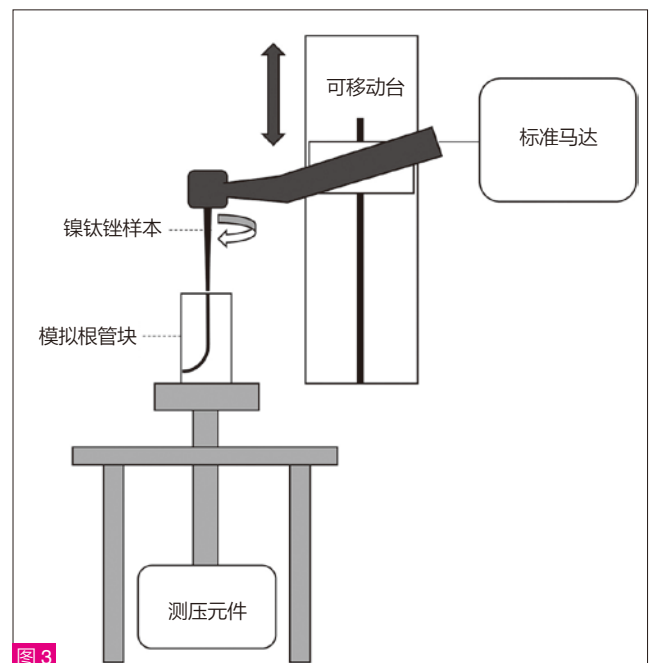


图 3: 特制自动根管预备和扭矩/力分析设备模式图