

Original de pesquisa;

Análise da resistência à fadiga cíclica dos sistemas rotatórios ProTaper Next, X File e X Gray

Resistance to cyclic fatigue analysis of ProTaper Next, X File and X Gray rotary systems

Kauhanna Vianna de Oliveira¹
Ítalo Antônio Dziadzio¹
Luis Henrique Cunico¹
Luiz Fernando Fariniuk¹
Flávia Sens Fagundes Tomazinho¹
Marilisa Carneiro Leão Gabardo¹
Flares Baratto Filho^{2,3}

Autora correspondente:

Marilisa Carneiro Leão Gabardo
R. Prof. Pedro Viriato Parigot de Souza, 5.300 – Cidade Industrial
CEP 81280-330 – Curitiba – PR – Brasil
E-mail: marilisagabardo@gmail.com
Data de recebimento: 11 ago. 2020. Data de aceite: 14 out. 2020.

¹ Universidade Positivo, Escola de Ciências da Saúde – Curitiba – PR – Brasil.

² Universidade da Região de Joinville, Departamento de Odontologia – Joinville – SC – Brasil.

³ Universidade Tuiuti do Paraná, Departamento de Odontologia – Curitiba – PR – Brasil.

Palavras-chave:

endodontia;
instrumentação;
tratamento do canal
radicular.

Resumo

Introdução e objetivo: Avaliar a resistência à fadiga cíclica de três sistemas de instrumentos endodônticos rotatórios. **Material e métodos:** Foram utilizados instrumentos X2 (25/06) dos sistemas ProTaper Next (PTN) (n = 18), X File (XF) (n = 18) e X Gray (XG) (n = 18), cada um acoplado ao contra-ângulo do motor X-Smart IQ (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça), e este, ao dispositivo, para teste de fadiga cíclica. Cada instrumento foi acionado até a fratura, com velocidade de 300 rpm e torque de 3 Ncm, enquanto o tempo foi registrado por cronômetro digital para se calcular o número de ciclos até a falha (NCF). Então, o fragmento decorrente de cada fratura foi mensurado por paquímetro digital. Os dados das variáveis tempo e NCF foram analisados pelo teste de Kruskal-Wallis para comparações gerais e pelo de Mann-Whitney para comparações pareadas, enquanto a variável fragmento foi avaliada pelo teste de análise de variância (ANOVA) a um fator. **Resultados:** O sistema XG apresentou valores de resistência à fadiga cíclica significativamente maiores que PTN e XF (p = 0,000). O comprimento médio dos fragmentos fraturados

não mostrou diferença significativa entre os grupos ($p = 0,138$). **Conclusão:** O sistema XG apresentou maior resistência à fratura por fadiga cíclica em comparação ao PTN e ao XF, porém não houve diferença entre os fragmentos em todos os sistemas.

Keywords:

endodontics;
instrumentation; root
canal therapy.

Abstract

Introduction and objective: To evaluate the cyclic fatigue resistance in instruments of three endodontic rotary systems. **Material and methods:** There were used X2 (25/06) instruments of ProTaper Next (PTN) ($n = 18$), X File (XF) ($n = 18$) and X Gray (XG) ($n = 18$) systems, each one coupled to the X-Smart IQ motor contra-angle (Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland), and this to the cyclic fatigue test device. Each instrument was activated up to the fracture, with speed of 300 rpm and torque of 3 Ncm. The time was recorded by a digital timer to calculate the number of cycles until failure (NCF), so the fragment resulting from each fracture was measured with a digital caliper. The data for time and NCF variables were analyzed using the Kruskal-Wallis test for general comparisons, and the Mann-Whitney test for paired comparisons, while the fragment variable was evaluated by the one-way analysis of variance (ANOVA) test. **Results:** The XG system presented cyclic fatigue resistance values significantly higher than PTN and XF ($p = 0.000$). The average length of the fractured fragments showed no significant difference between the groups ($p = 0.138$). **Conclusion:** The XG system presented higher cyclic fatigue fracture resistance compared to PTN and XF. However, there was no difference between the fragments in all systems.

Introdução

Os instrumentos rotatórios são agentes de limpeza mecânicos e possuem uma série de características geométricas que os diferenciam fisicamente e, por consequência, em termos funcionais. O desenvolvimento desses instrumentos contribuiu de maneira substancial com o tratamento endodôntico, em razão da diminuição significativa do tempo de trabalho clínico e da melhor efetividade na limpeza e modelagem dos canais radiculares [21, 22].

As ligas de níquel-titânio (NiTi) foram introduzidas na endodontia por Walia *et al.* em 1988 [25]. Esse material é amplamente utilizado na fabricação dos instrumentos rotatórios endodônticos em função de seu baixo módulo de elasticidade, que permite maior flexibilidade em relação às ligas de aço inoxidável, o que facilita o trabalho clínico ante as particularidades anatômicas como curvaturas. Além disso, o NiTi apresenta maior resistência à fratura por torção, promovendo maior segurança durante o preparo de canais radiculares curvos [7, 18, 25].

Outro fator que influencia diretamente as propriedades físicas dos instrumentos endodônticos

é o tratamento térmico, que pode ocasionar mudança na composição química, redução de defeitos e transformação estrutural, uma vez que o emprego de altas temperaturas promove a dissolução dos precipitados. Seguido pelo resfriamento (têmpera) e pelo tratamento aplicado em baixas ou médias temperaturas (envelhecimento), propicia-se o aumento da resistência da matriz, para evitar a deformação do instrumento [1, 16].

O ProTaper Next (PTN) (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça) é um sistema rotatório integrado por dois instrumentos principais, X1 (17/04) e X2 (25/06), além dos instrumentos complementares, X3 (30/07), X4 (40/06) e X5 (50/06). É composto da liga M-wire, que recebe tratamento termomecânico, a fim de melhorar a flexibilidade e resistência à fadiga do instrumento [4]. Posteriormente, foram desenvolvidos os sistemas X File (XF) e X Gray (XG) (Shenzhen Superline Technology, Shenzhen, China), constituídos de instrumentos com denominação e diâmetro da base da ponta (D0) semelhantes aos do PTN. Os instrumentos XF são constituídos de NiTi Max Tech 3.0, ao passo que os XG são de NiTi Max Tech 9.0, a fim de possibilitar memória elástica e maior flexibilidade.

Instrumentos rotatórios de NiTi podem fraturar por fadiga cíclica ou torcional, sobretudo em função do preparo de canais com uma ou mais curvaturas. A fadiga cíclica ocorre por cargas de compressão e tensão aplicadas sobre a mesma região do instrumento, tensionando sua parte interna e comprimindo sua porção externa. Esse tipo de fratura pode ser avaliado *in vitro* em canais simulados, verificando-se o número de ciclos até a falha [6, 23].

Estudos laboratoriais que avaliam a resistência à fadiga cíclica podem ser realizados em dispositivos estáticos, nos quais o instrumento gira em um canal artificial em um comprimento fixo sem movimento axial [5, 8, 10, 20], ou dinâmico com movimento axial, para cima e para baixo [9, 11, 13, 26]. O modelo de teste dinâmico simula a situação clínica, diminuindo as fadigas cíclica e torsional pelo *pecking motion* (movimento de introdução e remoção), que acaba por prolongar a vida útil do instrumento [11].

Com frequência, a prática endodôntica é dificultada pela anatomia do sistema de canais radiculares e por suas variadas curvaturas. Assim, a disponibilidade de instrumentos flexíveis e resistentes é crucial.

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência à fadiga cíclica desses sistemas de NiTi com diferentes tratamentos térmicos. A hipótese nula testada foi de que não haveria diferença entre os sistemas PTN, XF e XG.

Material e métodos

Foram selecionados 54 instrumentos X2 (25/06) dos sistemas PTN (n = 18), XF (n = 18) e XG (n = 18) que não apresentaram defeitos visíveis ou irregularidades sob inspeção com aumento de 20× em estereomicroscópio.

Utilizou-se um dispositivo projetado para teste dinâmico de fadiga cíclica composto de um canal artificial confeccionado em zircônia, com ângulo de 90° e raio de curvatura de 5 mm, cujo centro de curvatura se localiza a 5 mm de sua porção apical, e seu diâmetro interno corresponde a 1,5 mm.

Cada instrumento foi acoplado ao contra-ângulo do motor X-Smart IQ (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça) e acionado de acordo com o programa ProTaper Next para o instrumento X2, com velocidade de 300 rpm e torque de 2 Ncm. Para a redução do atrito entre instrumento e canal, utilizou-se óleo sintético (WD-40 Company, Milton Keynes, Inglaterra), facilitando sua livre rotação.

A peça de mão do motor X-Smart IQ foi fixada no dispositivo e operada com um movimento axial (de cima para baixo) dentro do canal a uma velocidade de 8 mm/s para simular o uso clínico. Todos os instrumentos foram ativados até a fratura. O tempo foi registrado por um cronômetro digital, e gravações de vídeo foram realizadas simultaneamente, a fim de facilitar a verificação do tempo exato da falha (Figura 1). Nesse momento, o movimento do motor era interrompido, assim como a contagem pelo cronômetro. Chegou-se, então, ao número de ciclos até a falha (NCF) para cada instrumento por meio da Equação 1:

$$\text{NCF} = 300 \times \text{tempo (em segundos)} / 60 \quad (1)$$

Além disso, o comprimento do fragmento foi registrado com um paquímetro digital.

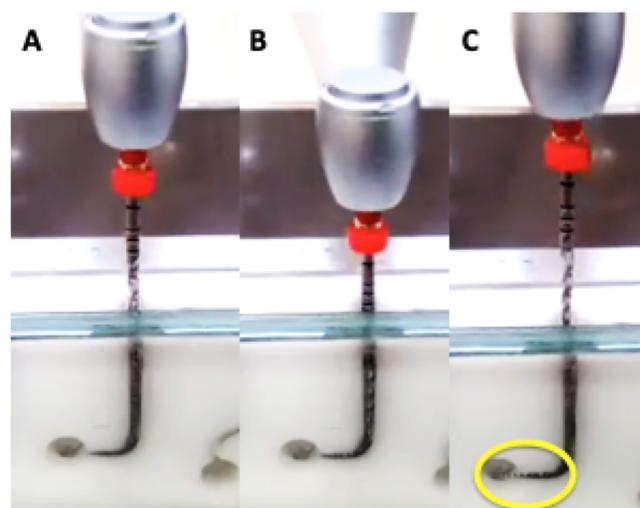


Figura 1 - Realização do movimento axial (A) para cima, (B) para baixo e (C) o momento de fratura do instrumento no interior do canal artificial no dispositivo de fadiga cíclica dinâmica

A análise estatística de Kolmogorov-Smirnov confirmou distribuição não normal nas variáveis tempo e NCF e distribuição normal para fragmento. Assim, os dados de tempo e NCF foram analisados pelo teste de Kruskal-Wallis para comparações gerais e pelo teste de Mann-Whitney para comparações pareadas, enquanto a variável fragmento foi avaliada pelo teste análise de variância (ANOVA) a um fator. O nível de significância para todos os testes estatísticos foi de 5%.

Resultados

Os valores de média e de desvio padrão para tempo (s), NCF e comprimento do fragmento

fraturado (mm) de cada sistema estão contidos na Tabela I. O sistema XG apresentou valores de resistência à fadiga cíclica significativamente maiores que PTN e XF ($p = 0,000$). O comprimento médio dos fragmentos fraturados não mostrou diferença significativa entre os grupos ($p = 0,138$).

Tabela I - Média \pm desvio padrão de tempo, NCF e comprimento do fragmento*

Sistema	Tempo (s)	NCF	Fragmento (mm)
PTN	21,83 \pm 7,04 ^B	109,16 \pm 34,18 ^B	4,36 \pm 0,72 ^A
XF	21,56 \pm 9,89 ^B	107,78 \pm 49,44 ^B	4,18 \pm 0,42 ^A
XG	51,50 \pm 11,88 ^A	257,50 \pm 59,39 ^A	4,69 \pm 0,44 ^A

*Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$); NCF: número de ciclos até a falha; PTN: ProTaper Next; XF: X File; XG: X Gray

Discussão

O objetivo deste estudo foi comparar a resistência à fadiga cíclica do instrumento X2 (0,25/06) dos sistemas rotatórios PTN, XF e XG. Ao final dos testes, a hipótese nula foi rejeitada.

Os instrumentos de NiTi apresentam diversas ligas, *designs*, tratamentos térmicos e podem ser usados em diferentes cinemáticas, com o propósito de aumentar sua resistência e flexibilidade [9, 13]. Então, importantes avanços na instrumentação mecanizada culminaram em sistemas com *design* e metalurgia particulares, como o PTN, o XF e o XG, que possuem controle de memória e secção transversal assimétrica e são utilizados em rotação contínua.

Testes de fadiga cíclica são estudos *in vitro* realizados em canal simulado e permitem o controle das condições experimentais, para que apenas as variáveis de interesse sejam avaliadas. No presente estudo a resistência à fadiga cíclica foi verificada mediante movimento axial para simular o uso clínico, caracterizando um modelo de teste dinâmico [9, 11]. O movimento de introdução e remoção do instrumento distribui as áreas de tensão e compressão por sua extensão, o que aumenta seu tempo de resistência, ao contrário do modelo estático, que promove acúmulo de tensão em determinada área do instrumento [5, 10]. Além disso, o canal simulado foi lubrificado com óleo para reduzir o efeito térmico do estresse por atrito.

A fratura pode ocorrer por diversos fatores, como condições anatômicas do canal radicular, raios e ângulos das curvaturas, falta de habilidade técnica do operador, velocidade de rotação, oscilação da temperatura e método de esterilização [2, 14, 15]. A resistência à fadiga cíclica dos instrumentos pode ser influenciada pelo processo de fabricação, tipo de liga e *design* de secção transversal [5].

O tratamento termomecânico interfere diretamente na eficácia e segurança de instrumentos endodônticos, assim como a liga com controle de memória. Por isso, sistemas diferentes compostos da mesma liga (NiTi) se comportam de maneira desigual [16]. Neste estudo, o tipo de liga do instrumento pode ter sido o fator determinante para a maior resistência à fadiga cíclica do sistema XG em comparação ao PTN e ao XF. Embora XF e XG apresentem o mesmo processo de fabricação e *design*, eles diferem quanto ao tratamento térmico, o que também parece ser um fator decisivo para os resultados obtidos.

Os estudos de Nguyen *et al.* [12], Pérez-Higueras *et al.* [17] e Uygun *et al.* [24] relataram que o instrumento X2 do sistema PTN apresentou maior resistência à fadiga cíclica que o F2 do ProTaper Universal (PTU). Por sua vez, Elnaghy [3] demonstrou que Twisted Files (25/06) e PTN (X2 = 25/06) foram superiores ao PTU (20/07) e HyFlex (25/06).

O comprimento do fragmento fraturado dos instrumentos também foi avaliado, porém não houve diferença significativa entre os sistemas PTN, XF e XG, o que indica que a resistência à fadiga é consideravelmente afetada pelo raio e/ou ângulo da curvatura do canal, conforme relatado em outros trabalhos [5, 14, 15, 19]. Há a necessidade de se avaliar as particularidades e os comportamentos dos sistemas XF e XG, como a capacidade de corte e a resistência à fadiga torsional, em comparação a outros sistemas.

Conclusão

Considerando as limitações deste estudo *in vitro*, pôde-se concluir que o sistema XG apresentou maior resistência à fratura por fadiga cíclica em comparação ao PTN e ao XF, porém não houve diferença entre os fragmentos em todos os sistemas.

Referências

- Cheung GS, Liu CS. A retrospective study of endodontic treatment outcome between nickel-titanium rotary and stainless steel hand filing techniques. *J Endod.* 2009;35(7):938-43.
- Cheung GS, Shen Y, Darvell BW. Effect of environment on low-cycle fatigue of a nickel-titanium instrument. *J Endod.* 2007;33(12):1433-7.
- Elnaghy AM. Cyclic fatigue resistance of ProTaper Next nickel-titanium rotary files. *Int Endod.* 2014;47(11):1034-9.
- Elnaghy AM, Elsaka SE. Evaluation of root canal transportation, centering ratio, and remaining dentin thickness associated with ProTaper Next instruments with and without glide path. *J Endod.* 2014;40(12):2053-6.
- Elnaghy AM, Elsaka SE. Torsion and bending properties of OneShape and WaveOne instruments. *J Endod.* 2015;41(4):544-7.
- Elnaghy AM, Elsaka SE, Mandorah AO. In vitro comparison of cyclic fatigue resistance of TruNatomy in single and double curvature canals compared with different nickel-titanium rotary instruments. *BMC Oral Health.* 2020;20(1):38-45.
- Gavini G, Santos MD, Caldeira CL, Machado MEL, Freire LG, Iglecias EF, et al. Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz Oral Res.* 2018;32(1):44-65.
- Huang X, Shen Y, Wei X, Haapasalo M. Fatigue resistance of nickel-titanium instruments exposed to high-concentration hypochlorite. *J Endod.* 2017;43(11):1847-51.
- Keles A, Eymirli A, Uyanik O, Nagas E. Influence of static and dynamics cyclic fatigue tests on the lifespan of four reciprocating systems at different temperatures. *Int Endod J.* 2019;52(6):880-6.
- Keskin C, Inan U, Guler DH, Kalyoncuoğlu E. Cyclic fatigue resistance of XP-Endo Shaper, K3XF, and ProTaper Gold nickel-titanium Instruments. *J Endod.* 2018;44(7):1164-7.
- Li UM, Lee BS, Shih CT, Lan WH, Lin CP. Cyclic fatigue of endodontic nickel titanium rotary instruments: static and dynamics tests. *J Endod.* 2002;28(6):448-51.
- Nguyen HH, Fong H, Paranjpe A, Flake NM, Johnson JD, Peters OA. Evaluation of the resistance to cyclic fatigue among ProTaper Next, ProTaper Universal, and vortex blue rotary instruments. *J Endod.* 2017;40(8):1190-3.
- Özyürek T, Uslu G, İnan U. A comparison of the cyclic fatigue resistance of used and new glide path files. *J Endod.* 2017;43(3):477-80.
- Pedullà E, La Rosa GRM, Boninelli S, Rinaldi OG, Rapisarda E, Kim HC. Influence of different angles of file access on cyclic fatigue resistance of reciproc and reciproc blue instruments. *J Endod.* 2018;44(12):1849-55.
- Pedullà E, La Rosa GRM, Virgullito C, Rapisarda E, Kim HC, Generali L. Cyclic fatigue resistance of nickel-titanium rotary instruments according to the angle of file access and radius of root canal. *J Endod.* 2020;46(3):431-6.
- Pereira ES, Peixoto IF, Viana ACD, Oliveira II, Gonzalez BM, Buono VTL, et al. Physical and mechanical properties of a thermomechanically treated NiTi wire used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *Int Endod J.* 2012;45(5):469-74.
- Pérez-Higueras JJ, Arias A, Macorra JC, Peters OA. Differences in cyclic fatigue resistance between ProTaper Next and ProTaper Universal instruments at different levels. *J Endod.* 2014;40(9):1477-81.
- Schäfer E, Schulz-Bongert U, Tulus G. Comparison of hand stainless steel and nickel titanium rotary instrumentation: a clinical study. *J Endod.* 2004;30(6):432-5.
- Shen Y, Hieawy A, Huang X, Wang ZJ, Maezono H, Haapasalo M. Fatigue resistance of a 3-dimensional conforming nickel-titanium rotary instrument in double curvatures. *J Endod.* 2016;42(6):961-4.
- Shen Y, Huang X, Wang Z, Wei X, Haapasalo M. Low environmental temperature influences the fatigue resistance of nickel-titanium files. *J Endod.* 2018;44(4):626-9.
- Spangberg L. The wonderful world of rotary root canal preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001;92:479.
- Tabassum S, Zafar K, Umer F. Nickel-titanium rotary file systems: what's new? *Eur Endod J.* 2019;4(3):111-7.

Ullmann CJ, Peters OA. Effect of cyclic fatigue on static fracture loads in ProTaper nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2005;31(3):183-6.

Uygun AD, Kol E, Topcu MKC, Seekin F, Ersoy I, Tanriver M. Variations in cyclic fatigue resistance among ProTaper Gold, ProTaper Next and ProTaper Universal instruments at different levels. *Int Endod J.* 2016;49(5):494-9.

Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod.* 1988;14(7):346-51.

Yao JH, Schwartz SA, Beeson TJ. Cyclic fatigue of three types of rotary nickel-titanium files in a dynamics model. *J Endod.* 2006;32(1):55-7.