

Limas endodônticas manuais de aço inoxidável e de níquel-titânio: ensaio de torção até a fratura

Hélio Pereira LOPES¹
Carlos Nelson ELIAS²
José Freitas SIQUEIRA Jr.³
Wantuil Rodrigues ARAUJO FILHO⁴

Palavras-chave: Fratura por torção, limas endodônticas de aço inoxidável e de NiTi, limas endodônticas torcidas e usinadas.

RESUMO

Foram comparados os desempenhos das limas endodônticas de aço inoxidável fabricadas por torção do tipo FlexoFile e Flex.R, fabricadas por usinagem do tipo NiTi Nitiflex, quando submetidas a ensaios de torção à direita e à esquerda. Os resultados obtidos indicaram que o ângulo de torção máxima até a fratura foi maior à direita do que à esquerda. A análise estatística dos resultados mostrou que os instrumentos de aço inoxidável fabricados por torção sofreram maior rotação à direita e os de NiTi à esquerda. O torque máximo até a fratura não apresentou diferença estatística significativa entre os instrumentos avaliados.

Data de recebimento: 19-03-01
Data de aceite: 14-05-01

¹Coordenador do curso de Especialização da Associação Brasileira de Endodontia-RJ.

²Professor adjunto da Faculdade de Engenharia de Volta Redonda, UFF.

³Professor de Endodontia da Faculdade de Odontologia, UNESA-RJ.

⁴Coordenador do curso de Especialização em Endodontia da Odontoclínica Central do Exército.

INTRODUÇÃO

As limas endodônticas são instrumentos fabricados com aço inoxidável austenítico da série AISI 301, 302 e 303 ou com liga de níquel-titânio (NiTi), com percentuais atômicos de níquel entre 50 e 55%. As primeiras, por torção ou usinagem, e as últimas, apenas por usinagem. O sentido da hélice dos instrumentos é à esquerda, apresentando diferentes formas em relação à seção reta transversal (Lopes & Siqueira Jr., 1999).

As limas endodônticas, por apresentarem pequenas dimensões, forma complicada e geometria com variações bruscas de dimensões, são difíceis de serem produzidas. Esses instrumentos apresentam um grande número de pontos considerados como concentradores de tensão. Pode-se observar, por meio da microscopia eletrônica, que, nas superfícies das limas endodônticas comerciais, há presença de marcas de usinagem, cavacos se soltando, regiões com redução abrupta de diâmetro e outros defeitos que induzem à concentração de tensão. Além desses concentradores de tensão, durante o preparo químico-mecânico do canal radicular, os instrumentos endodônticos são submetidos a severo estado de tensão e de deformação que varia com a anatomia do canal e com a habilidade do profissional. Nessa fase, os instrumentos sofrem carregamentos extremamente adversos que modificam continuamente o seu encruamento, resistência à tração, à compressão, à torção e à flexão. Por essa razão, em alguns casos, observa-se a falha prematura do instrumento, principalmente nos

de menores diâmetros (Lopes & Siqueira Jr., 1999).

Para Walia et al. (1988) e Tepel et al. (1997), os instrumentos de NiTi apresentaram maior resistência à fratura quando comparados com os de aço inoxidável. Todavia, outros autores encontraram resultados opostos (Canalda-Sahli et al., 1996; Rowan et al., 1996).

O objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho de limas tipo K de aço inoxidável e de NiTi, fabricadas por torção e usinagem, quando submetidas ao carregamento de torção à direita e à esquerda. As variáveis avaliadas foram o ângulo de torção máxima (deflexão angular) e o torque aplicado no momento da fratura.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas três marcas comerciais de limas endodônticas tipo K de aço inoxidável e de NiTi, de 25mm de comprimento e equitativamente distribuídas entre os números ISO 15 a 30. Foram ensaiadas as limas de aço inoxidável, FlexoFile (Maillefer – Suíça) fabricadas por torção, Flex.R (Moyco Union Broach – USA) fabricadas por usinagem e as de níquel-titânio, Nitiflex (Maillefer – Suíça) fabricadas por usinagem. Os instrumentos Flex.R de número 15 tinham seção reta quadrangular e os demais triangular.

Doze limas de cada diâmetro e marca foram submetidas ao ensaio de torção, seis no sentido horário (rotação à direita) e seis no anti-horário (rotação à esquerda). Os ensaios de torção foram realizados em um aparato em que as limas não eram submetidas a carregamento axial.

A torção foi aplicada mediante um dispositivo acoplado a uma máquina de ensaio de tração EMIC-DL 10000 (Emic Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda., São Paulo). Esse ensaio permitiu a monitoração da rotação e a determinação do torque aplicado à lima. As limas foram imobilizadas a 3mm da ponta por um dispositivo de alumínio e seus cabos fixados em um mandril tipo Jacob fixo na haste de rotação do dispositivo. Esse dispositivo não era fixo, para permitir a movimentação do instrumento no seu eixo durante o ensaio de rotação à direita ou à esquerda. O sistema de rotação foi realizado mediante o enrolamento de um fio na haste do dispositivo com 8mm de diâmetro, o qual, ao ser tracionado, induziu um torque na lima. A tração do fio foi executada com velocidade de 0,84mm/s, a qual criou um movimento de rotação do cabo da lima igual a 2rpm. A máquina de tração e a sensibilidade do dispositivo de ensaio foram aferidas. A resistência à rotação do dispositivo e a sua sensibilidade foram determinadas pela realização de ensaios sem a colocação da lima no mandril, a qual foi determinada inferior a 2gf.

A carga e a torção até a fratura da lima foram registradas continuamente por um microcomputador acoplado à máquina de ensaio. Ao final do ensaio, obteve-se um gráfico da força *versus* deslocamento do fio. Por meio de um programa de computador, determinou-se o ângulo de torção máxima (deflexão angular) e o torque máximo até a fratura. A carga (força) foi convertida para torque pela equação: Torque = carga x raio

Os valores obtidos nos ensai-

os mecânicos, referentes ao ângulo de torção máxima e de torque até a fratura, entre os instrumentos FlexoFile, Flex.R e Nitiflex, foram submetidos à análise estatística. Em função dos resultados obtidos, adotou-se o teste paramétrico de Análise de Variância (ANOVA) e o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. O ângulo de torção máxima e o torque até a fratura nas rotações à direita e à esquerda, para cada

tipo de instrumento ensaiado, foram submetidos ao teste de mediana (não paramétrico).

RESULTADOS

A média do ângulo de torção e do torque máximo até a fratura no sentido horário e anti-horário, para as diferentes marcas e número das limas endodônticas, é mostrada na Tabela 1 e Tabela 2.

TABELA 1 - Média do ângulo de torção máximo até a fratura (grau) da limas ensaiadas

Nº	Ângulo de torção à direita até a fratura		
	FlexoFile	Flex.R	Nitiflex
15	1.804,19	601,75	1.234,38
20	1.445,42	917,72	994,35
25	1.719,30	576,52	879,85
30	2.308,45	897,02	761,62
Média	1.819,34	748,25	967,55

Nº	Ângulo de torção à esquerda até a fratura		
	FlexoFile	Flex.R	Nitiflex
15	444,27	252,39	549,44
20	325,20	487,99	563,34
25	259,96	225,68	573,46
30	271,40	211,09	632,87
Média	325,21	294,29	579,77

TABELA 2 - Média do torque máximo de fratura (gf.cm) das limas ensaiadas

Nº	Torque máximo na fratura. Rotação à direita		
	FlexoFile	Flex.R	Nitiflex
15	8,98	15,62	5,01
20	15,87	21,92	10,34
25	32,56	28,21	19,70
30	50,52	38,77	29,94
Média	27,00	26,13	16,25

Nº	Torque máximo na fratura. Rotação à esquerda		
	FlexoFile	Flex.R	Nitiflex
15	10,73	14,88	6,56
20	20,26	12,73	12,73
25	30,62	27,07	24,04
30	37,89	43,00	36,01
Média	24,88	24,42	19,83

Ângulo de torção máxima até a fratura

O ângulo total de torção do instrumento até a fratura representa a rotação na região elástica e na plástica. Foi maior à direita do que à esquerda, independentemente da liga metálica e do processo de fabricação.

Rotação à direita

Comparando-se estatisticamente os resultados das marcas FlexoFile e Flex.R e das marcas FlexoFile e Nitiflex, houve diferença significativa entre elas. Não houve diferença entre as marcas Flex.R e Nitiflex. Entre as comparações, a distribuição amostral foi anormal.

Rotação à esquerda

Comparando-se estatisticamente os resultados das marcas FlexoFile e Flex.R, não houve diferença significativa entre elas. Entre as marcas FlexoFile e Nitiflex e as marcas Flex.R e Nitiflex, houve diferença significativa. A distribuição amostral foi anormal.

A comparação do ângulo de torção até a fratura, no sentido horário e anti-horário entre os instrumentos de mesmo diâmetro, é mostrada na Tabela 3.

TABELA 3 - Diferença estatística do ângulo de torção máxima até à fratura (grau), para instrumentos de mesmo diâmetro

Ângulo de torção à direita até a fratura			
Nº	FlexoFile	Flex.R	NiTiflex
15	S	S	S
20	S	S	N/S
25	S	S	S
30	S	S	S

Ângulo de torção à esquerda até a fratura			
Nº	FlexoFile	Flex.R	NiTiflex
15	S	S	S
20	S	S	N/S
25	N/S	S	S
30	N/S	S	S

S = significativa N/S = não significativa

Torque máximo na fratura

O torque máximo na fratura dos instrumentos testados variou com o diâmetro. Comparando-se estatisticamente os resultados das três marcas, FlexoFile, Flex.R e Nitiflex, quanto ao torque máximo na fratura, não houve diferença significativa, em ambos os sentidos. A distribuição amostral entre as marcas foi anormal.

A comparação do torque máximo de fratura, no sentido horário e anti-horário entre os instrumentos de mesmo diâmetro, é mostrada na Tabela 4.

TABELA 4 - Diferença estatística do torque máximo de fratura (gf.cm), para os instrumentos de mesmo diâmetro

Torque máximo de fratura. Rotação à direita			
Nº	FlexoFile	Flex.R	Nitiflex
15	S	S	S
20	S	S	S
25	S	S	S
30	S	S	S

Torque máximo de fratura. Rotação à esquerda			
Nº	FlexoFile	Flex.R	NiTiflex
15	S	S	S
20	S	S	N/S
25	S	S	S
30	N/S	N/S	S

S = significante N/S = não significante

DISCUSSÃO

A aparelhagem utilizada para o teste de torção foi a descrita por Seto et al. (1990), com algumas

modificações. No presente trabalho, o dispositivo utilizado na imobilização da ponta do instrumento permitiu a liberdade de ele se movimentar longitudinalmente.

Isso impediu a criação de tensões oriundas das alterações de comprimento da haste metálica do instrumento, observadas nos testes de rotação à direita e à esquerda (Lopes et al., 2000).

Na rotação à direita dos instrumentos, há aumento do seu comprimento devido à mudança do sentido das hélices. Nos dispositivos de teste de torção, em que a ponta do instrumento não possui movimento longitudinal, durante a rotação à direita, há a indução de componentes de tensões compressivas, simultaneamente com o fenômeno de flambagem do instrumento. Na rotação à esquerda, há diminuição no comprimento do instrumento devido à diminuição do passo de suas hélices. Nesses casos, tensões tratativas no sentido do eixo do instrumento são criadas durante o teste de torção, quando a ponta é imobilizada (Lopes et al., 2000).

Os gráficos, força *versus* deslocamento, obtidos nos ensaios de torção dos instrumentos de aço inoxidável apresentaram uma reta correspondente à região elástica, seguida por uma curva relativa à região plástica. Nos ensaios das limas de NiTi, a deformação elástica continuou no segmento curvo do gráfico. Neste trabalho, não se determinou o final da zona elástica e início da plástica, uma vez que, durante o carregamento que ocorre na região curva, existem transformações de fase que sofrem reversão durante o descarregamento.

O ângulo de torção máxima até a fratura das limas endodônticas, quando da rotação à direita, foi maior do que à esquerda, independentemente da natureza da liga metálica e do método de fabricação. Esses resultados foram semelhantes aos obtidos por ou-

tros autores (Rowan et al., 1996; Serene et al., 1995; Seto et al., 1990; Wallia et al., 1988). Na rotação à direita, os instrumentos de aço inoxidável fabricados por torção (FlexoFile) sofreram uma maior deformação antes da fratura. Resultados esses que são semelhantes aos obtidos por Seto et al. (1990).

A elasticidade e a plasticidade de um instrumento podem ser quantitativamente avaliadas pelo número de rotações suportadas durante o ensaio de torção. Quanto maior a plasticidade, maior será a deformação permanente detectada na lâmina cortante do instrumento. Na rotação à esquerda, os instrumentos de NiTi, quando comparados com os de aço inoxidável, sofreram uma maior rotação antes da fratura. Esse comportamento deve-se à maior elasticidade da liga de NiTi em relação à liga de aço inoxidável empregada na fabricação dos instrumentos ensaiados (Camps & Pertot, 1998).

O maior ângulo de torção à direita pode ser explicado em relação ao nível de tensão a que a haste metálica do instrumento é submetida durante o processo de fabricação. Na torção à esquerda, ocorre carregamento compressivo ao longo do eixo do instrumento, devido à redução homogênea do passo entre as hélices. Na torção à direita há, inicialmente, um alongamento, devido ao aumento do passo da hélice na região vizinha ao ponto de imobilização. A seguir, nessa região, inicia-se a formação de novas hélices, com sentido oposto ao original, para, posteriormente, ocorrer a indução de tensão na haste metálica. A menor resistência dos instrumentos endodônticos, quando torcidos à

esquerda, provavelmente se deve à presença de tensões residuais e ao estrangulamento da seção transversal devido à redução do passo das hélices.

Com relação ao torque máximo até a fratura, estatisticamente, não houve diferença significativa entre os instrumentos de aço inoxidável e os de NiTi ensaiados em ambos os sentidos. Resultados esses semelhantes aos obtidos por outros autores (Canalda-Sahli et al., 1996; Rowan et al., 1996). A continuidade do carregamento ultrapassou o limite de resistência do material determinando, junto ao ponto de mobilização, a fratura do instrumento. Independentemente do sentido da torção e da natureza da liga metálica, a superfície de fratura apresentava aspecto plano, com características de fratura transgranular por cisalhamento.

Para vários autores, o principal parâmetro na avaliação da resistência à fratura dos instrumentos endodônticos, por meio de ensaios de torção, é o ângulo de rotação máxima e não o torque máximo até a fratura (Canalda-Sahli et al., 1996; Rowan et al., 1996; Seto et al., 1990).

Quanto maior o ângulo de torção de um instrumento endodôntico, maior será a sua deformação elástica e plástica antes de atingir a ruptura. O valor do ângulo máximo pode ser usado como um fator de segurança. Durante a instrumentação de um canal radicular, a aplicação de um torque excessivo em um instrumento imobilizado pode induzir deformações plásticas na sua lâmina cortante. Quanto maior o valor do ângulo de torção a que o instrumento resiste antes da fratura, maior será a possibilidade de ele ser submetido a carregamen-

tos aquém do limite de resistência à ruptura do material durante a instrumentação do canal. Também, durante a instrumentação, retiradas freqüentes do instrumento do interior do canal radicular permitirão a visualização de possíveis deformações plásticas na sua lâmina cortante. Esses eventos possibilitam o descarte de instrumentos deformados antes de a falha ocorrer e também a correção do torque, a ser aplicado em um novo instrumento empregado no preparo do canal.

CONCLUSÕES

Para os instrumentos endodônticos de aço inoxidável (fabricados por torção e usinagem) e de NiTi (fabricados por usinagem), em função dos dados avaliados e discutidos, podemos concluir:

- a) quanto ao ângulo de torção máxima até a fratura:
 - foi maior na rotação à direita do que à esquerda;
 - os instrumentos de aço inoxidável fabricados por torção sofreram maior rotação à direita;
 - os instrumentos de NiTi sofreram maior rotação à esquerda.
- b) quanto ao torque máximo de fratura:
 - os instrumentos de aço inoxidável (torcidos e usinados) e de NiTi, independentemente do sentido de rotação, resistiram estatisticamente ao mesmo carregamento até a fratura.

ABSTRACT

STAINLESS STEEL AND NICKEL-TITANIUM ENDODONTIC FILES: TORSIONAL TEST

The behavior of stainless steel instruments FlexoFile (manufactured by twist), Flex-R (manufactured by grinding) and nickel-titanium instrument Nitiflex (manufactured by grinding) was compared after clockwise and counterclockwise torsion. The angular deflections to fracture occur was higher to clockwise than to counterclockwise. Whereas the stainless steel instruments tested were significantly more resistant to the clockwise rotation, the nickel-titanium file tested was more resistant to the counterclockwise rotation. There was no significant difference between the instruments with regard to the highest torque necessary to the separation occurs.

Keywords: Torsional fracture, stainless steel and NiTi endodontic files, files manufactured by torsion and grinding.

REFERÊNCIAS

- 1 CAMPS, J.; PERTOT, W. J. Torsional and stiffness properties of nickel-titanium K-files. **J. Endod.**, v. 28, n. 5, p. 239-243, 1998.
- 2 CANALDA-S AHLI, C.; BRAU-AGUADÉ; BERASTEQUI-JIMEND, E. A. A comparasion of bending and torsional properties of K-files manufactured with different metallic alloys. **Int. Endod. J.**, v. 29, n. 3, p.185-189, 1996.
- 3 LOPES, H. P.; SIQUEIRA Jr., J. F. **Endodontia: biologia e técnica.** Rio de Janeiro: Medsi, 1999.
- 4 LOPES, H. P.; ELIAS, C. N.; SIQUEIRA, Jr., J. F. Fratura por torção das limas endodônticas de aço inoxidável. **RBO**, v. 57, n. 3, p. 142-146, 2000.
- 5 ROWAN, M. B.; NICHOLLS, J. I.; STEINER, Jr., J. F. Torsional properties of stainless steel and nickel-titanium endodontic files. **J. Endod.**, v. 22, n. 7, p. 341-345, 1996.
- 6 SERENE, T. P.; ADAMS, J. D.; SAXENA, A. **Nickel-titanium instruments: applications in endodontic.** St. Louis: Ishiyaku Euroamerica, 1995.
- 7 SETO, B.G.; NICHOLLS, J.; HARRINGTON, G. W. Torsional properties of twisted and machined endodontic files. **J. Endod.**, v. 16, n. 8, p. 355-360, 1990.
- 8 TEPEL, J.; SHCÄFER, E.; HOPPE, W. Properties of endodontic hand instruments used in rotary motion. Part 3. Resistance to bending and fracture. **J. Endod.**, v. 23, n. 3, p. 141-145, 1997.
- 9 WALLIA, H.; BRANDLEY, W. A.; GERSTEIN, H. An initial investigation of the torsional properties of nitinol root canal files. **J. Endod.**, v. 14, n. 7, p. 346-351, 1988.

Correspondência para / Reprint requests to:
Hélio Pereira Lopes
Rua Presidente Pedreira 104, ap. 1301 -
Icaraí - Niterói - RJ - 27210-470

Marco Antônio Masioli

Reabilitação Estética e Funcional

Mestre em Dentística pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Doutorando em Clínica Odontológica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rua Aleixo Neto, 454 - Ed. Quartier Center
Salas 808 / 809 - Praia do Canto - Vitória - ES
CEP: 29055-200 - PABX: (27) 3315-7811