

FLEXIBILIDADE DE INSTRUMENTOS ENDODÔNTICOS DE NiTi ACIONADOS A MOTOR

ROTATORY NITI ENDODONTIC INSTRUMENTS FLEXIBILITY

Hélio Pereira **LOPES*** Carlos Nelson **ELIAS**** Ana Maria Monteiro de **CASTRO***** Rivali Antônio Sérgio **FIDEL****** Edson Jorge Lima **MOREIRA*******

* Prof. do Curso de Mestrado em Endodontia da Faculdade de Odontologia Estácio de Sá – UNESA-RJ; Coordenador do Curso de Especialização em Endodontia da ABE-RJ

** Prof. Departamento de Materiais do Instituto Militar de Engenharia

*** Profa. de Endodontia da Faculdade de Odontologia Gama Filho

**** Prof. Titular de Endodontia da Faculdade de Odontologia da UERJ

***** Prof. de Endodontia e Clínica Integrada da UNIGRANRIO

Endereço para correspondência: Rua Presidente Pedreira, 104. Niterói, RJ. CEP 24210-470

RELEVÂNCIA CLÍNICA

A instrumentação do canal radicular representa importante etapa da terapêutica endodôntica. Neste sentido, os instrumentos de níquel-titânio fazem parte do novo arsenal do endodontista, requerendo do mesmo conhecimento de suas características mecânicas. Assim, é essencial o conhecimento da flexibilidade dos mesmos com vistas a se evitar possíveis acidentes como a fratura dos instrumentos.

RESUMO

No presente trabalho avaliou-se o valor da carga necessária para induzir uma determinada deformação elástica (deslocamento) de instrumentos de NiTi acionados a motor de mesma conicidade nominal e de diferentes números de três marcas comerciais. Nos ensaios mecânicos de flexão as amostras foram fixadas em uma das extremidades (cantilever) e a carga aplicada na extremidade oposta. Os resultados obtidos indicaram que os instrumentos da marca comercial ProFile estatisticamente são mais flexíveis (menor rigidez) do que os K3 e Hero em todos os números (diâmetros) ensaiados.

PALAVRAS-CHAVE: Instrumentos de NiTi acionado a motor; rigidez, flexibilidade.

ABSTRACT

In this study the load needed to provide certain elastic deformation (displacement) in engine-driven NiTi instruments, with similar sizes (nominal diameter), from three commercial brands was evaluated. In the bending tests, the samples were fixed at one end (cantilever) and then the load was applied at other end. The results showed that the ProFile instruments were more flexible than K3 and Hero instruments in all tested sizes.

KEY WORDS: Engine-driven NiTi instrument, stiffness, flexibility.

INTRODUÇÃO

Os principais objetivos do preparo químico-mecânico são a limpeza do sistema de canais e a modelagem do canal radicular principal. A

modelagem visa a obtenção, por meio da instrumentação, de um canal radicular de formato cônico contínuo, com o menor diâmetro apical e o maior em nível cervical. Este formato cônico obtido, também chamado de canal

cirúrgico, deve, obrigatoriamente, conter em seu interior o canal anatômico. Este objetivo é geralmente, logrado em canais retos¹.

Em canais curvos, após a instrumentação, a permanência da forma original do canal e a manutenção do forame apical em sua posição original são tarefas difíceis de serem alcançadas e podem ser influenciadas pela flexibilidade dos instrumentos empregados¹.

Flexibilidade em flexão é a deformação elástica apresentada pelo instrumento endodôntico quando submetido ao carregamento na extremidade e na direção perpendicular a seu eixo.

Visando a minimizar esses problemas, instrumentos endodônticos têm sido fabricados com outras ligas metálicas como as de níquel-titânio (NiTi). Esta liga apresenta pequeno módulo de elasticidade em relação ao aço inoxidável e, em consequência permite a obtenção de instrumentos endodônticos com grande flexibilidade e resistência à deformação plástica. O uso de instrumentos endodôntico de NiTi no preparo de canais radiculares curvos tem permitido obter menos deslocamento apical e preparos mais centrados¹.

A resistência em flexão de um instrumento endodôntico de NiTi acionado a motor, além da natureza da liga metálica depende da geometria de sua haste helicoidal^{2,4}. Assim, instrumentos endodônticos de NiTi acionado a motor de mesmo diâmetro nominal em D0 podem apresentar resistência em flexão diferentes.

O objetivo deste trabalho foi de quantificar e comparar o valor da carga necessária para induzir uma determinada deformação elástica (deslocamento) da ponta de instrumentos de NiTi acionados a motor de mesma conicidade nominal e de diferentes números de três marcas comerciais.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados instrumentos endodônticos de NiTi acionados a motor, com valores nominais de 25mm de comprimento, números 20, 30 e 40, com conicidade 0,04 mm/mm, das marcas comerciais ProFile (Dentysply/Maillefer, Suíça), K3 (SybronEndo, México) e instrumentos de números 20 e 30 de conicidade 0,04 mm/mm, da marca Hero (Micromega, França). Seis instrumentos de cada número (diâmetro) e

marcas foram submetidos ao ensaio de flexão.

O comprimento dos instrumentos foi determinado com paquímetro digital (Diginess, Industrinave Distribuidor, Rio de Janeiro, Brasil) fazendo-se a medição do comprimento total dos instrumentos e então subtraindo-se o comprimento de sua haste de fixação (cabo). Da mesma forma foram também determinados os diâmetros D3 (ponto situado a 3 mm da extremidade da ponta do instrumento), e D13 (ponto situado a 13 mm da extremidade da ponta do instrumento).

As medidas dos diâmetros dos instrumentos em D3 e D13 foram realizadas em duas direções perpendiculares. A segunda medida foi tomada a 90 graus em relação a primeira. Os diâmetros considerados de cada instrumento foram as médias aritméticas nos valores obtidos.

Dois instrumentos de cada marca testada e mesmo número (diâmetro) foram embutidos em resina acrílica e submetidos à preparação metalográfica para a avaliação da geometria das seções retas transversais das hastes helicoidais por intermédio de um microscópio eletrônico de varredura - MEV (JEOL 5.800, Tóquio, Japão).

O ensaio de flexão consistiu na aplicação de uma carga (força) crescente em um corpo-de-prova (instrumento endodôntico) fixado em uma das extremidades (cantilever) empregando-se uma máquina de ensaio universal (Emic, DL 10.000, Paraná, Brasil), medindo-se o valor da carga versus a deformação elástica.

A figura 1 mostra o dispositivo usado neste trabalho para realização do ensaio mecânico de flexão em cantilever. Os instrumentos foram fixados por meio de seus cabos em um mandril tipo Jacob, que por sua vez estava imobilizado (haste de fixação do mandril) por um torno de bancada. Os instrumentos foram fixados com inclinação de 45 graus para baixo em relação aos mordentes do torno de bancada. O ponto de aplicação da carga foi obtido fixando uma peça metálica (morsa de alumínio) a 3 mm da ponta de cada instrumento. Este procedimento evitou que o fio usado na transmissão da carga deslizasse e se soltasse da extremidade do instrumento.

Para a aplicação da carga nas amostras durante o ensaio de flexão em cantilever empregou-se uma máquina de ensaio universal (Emic, DL 10.000, Paraná, Brasil). A carga foi

aplicada por meio de um fio de nylon com uma das extremidades presa a cabeça da máquina de ensaio e a outra no ponto de aplicação da carga nas amostras. A distância entre a fixação do cabo do instrumento no mandril e o ponto de aplicação da carga foi de 22,0 mm (comprimento útil do corpo-de-prova). Neste dispositivo, o comprimento do fio que transmitiu a carga, pode ser considerado como infinito em relação ao pequeno arco descrito pela ponta do instrumento e com deformação desprezível. O ensaio de flexão foi conduzido até que a extremidade da amostra (ponto de aplicação da carga) realizasse um deslocamento de 15,5 mm, permanecendo no regime de deformação elástica do material. A velocidade do ensaio foi de 15 mm/minuto. A célula carga empregada foi de 20 N.

Durante os ensaios de flexão, foi possível obter o diagrama carga (gf) x deslocamento (mm). Para a determinação do valor da carga fornecido pelo dispositivo foi subtraído o peso da peça metálica usada na ponta do instrumento para limitar a distância de 3 mm. O sistema empregado permitiu acompanhar o comportamento de cada amostra durante o ensaio, determinando-se a carga máxima necessária para flexionar a extremidade do instrumento até um deslocamento elástico de 15,5 mm.

Os dados obtidos foram tratados estatisticamente pela Análise de Variância

(ANOVA) e pelo teste de comparações múltiplas SNK (Student Newman Keuls) e pelo teste "t Student".

RESULTADOS

Por meio das dimensões dos instrumentos endodônticos empregados neste trabalho, obtivemos as médias mostradas na Tabela 1.

Os resultados da análise estatística para a comparação dos dados obtidos das dimensões dos instrumentos ensaiados são mostrados na Tabela 2.

Quanto às formas das seções retas transversais das hastes helicoidais observamos que houve diferenças na forma entre as três marcas dos instrumentos endodônticos ensaiados. Entretanto, as imagens obtidas confirmaram as formas descritas pelos fabricantes. (Figura 2, 3 e 4)

A Tabela 3 indica que a carga máxima para flexionar as amostras ensaiadas até um deslocamento de 15,5 mm variou com o número e a marca comercial do instrumento.

Para flexionar instrumentos de mesmo número os valores médios das cargas máximas aplicadas foram menores para os instrumentos da marca comercial ProFile quando comparados aos K3 e Hero. Os valores médios das cargas máximas dos instrumentos K3 e Hero evidenciaram valores menores para os da marca comercial K3.

Os valores médios das cargas máximas para flexionar os instrumentos de diferentes números (diâmetro) foram menores para os de menores números.

A análise estatística das cargas máximas obtidas nos ensaios dos instrumentos de mesmo número e marcas comerciais diferentes revelou que:

- ProFile 20 x K3 20, apresentaram diferenças significativas
- ProFile 20 x Hero 20, apresentaram diferenças significativas
- K3 20 x Hero 20, não apresentaram diferenças significativas
- ProFile 30 x K3 30, apresentaram diferenças significativas
- ProFile 30 x Hero 30, apresentaram diferenças significativas
- K3 30 x Hero 30, apresentaram diferenças significativas

Tabela 1 – Valores médios (mm) das dimensões dos instrumentos endodônticos.

Instrumento	Comprimento	Diâmetro	
		D ₃	D ₁₃
ProFile 20	25,0	0,28	0,69
K ³ 20	24,92	0,31	0,71
Hero 20	25,13	0,34	0,73
ProFile 30	25,15	0,38	0,78
K ³ 30	25,0	0,41	0,81
Hero 30	25,11	0,41	0,82
ProFile 40	25,09	0,52	0,91
K ³ 40	25,04	0,52	0,90

- ProFile 40 x K3 40, apresentaram diferenças significativas.

DISCUSSÃO

No presente trabalho foram avaliados instrumentos de NiTi acionados a motor de 25 mm de comprimentos, números 20, 30 e 40, com conicidade 0,04 mm/mm, das marcas comerciais ProFile e K3. Os resultados foram complementados pelos ensaios com instrumentos Hero números 20 e 30 de conicidade 0,04 mm/mm, de 25 mm de comprimento. Não se utilizou o número 40 da marca Hero pelo fato dele não ser fabricado no comprimento de 25 mm.

Foram escolhidos instrumentos de números 20, 30 e 40 com o objetivo de se evitar a

sobreposição ou a aproximação de valores de diâmetros em D0 que podem ocorrer entre instrumentos de números consecutivos (nº 20, 25, 30, 35, 40), devido aos limites de tolerância permitidos e a erros de fabricação.

O presente estudo utilizou o ensaio mecânico proposto por Serene et al.², com algumas modificações. A carga de flexão durante o ensaio das amostras foi aplicada lentamente criando uma velocidade de 15mm/minuto⁵.

Quanto ao número de amostras utilizadas nos ensaios de flexão, normalmente, aconselha-se um mínimo de 6 para cada grupo (material)^{2,5}.

Como a flexibilidade dos instrumentos endodônticos pode ser influenciada pelos seus comprimento e diâmetros em D3 e D13 estes valores foram determinados. A importância destas avaliações se deve ao fato de que a

Tabela 2 – Resultados da análise estatística de variância.

Comparações	Comprimento (mm)	Diâmetro(mm)	
		D ₃	D ₁₃
ProFile 20 x K ³ 20	S	S	S
ProFile 20 x Hero 20	S	S	S
K ³ 20 x Hero 20	S	S	S
ProFile 30 x K ³ 30	S	S	S
ProFile 30 x Hero 30	NS	S	S
K ³ 30 x Hero 30	S	NS	NS
ProFile 40 x K ³ 40	S	NS	S

Tabela 3 - Média e desvio padrão da carga máxima (gf) para flexionar a ponta dos instrumentos endodônticos em 15,5 mm

Instrumentos	Nº de amostras	Diâmetro em D ₃ (mm)	Carga Máxima Média	Desvio padrão
ProFile 20	6	0,28	190,8	10,58
K ³ 20	6	0,31	205,2	6,44
Hero 20	6	0,34	215,0	9,89
ProFile 30	6	0,38	208,9	19,65
K ³ 30	6	0,41	281,8	8,45
Hero 30	6	0,41	299,5	11,32
ProFile 40	6	0,52	246,3	15,52
K ³ 40	6	0,52	332,6	4,13

despite of all the efforts in the intuition of standardizing the dimensions of endodontic instruments, there is always the possibility of occurring discrepancy between the values of the dimensions of instruments of the same manufacturer or between the manufacturers themselves.

The statistical differences shown in Table 2 in relation to lengths and diameters in D3 and D13, could have influenced the results obtained in the bending tests performed. The cables of the instruments should have been removed to keep constant the distance of 22mm between the point of fixation of the instrument in the mandrel and the point of application of the load. However, they were not removed with the objective of se

determining the flexibility of the instruments with the dimensions provided by the manufacturer.

These variables are difficult to be eliminated, once that the existing norms, present large tolerance limits. In addition, the difficulty of instrument manufacturing, allows that they may present dimensions outside the tolerance limits permitted. Thus, extrapolating for the clinic the values obtained in the determination of mechanical properties, using instruments finished, they can provide quantitative results different in comparison to those obtained with standardized and prepared test specimens from the raw material used in the manufacturing of the



Figura 1 - Dispositivo usado no ensaio mecânico de flexão em cantilever.

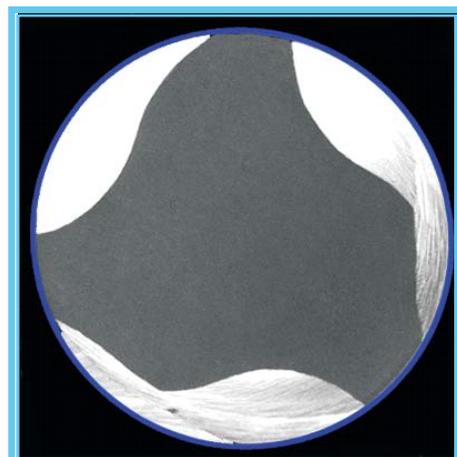


Figura 2 - Instrumento K3. Seção reta transversal

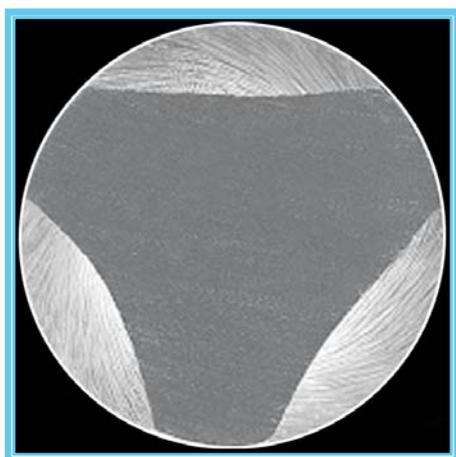


Figura 3 - Instrumento ProFile. Seção reta transversal

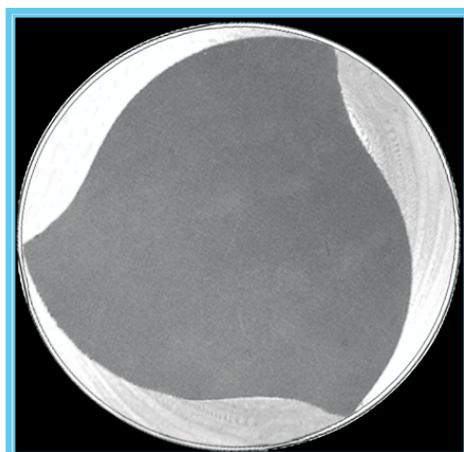


Figura 4 - Instrumento Hero. Seção reta transversal

instrumentos.

Os resultados dos ensaios de flexão revelaram que para os instrumentos de mesmo número (diâmetro nominal) houve diferença estatística entre os da marca comercial ProFile em relação aos das marcas K3 e Hero. Os instrumentos ProFile se deformaram elasticamente com menor carga, sendo assim mais flexíveis do que os K3 e Hero. O menor diâmetro da haste helicoidal do instrumento ProFile é um dos fatores que determinou a sua maior flexibilidade em relação aos demais ensaios.

Na comparação entre os instrumentos K3 e Hero, houve diferença estatística entre os de número 30 e não significativa para os de número 20. Embora não havendo diferença estatística para os instrumentos de número 20, podemos observar pelo resultado que a carga máxima foi menor para o instrumento K3.

Para instrumentos de mesma marca comercial o número (diâmetro nominal dos instrumentos endodônticos influenciou nos resultados do ensaio de flexão. Quanto menor o número, menor a carga máxima necessária para flexionar o instrumento endodôntico. Resultado similar foi obtido por Camps e Pertot⁶.

Além da influência dos comprimentos e diâmetros dos corpos-de-prova, os resultados obtidos nos ensaios de flexão dos materiais podem variar com a temperatura de ensaio, velocidade da aplicação da carga, presença de defeitos superficiais, histórico termomecânico e, principalmente, com a geometria da seção reta transversal das amostras⁵. Como os instrumentos acionados a motor ensaiados apresentaram seções retas transversais com geometrias (forma e área) diferentes, estas podem ter influenciado nos resultados da flexibilidade.

A resistência em flexão dos instrumentos depende do módulo de elasticidade e do momento de inércia da liga metálica conforme constatado na equação:

$$f = \frac{PL^4}{3EI}$$

Nesta equação, a flexão da barra, medida pela flecha (f) com carregamento em cantilever aumenta com a carga aplicada (P), e com o comprimento do instrumento (L), e diminui com o aumento do módulo de elasticidade do material

(E) e com o momento de inércia (I). Módulo de elasticidade é o quociente entre a tensão de tração aplicada a um corpo e a deformação elástica que ela provoca. Quanto menor o módulo de elasticidade maior será a flexibilidade do metal ou liga metálica. O momento de inércia é o produto da massa de uma partícula pelo quadrado da distância desta a um eixo. O momento de inércia depende da geometria da seção reta transversal do instrumento.

As seções retas transversais dos instrumentos K3 e Hero apresentam perfis das superfícies de incidência e de ataque sinuosos, enquanto que, nos instrumentos ProFile as superfícies de ataque e de incidência são côncavas. Essas variações de formas conferem valores diferentes para as áreas das seções retas transversais dos instrumentos ProFile, K3 e Hero.

Há trabalhos que demonstraram que a seção reta transversal com maior área torna instrumentos de mesmo diâmetro nominal e fabricados com a mesma liga metálica menos flexíveis (mais rígidos)^{3,4,7-10}.

Outros autores demonstraram que instrumentos mais flexíveis mantêm o preparo de canais radiculares curvos mais centrados quando comparados a instrumentos endodônticos mais rígidos^{8,9,11-13}.

Em função da dificuldade em se padronizar a geometria (forma e área) e diâmetro dos instrumentos endodônticos, podemos afirmar que, os valores quantitativos obtidos neste trabalho, podem variar em relação aos obtidos por outros pesquisadores, mesmo empregando-se metodologia semelhante e instrumentos da mesma marca comercial e de iguais números. Isso ocorre porque os instrumentos são de lotes de fabricação diferentes.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicaram que:

- os instrumentos endodônticos de NiTi acionados a motor da marca comercial ProFile estatisticamente são mais flexíveis do que os instrumentos K3 e Hero em todos os números (diâmetros) ensaiados.
- para instrumentos de mesma marca comercial a flexibilidade diminuiu com o aumento do diâmetro nominal (número).
- as seções retas transversais dos

instrumentos ensaiados apresentaram formas diferentes, porém semelhantes as descritas pelos fabricantes.

maintenance of canal curvature using balanced-force instrumentation with three different file types. *J Endod.* 1995;21(6):300-4.

REFERÊNCIAS

1. Lopes HP, Siqueira Junior JF. *Endodontia: Biologia e Técnica 2ª ed.*, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
2. Serene TP, Adams JD, Saxena A. *Nickel-titanium Instruments. Applications in Endodontics.* St. Louis: Ishiyaku Euroamerica Inc., 1995.
3. Turpin YL, Chagneau F, Vulcain JN. Impact of two theoretical cross-sections on torsional and bending stresses of nickel-titanium root canal instrument models. *J Endod.* 2000;26(7):414-17.
4. Turpin, YL; Chagneau F; Bartier O.; Cathelineau G; Vulcain JM. Impact of torsional end bending inertia on root Canal Instruments. *J Endod.* 2001;27(5):333-6.
5. Garcia A, Spim JA, Santos CA. *Ensaio dos Materiais.* Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2000.
6. Camps JJ, Pertot WJ. Relationship between file size and stiffness of stainless steel instruments. *Endod Dent Traumatol.* 1994;10(6):260-3.
7. Dolan DW, Craig RG. Bending and torsion of endodontic files with rhombus cross sections. *J Endod.* 1982;8(6):260-4.
8. Camps JJ, Pertot WJ, Levallois B. Relationship between file and stiffness of nickel titanium instruments. *Endod Dent Traumatol.* 1995;11(6):270-3.
9. Esposito PT, Cunningham CJ. A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. *J Endod.* 1995;21(4):173-6.
10. Schäfer E, Tepel J. Relationship between design features of endodontics Instruments and their properties. Part 3. Resistance to bending and fracture. *J Endod.* 2001;27(4):299-503.
11. Camps JJ, Pertot WJ. Torsional and stiffness properties of nickel-titanium K files. *Int End J.* 1995;28:239-43.
12. Pertot WY, Camps J, Damian MG. Transportation of curved canals prepared with canal master U, canal master U NiTi, and stainless steel K-Type files. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1995;79(4):504-9.
13. Royal JR, Donnelly JC. A comparison of