

Relação entre diâmetro e conicidade de instrumentos rotatórios de níquel-titânio na resistência à fratura por torção

The relationship between diameter and taper of nickel-titanium rotary instruments on the torsional resistance to fracture

Etevaldo Matos MAIA FILHO¹
Cláudia de Castro Rizzi MAIA¹
Erick Miranda SOUZA¹
Idomeo BONETTI FILHO²

RESUMO

Objetivo: Avaliar a resistência à fratura por torção de limas rotatórias de níquel-titânio com diferentes diâmetros e conicidades.

Métodos: Foram utilizados instrumentos Profile (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) nos diâmetros de 15 a 40 e nas conicidades 0.04 e 0.06. Dez instrumentos de cada diâmetro e conicidade foram testados totalizando cento e vinte limas. O torque máximo (T_{max}), até a fratura, foi determinado de acordo com o protocolo no. 28 da American National Standards Institute/American Dental Association. A força máxima era convertida em torque máximo através da fórmula: $T_{max} = \text{Carga}_{max} \times \text{Raio}$.

Resultados: O diâmetro ($p < 0,001$) e a conicidade ($p < 0,001$) influenciaram no torque máximo até a fratura. Com o aumento do diâmetro e da conicidade houve um aumento progressivo do torque. Com o teste da regressão múltipla foi possível estabelecer uma equação relacionando o torque máximo em função do diâmetro (D) e da conicidade (C): $T_{max} = -1.4 + 0.08D + 10.5C$.

Conclusão: O aumento do diâmetro e da conicidade promoveu uma ampliação da resistência à fratura por torção. A variação da conicidade de 0.04 para 0.06, em instrumentos com o mesmo diâmetro, elevou em torno de 25% a resistência à fratura por torção.

Termos de indexação: endodontia; instrumentação; torque.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the resistance to fracture of rotary Ni-Ti files of various diameters and tapers after torsional stress simulation.

Methods: Profile (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) instruments sizes 15 to 40, taper 0.04 and 0.06 were used. Ten instruments of each size and taper were tested, totaling 120 files. The maximum torque (T_{max}) until fracture was determined in accordance with the ANSI / ADA Protocol N° 28. The maximum force was converted into maximum torque using the formula: $T_{max} = \text{Load}_{max} \times \text{Radius}$.

Results: The diameter ($p < 0.001$) and taper ($p < 0.001$) influenced the maximum torque to fracture. With the increase in diameter and taper there was a gradual increase in the maximum torque. Using the multiple regression method an equation relating the maximum torque to the diameter (D) and the taper (T) was found: $T_{max} = -1.4 + 0.08D + 10.5T$.

Conclusion: The increase in diameter and taper promoted an increase in resistance to torsion. The variation of the taper from 0.04 to 0.06 in instruments with the same diameter increased resistance to fracture by torsion by around 25%.

Indexing terms: endodontics; instrumentation; torque.

INTRODUÇÃO

Desde a introdução dos instrumentos de níquel-titânio (NiTi) por Walia et al.¹, em 1988, o uso de instrumentos rotatórios vem revolucionando o tratamento endodôntico, reduzindo a fadiga do operador, diminuindo o tempo de tratamento e minimizando os erros associados aos instrumentos de aço inoxidável²⁻⁴. Porém, esse tipo de instrumento pode fraturar sem nenhuma evidência visível.

A fratura de limas de NiTi ocorre, sobretudo, por utilização excessiva ou uso impróprio⁵ e ocorre principalmente no terço apical do canal radicular⁶⁻⁷.

Um instrumento fraturado durante o preparo biomecânico impede a completa limpeza e desinfecção, e pode aumentar a incidência de fracasso do tratamento endodôntico⁸.

As razões da ocorrência de fraturas de instrumentos rotatórios de NiTi são complexas e multifatoriais e, mesmo sabendo que a experiência e a habilidade do operador são fatores preponderantes^{6,9}, o conhecimento dos limites dos instrumentos torna-se essencial para sua prevenção.

Com o intuito de maximizar a eficiência de corte, minimizando a superfície de contato dos instrumentos, desenvolveram-se limas com variações de conicidades, desta forma, atualmente, existem inúmeros sistemas que utilizam estes tipos de limas.

¹ Centro Universitário do Maranhão, Faculdade de Odontologia. Rua Josué Montello, 1, Renascença, 65075-120, São Luis, Maranhão, Brasil. Correspondência para / Correspondence to: EM MAIA FILHO (rizzimaia@yahoo.com.br).

² Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Departamento de Endodontia. Araraquara, SP, Brasil.

Dentro deste contexto, o propósito desse trabalho foi verificar a influência e a relação da conicidade e do diâmetro na resistência à fratura de instrumentos rotatórios de níquel-titânio.

MÉTODOS

Foram utilizados instrumentos rotatórios Profile (Dentsply/Maillerfer, Ballaigues, Suisse), com 25mm de comprimento, nos números 15, 20, 25, 30, 35 e 40, com conicidades 0.04 e 0.06. Dez instrumentos de cada diâmetro e conicidade foram testados, totalizando 120 instrumentos.

O teste de torção foi realizado de acordo com o protocolo n°. 28 da *American National Standards Institute/American Dental Association*¹⁰. Para isso, foi confeccionado um dispositivo que era conectado a uma máquina de ensaios mecânicos (*Material Test System*), que permitia a determinação da força máxima até ocorrer a fratura (Figura 1).

Por meio do emprego do Perfilômetro, foi realizada uma avaliação para averiguar o padrão de conicidade dos instrumentos, verificando que eles se apresentaram dentro de um padrão aceitável de variação de $\pm 0,05$ mm. Além disso, não foram observados defeitos na superfície e no ângulo de corte dos instrumentos.

Para a realização do experimento, era feita a calibragem da máquina e em seguida prendia-se a ponta do instrumento (3mm) no dispositivo. A base da máquina de ensaio realizava movimentos para baixo de forma que a lima era colocada em rotação a uma velocidade de 2rpm. Automaticamente, a carga era registrada em um computador ligado à célula de carga. Após a fratura do instrumento, era possível saber a carga máxima necessária para que o mesmo sofresse fratura. O valor da carga máxima era convertido em torque máximo, seguindo a fórmula: $T_{\max} = \text{Carga}_{\max} \times \text{Raio}$. O torque foi calculado em newton por centímetros (N.cm).

Os dados foram tabulados e analisados estatisticamente, utilizando-se o programa SPSS for Windows 15.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA).

A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para observar se havia diferença no torque máximo até a fratura, entre os diversos diâmetros e entre as conicidades. Foi realizada a comparação das médias, duas a duas pelo teste de Bonferroni, entre os diferentes diâmetros.

Foi utilizado o teste de regressão linear múltipla para prever o valor da variável dependente (Torque), a partir das variáveis independentes (Conicidade e Diâmetro).

Em todos os testes o nível de significância, para rejeitar a hipótese de nulidade, foi de 5%.

Também foram calculados os aumentos percentuais da resistência à fratura entre as limas com o mesmo diâmetro e com conicidades diferentes.

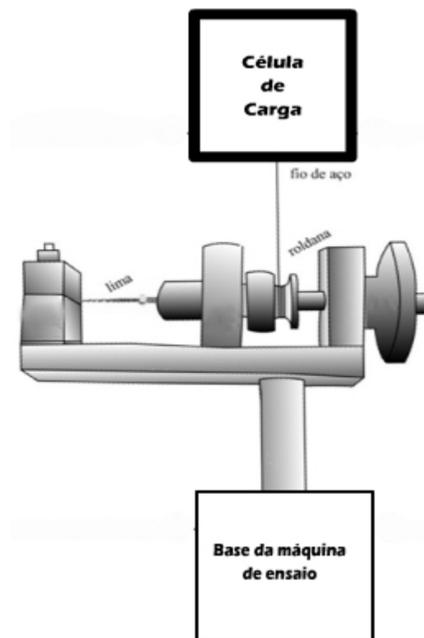


Figura 1. Dispositivo utilizado para o teste de torção, acoplado à máquina de ensaio mecânico - *Material Test System*.

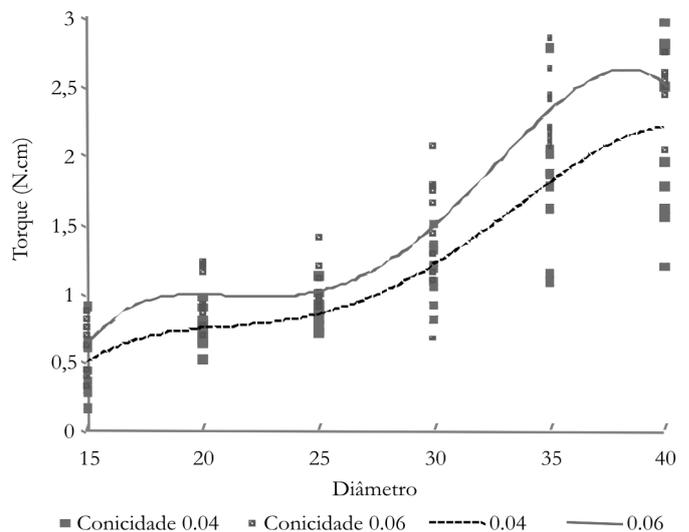


Figura 2. Torque máximo até a fratura (N.cm), em função do diâmetro e da conicidade.

RESULTADOS

Na Tabela 1 estão indicadas as médias e desvios-padrão de torque máximo, em N.cm, obtidos com limas de diâmetros 15, 20, 25, 30, 35 e 40, para o sistema Profile, de conicidades 0.04 e 0.06.

Os valores de F, relativos à análise de variância, foram significativos para o Diâmetro ($p < 0,001$) e para a Conicidade ($p < 0,001$).

Foi realizada a comparação das médias de torque, duas a duas, pelo teste de Bonferroni, entre os diversos diâmetros. O resultado deste teste está na Tabela 3. As letras iguais indicam que não houve evidência estatística de que as médias correspondentes tenham sido significativamente diferentes. Então, letras diferentes são indicativas de que as médias foram diferentes. Houve um aumento progressivo da média do torque até a fratura conforme o aumento do diâmetro do instrumento, ou seja, a massa incorporada ao instrumento pela ampliação do seu diâmetro o tornou mais resistente à fratura por torção.

O valor de F , do teste da regressão múltipla, foi muito significativo ($p < 0,001$), aceitando-se que as variáveis independentes (diâmetro e conicidade) tiveram grande influência sobre o torque máximo ($R^2 = 0,78$). Foi possível estabelecer uma equação que representa o torque máximo em função do diâmetro e da conicidade: $T_{\max} = -1.4 + 0.08D + 10.5C$.

Na Figura 1 está representado o aumento do torque máximo em função do diâmetro e da conicidade. Nota-se que o aumento do torque até a fratura ocorre de maneira uniforme, conforme o aumento do diâmetro e da conicidade dos instrumentos. Foi calculado o aumento percentual entre as limas com mesmo diâmetro e conicidades diferentes (Tabela 4) e observou-se, em média, um aumento da resistência à fratura por torção de 23,94%.

Tabela 1. Valores das médias dos torques máximos das limas de conicidades 0.04 e 0.06 de diversos diâmetros, com seus respectivos desvios-padrão.

	Diâmetro da lima					
	15	20	25	30	35	40
Profile 0.04	0.49 (0.22)	0.73 (0.13)	0.87 (0.13)	1.17 (0.22)	1.80 (0.48)	2.19 (0.65)
Profile 0.06	0.61 (0.19)	0.98 (0.20)	1.02 (0.16)	1.46 (0.42)	2.32 (0.25)	2.50 (0.18)

Tabela 2. Comparação de médias pelo teste Anova: Variável dependente – Torque.

Variável	F	p
Diâmetro	105.786	.000
Conicidade	23.458	.000

Tabela 3. Comparação de médias pelo teste de Bonferroni (letras iguais indicam que as médias não foram estatisticamente diferentes, a um nível menor do que 5%).

Diâmetro	15	20	25	30	35	40
	A	B	B	C	D	D

Tabela 4. Aumento percentual entre limas de conicidade 0.04 e 0.06 com o mesmo diâmetro (%).

Diâmetros						
15	20	25	30	35	40	Média
22.95%	34.87%	17.44%	25.06%	29.08%	14.25%	23.94%

DISCUSSÃO

Ao contrário dos instrumentos de aço inoxidável, os instrumentos de níquel-titânio podem fraturar com pouca ou nenhuma evidência visível, de forma inesperada, sem prévia deformação permanente e, aparentemente, dentro do limite de elasticidade¹¹. Nesse caso, a inspeção visual não é um método de avaliação confiável quando se usa instrumento de níquel-titânio. Muitas vezes, a emissão de um som de *click* é o único sinal antes de haver a fratura¹².

A compreensão de fatores que contribuem para a fratura dos instrumentos é importante para prevenir a sua ocorrência, sendo assim, nesse trabalho, foram utilizados instrumentos com diferentes diâmetros e conicidades, com o objetivo de avaliar o quanto esses fatores influenciam na resistência à fratura por torção.

Foram utilizadas limas rotatórias de níquel-titânio ProFile, fabricadas a partir da usinagem de uma haste metálica cônica de níquel-titânio, com secção transversal em forma triangular modificada com aspecto de tríplex “U”¹³⁻¹⁴.

A fratura do instrumento pode ocorrer sob duas circunstâncias: fratura torcional e fratura flexional⁴. A fratura flexional ocorre quando o instrumento é livremente rotacionado em um canal curvo. A lima sofre estresse no ponto máximo da curvatura, excedendo o limite de elasticidade e, assim, ocorrendo a fratura. A fratura torcional ocorre quando a ponta ou outra parte do instrumento é presa no canal, enquanto a haste continua em rotação, o limite de elasticidade é excedido e ocorre deformação plástica seguida de fratura.

O dispositivo utilizado nesse estudo simulou a ocorrência de uma fratura tipo torcional, uma vez que 3mm da ponta do instrumento eram presos, enquanto a haste rotacionava a uma velocidade de 2rpm.

O dispositivo utilizado nesse estudo foi confeccionado levando em consideração a especificação número 28 da ANSI/ADA¹⁰. Dispositivo semelhante foi utilizado por Seto et al.¹⁵, Anderson et al.¹⁶ e Bui et al.¹⁷.

Houve um aumento progressivo da média do torque com o aumento do diâmetro do instrumento, além disso, o fator conicidade foi determinante na resistência à fratura, ou seja, a incorporação de massa ao instrumento, seja pelo aumento do seu diâmetro seja pelo aumento da conicidade, ampliou a resistência à fratura por torção. Resultado semelhante foi

obtido por Yared & Kulkarni¹⁸ e Guilford et al.¹⁹. Por outro lado, os resultados dos trabalhos de Yared & Kulkarni¹⁸ e Kitchens et al.²⁰, os quais testaram a resistência à fratura por flexão, mostraram que o aumento da massa incorporada ao instrumento, devido ao aumento de conicidade, diminuiu a sua flexibilidade, ocorrendo a fratura mais rapidamente nas limas de conicidades maiores. Também Maia Filho et al.²¹ registraram que o aumento da conicidade dos instrumentos diminuía o número de voltas antes da fratura. Isso nos faz crer que um aumento de massa incorporada ao instrumento faz aumentar a resistência à fratura por torção, por outro lado diminui a resistência à fratura por flexão, além de diminuir o tempo até ocorrer a fratura.

Houve um aumento, em média, da resistência à fratura por torção entre limas de mesmo diâmetro e conicidades diferentes, de 23,94%. Pode-se dizer que houve um ganho em torno de 25% da resistência à fratura ao aumentar a conicidade de 0.04 para 0.06., entretanto, resta saber se essa relação é válida para outras conicidades, por exemplo, de 0.02 para 0.04.

Levando-se em consideração o cálculo da regressão múltipla realizado neste estudo, pode-se estabelecer uma equação na qual se determinou o torque máximo até a fratura,

em função do diâmetro e da conicidade dos instrumentos. Contudo, há necessidade de outros estudos para verificar se tal equação é aplicável para instrumentos de outras conicidades e marcas diferentes.

CONCLUSÃO

O aumento do diâmetro e da conicidade contribuíram para o aumento da resistência à fratura por torção. O aumento da conicidade de 0.04 para 0.06, em instrumentos com os mesmos diâmetros, aumentou em torno de 25% a resistência à fratura por torção.

Colaboradores

EM MAIA FILHO, CCR MAIA, EM SOUZA e I BONETTI FILHO participaram de todo o processo de publicação do artigo.

REFERÊNCIAS

1. 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.
2. Glossen CR, Haller RH, Dove SB, del Rio CE. A comparison of root canal preparations using Ni-Ti hand, Ni-Ti engine-driven, and K-Flex endodontic instruments. *J Endod.* 1995; 21(3): 146-51.
3. Park H. A comparison of Greater Taper files, ProFiles, and stainless steel files to shape curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001; 91(6): 715-8.
4. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004; 30(8): 559-67.
5. Di Fiore PM. A dozen ways to prevent nickel-titanium rotary instrument fracture. *J Am Dent Assoc.* 2007; 138(4): 196-201.
6. Al-Fouzan KS. Incidence of rotary ProFile instrument fracture and the potential for bypassing in vivo. *Int Endod J.* 2003; 36(12): 864-7.
7. Ankrum MT, Hartwell GR, Truitt JE. K3 Endo, ProTaper, and ProFile systems: breakage and distortion in severely curved roots of molars. *J Endod.* 2004; 30(4): 234-7.
8. Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod.* 2006; 32(11): 1031-43.
9. Parashos P, Gordon I, Messer HH. Factors influencing defects of rotary nickel-titanium endodontic instruments after clinical use. *J Endod.* 2004; 30(10): 722-5.
10. American National Standards Institute. American Dental Association. Specification No. 28 for root canal files and reamers, type K. New York: American National Standards Institute; 1988.
11. Gabel WP, Hoen M, Steiman HR, Pink FE, Dietz R. Effect of rotational speed on nickel-titanium file distortion. *J Endod.* 1999; 25(11): 752-4.
12. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL, Jr. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 1997; 23(2): 77-85.
13. Xu X, Eng M, Zheng Y, Eng D. Comparative study of torsional and bending properties for six models of nickel-titanium root canal instruments with different cross-sections. *J Endod.* 2006; 32(4): 372-5.
14. Leonardo MR, Leonardo RT. Sistemas rotatórios em endodontia. São Paulo: Artes Médicas; 2002.
15. Seto BG, Nicholls JI, Harrington GW. Torsional properties of twisted and machined endodontic files. *J Endod.* 1990; 16(8): 355-60.
16. Anderson ME, Price JW, Parashos P. Fracture resistance of electropolished rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 2007; 33(10): 1212-6.

17. Bui TB, Mitchell JC, Baumgartner JC. Effect of electropolishing ProFile nickel-titanium rotary instruments on cyclic fatigue resistance, torsional resistance, and cutting efficiency. *J Endod.* 2008; 34(2): 190-3.
18. Yared G, Kulkarni GK. An in vitro study of the torsional properties of new and used rotary nickel-titanium files in plastic blocks. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003; 96(4): 466-71.
19. Guilford WL, Lemons JE, Eleazer PD. A comparison of torque required to fracture rotary files with tips bound in simulated curved canal. *J Endod.* 2005; 31(6): 468-70.
20. Kitchens GG Jr, Liewehr FR, Moon PC. The effect of operational speed on the fracture of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2007; 33(1): 52-4.
21. Maia Filho EM, Rizzi CC, Bonetti Filho I, Souza EM, Vaz LG, Bonifácio KC. Avaliação da quantidade de voltas realizadas antes da fratura de instrumentos rotatórios de níquel-titânio - influência da conicidade, marca e calibre. *RGO – Rev Gaúcha Odontol.* 2005; 53(4): 352-5.

Recebido em: 28/4/2008

Versão final reapresentada em: 15/7/2008

Aprovado em: 31/7/2008