

ANÁLISE COMPARATIVA DAS CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DE INSTRUMENTOS MANUAIS DE AÇO INOXIDÁVEL TIPO K: UM ESTUDO DE DIFERENTES MARCAS

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF TYPE K STAINLESS STEEL MANUAL INSTRUMENTS: A STUDY OF DIFFERENT BRANDS

Luiza Gonçalves Roma Custódio¹, Victor Talarico Leal Vieira², Alessandro Rodrigo Maggioni¹, Karine Padoin¹, Carlos Nelson Elias², Luana Talarico Leal Vieira Dacome², Guilherme Basile Soares Cabral¹

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo comparar as características geométricas e mecânicas de seis marcas diferentes de instrumentos manuais de aço inoxidável tipo K. Foram analisados instrumentos nos tamanhos 15 e 0.20, por meio de testes de resistência à flambagem e torção, seguindo as normas ISO 3630-1 e ANSI/ADA 101. A micromorfometria avaliou diâmetros e conicidades em pontos específicos (D0 e D3). Os resultados indicaram que os instrumentos TDK 15 e Angelus 0.20 apresentaram maior resistência à flambagem, enquanto variações no diâmetro em D0 foram observadas principalmente nos instrumentos TDK 15 e Perfect 15. Em relação à torção, os instrumentos Maillefer 0.20 destacaram-se pela maior deflexão angular antes da fratura, sugerindo maior flexibilidade. Assim, os instrumentos TDK 15 e Angelus 0.20 mostraram-se mais adequados para a negociação de canais atrésicos e retratamento endodôntico, porém as variações no diâmetro dos instrumentos TDK 15 e Perfect 15 podem comprometer a adaptação de cones na fase de obturação. Já os instrumentos Maillefer 0.20, com maior flexibilidade, são mais indicados para canais curvos.

Palavras-chave: Instrumentos odontológicos, Aço inoxidável, Endodontia, Preparo de canal radicular, Tratamento de canal radicular, Avaliação de Propriedades Mecânicas.

ABSTRACT

The present study aimed to compare the geometric and mechanical characteristics of six different brands of type K stainless steel manual instruments. Instruments in sizes 15 and 0.20 were analyzed, through buckling and torsional resistance tests, following ISO 3630 standards. -1 and ANSI/ADA 101. Micromorphometry evaluated diameters and conicities at specific points (D0 and D3). The results indicated that the TDK 15 and Angelus 0.20 instruments presented greater resistance to buckling, while variations in diameter in D0 were observed mainly in the TDK 15 and Perfect 15 instruments. In relation to torsional resistance, the Maillefer 0.20 instruments stood out due to the greater angular deflection before fracture, suggesting greater flexibility. Thus, the TDK 15 and Angelus 0.20 instruments proved to be more suitable for negotiating atretic canals and endodontic retreatment, however variations in the diameter of the TDK 15 and Perfect 15 instruments may compromise the adaptation of cones during the obturation phase. The Maillefer 0.20 instruments, with greater flexibility, are more suitable for curved canals.

Keywords: Dental instruments, Stainless steel, Endodontics, Root canal preparation, Root canal treatment, Assessment of Mechanical Properties.

¹ Clínica de Endodontia - Odontoclínica Central da Marinha (OCM), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Departamento de Endodontia - Faculdade de Odontologia - Universidade UNIGRANRIO, Rio de Janeiro, Brasil.

Como citar este artigo: Custódio LGR, Vieira VTL, Maggioni AR, Padoin K, Elias CN, Dacome LTLV, Cabral GBS. Análise comparativa das características mecânicas de instrumentos manuais de aço inoxidável tipo k: um estudo de diferentes marcas. Rev Nav Odontol. 2024; 51(2):06-13.

Recebido em: 06/08/2024

Aceito em: 23/08/2024

INTRODUÇÃO

A instrumentação mecânica possui papel fundamental na endodontia, influenciando diretamente no sucesso e prognóstico a longo prazo dos tratamentos endodônticos (1,2). Os instrumentos endodônticos utilizados para esse fim devem idealmente apresentar pequenas dimensões e possuir resistência mecânica à torção e à flambagem, de modo a suportar as cargas impostas a eles durante a progressão apical (3,4).

Segundo a normatização ISO (*International Organization for Standardization*), a parte de trabalho de um instrumento tipo Kerr (K) possui 16 mm de comprimento e conicidade de 0,02 mm/mm (5). Instrumentos com resistência adequada à flambagem podem facilitar tanto a localização dos orifícios do canal quanto o acesso ao terço apical. Por outro lado, instrumentos com baixa resistência à flambagem podem desenvolver deformações elásticas ou plásticas que dificultam sua progressão apical (4,6,7). No entanto, instrumentos com alta resistência à flambagem podem apresentar rigidez maior do que o necessário clinicamente. O uso de instrumentos rígidos pode resultar em algumas complicações, como degraus e perfurações durante a instrumentação, comprometendo o resultado clínico (8).

Desde a introdução de instrumentos mecanizados de níquel-titânio (*NiTi*) na endodontia, observa-se uma tendência à substituição dos instrumentos manuais de aço inoxidável (9,10). No entanto, uma das principais desvantagens dos instrumentos de NiTi é a possibilidade de fratura sem alterações visíveis durante o uso clínico (11). Por essa razão, os instrumentos de aço inoxidável continuam a ser amplamente empregados para o reconhecimento e o estabelecimento do trajeto do canal antes da utilização de instrumentos mecanizados (12,13). Essa etapa clínica, conhecida como *glide-path*, é recomendada para evitar erros de modelagem e diminuir a taxa de fratura dos instrumentos em canais calcificados e estreitos (14,15).

Ao contrário dos instrumentos de NiTi, que foram amplamente estudados, existem poucos estudos so-

bre as características mecânicas e físicas dos instrumentos de aço inoxidável (16,17). Dada à diversidade de marcas disponíveis no mercado, é provável que haja variações em suas propriedades físicas, as quais podem influenciar seu desempenho clínico. Com o surgimento de novas marcas, torna-se essencial caracterizar e avaliar suas propriedades mecânicas.

Este estudo tem como objetivo realizar uma análise comparativa das características geométricas e mecânicas de seis marcas diferentes de instrumentos manuais de aço inoxidável tipo K com comprimento de 25mm e dimensões 15 e 0.20, por meio de testes de micromorfometria, flambagem e torção.

MÉTODOS

Foram utilizados instrumentos manuais de aço inoxidável com 25 mm de comprimento dos fabricantes Angelus (Londrina, Brasil), TDK (Curitiba, Brasil), MK Life (Porto Alegre, Brasil), Perfect (Shenzhen, China), All Prime (Tan Huong, município Pho Yen, na Província de Thai Nguyen, Vietnã) e Dentsply-Maillefer (Baillagues, Suíça), com diâmetros de 15/0,02 e 0.20/0,02. O número de elementos aferidos foi estabelecido de acordo com o item 6.3 da norma ANSI/ADA nº 101.

Ensaio de flambagem

Para o ensaio de flambagem, uma carga foi aplicada no sentido axial de cada instrumento utilizando uma máquina de ensaio universal EMIC DL 200MF (EMIC São José dos Pinhais, Brasil) (figura 1). A resistência máxima à flambagem (deformação elástica lateral) foi obtida conforme estudos publicados anteriormente (7,18). Uma célula de carga de 20 N foi utilizada. A haste do instrumento foi fixada à cabeça da máquina de testes universal por um mandril, e a ponta do instrumento foi comprimida axialmente contra uma placa de alumínio com superfície rugosa. O teste foi realizado a uma velocidade de 1 mm/min, e a força máxima para o deslocamento lateral foi registrada.



Figura 1: Fotografia do ensaio de flambagem. Após a compressão axial é possível observar o instrumento com deformação lateral.

Análise micromorfológica

Para a realização da micromorfometria, as imagens dos instrumentos foram capturadas utilizando uma lupa estereoscópica Opticam acoplada a uma câmera digital. As medições foram realizadas utilizando o software TSView 7.2.1.7. Os diâmetros dos instru-

mentos foram determinados de D0 a D5, com intervalos de 1,0 mm entre cada medida. A conicidade foi calculada conforme especificado na norma ANSI/ADA nº 101, item 6.3.3.2, utilizando os diâmetros D5 e D1. A conicidade foi calculada pela fórmula: $C = (D5 - D1) / 4$, em que a diferença entre os diâmetros é dividida pela distância entre eles.

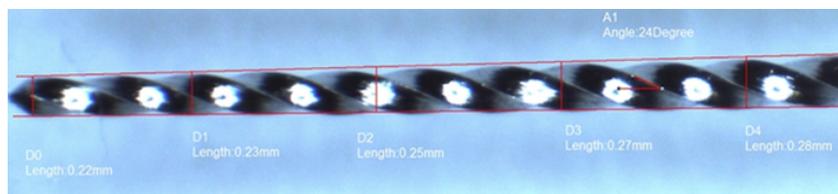


Figura 2: Fotografia da micromorfometria. Realizada a aferição dos diâmetros dos instrumentos, determinados através de duas retas, que tangenciam as cristas do canal helicoidal da parte ativa dos instrumentos.

Teste de torção

Para o teste de torção, cada instrumento foi fixado a 3 mm da ponta, usando uma morsa acoplada a uma célula de carga com sensor de torque. O eixo do instrumento foi fixado em um mandril oposto, sendo acionado por um motor (figura 3). Para impedir a indução de tensão compressiva axial no instrumento durante o ensaio de torção, empregou-se uma “peça em U”, que permitiu o deslizamento lateral da morsa, immobilizando a ponta do instrumento. Todos os instrumentos foram acionados no sentido horário a uma velocidade de 2 rpm até a fratura. A carga de torque (Ncm) e a deflexão angular (°) foram monitoradas continuamente por meio de um software do próprio torquímetro TT100 (Odeme, Luzerna, SC, Brasil). O

torque máximo para a fratura e a deflexão angular foram obtidos pelo software do próprio torquímetro (Odeme Analysis TT, Odeme).

Cálculo amostral

Foram realizados três ensaios piloto para cálculo do tamanho amostral utilizando o programa G* Power 3.1.9.4 (Franz Foul, Universidade de Kiel, Alemanha). Foi calculado um tamanho de efeito (f) de 2.148 e um F crítico de 4.387. Assim estimou-se um tamanho amostral total de 12 elementos, sendo dois para cada grupo. Para maior fidedignidade, e devido à disponibilidade de material, foram realizados cinco ensaios por grupo, totalizando 30 instrumentos.

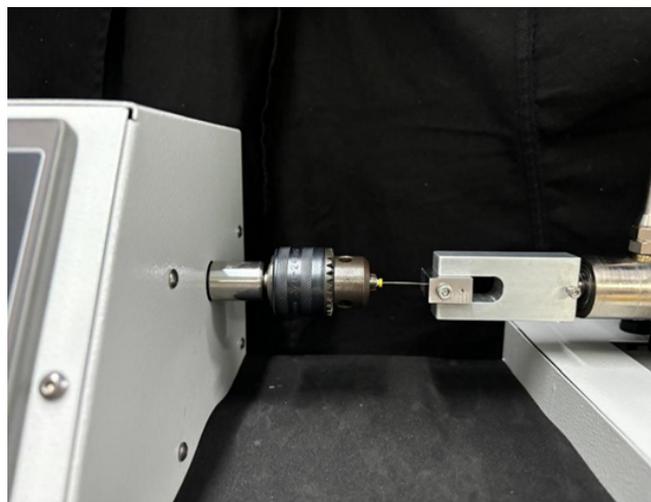


Figura 3: Fotografia do ensaio de torção. Apreensão do instrumento para realização do ensaio de torção a esquerda um mandril Jacob no qual o cabo foi afixado e na direita uma morsa que permite a fixação do instrumento a 3mm da ponta. É possível observar também o dispositivo em “U” que permite o deslizamento da morsa evitando que tensões normais gerem a flambagem do instrumento.

Análise estatística

A análise preliminar dos dados revelou uma distribuição em forma de sino, conforme o teste de Shapiro-Wilk. Para o teste de normalidade, foi utilizado o programa Minitab Student. O teste de hipótese selecionado foi a análise de variância (ANOVA),

complementado pelo teste pós-hoc de Student-Newman-Keuls. Para o teste de hipótese, utilizou-se o programa Primer of Biostatics versão 6.0 (McGraw-Hill, New York, NY, EUA). Para todos os ensaios o erro tipo α foi de 5%.

RESULTADOS

Os resultados obtidos nos ensaios mecânicos estão apresentados nas tabelas 1 e 2.

Ensaio de Flambagem

Para os instrumentos tipo 15, a marca Angelus apresentou a menor resistência à flambagem seguido da marca Maillefer, enquanto a TDK teve a maior resistência à flambagem ($P < 0,05$). Não foram observadas diferenças significativas na resistência à flambagem entre as marcas Perfect, MKLife e All Prime ($P > 0,05$). Para os instrumentos do tipo 0.20, a Angelus apresentou a maior resistência à flambagem, enquanto a Maillefer a menor ($P < 0,05$).

Não foram observadas diferenças na resistência à flambagem entre as marcas Perfect, TDK, MKLife e All Prime ($P > 0,05$).

Ensaio de Torção

Na avaliação dos instrumentos tipo 15, não foram observadas diferenças no torque máximo para a fratura entre as marcas ($P > 0,05$). Já nos instrumentos tipo 0.20, a marca Maillefer apresentou a maior resistência à deflexão angular. As demais marcas não tiveram diferença significativa ($P > 0,05$). Não foram observadas diferenças na resistência ao torque em torção entre as marcas ($P > 0,05$).

Tabela 1: Média + DP (desvio padrão) dos ensaios mecânicos realizados nos instrumentos de diâmetro 0,15 mm. Letras sobrescritas diferentes indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

INSTRUMENTO	FLAMBAGEM (gf)	TORÇÃO (°)	TORÇÃO (N.mm)
MAILLEFER (MAI)	142+10.8 ^A	644.77+164.55 ^A	3.35+0.38 ^A
PERFECT (PER)	171+11.3 ^B	712.01+111.39 ^A	3.9+0.17 ^A
TDK	236+16.8 ^C	821.19+198.36 ^A	5.4+0.49 ^A
MKLIFE (MKL)	173+6.5 ^B	797.89+108.76 ^A	3.02+0.56 ^A
ANGELUS (ANG)	128+10.3 ^E	880.48+218.61 ^A	2.84+0.25 ^A
ALLPRIME (ALL)	161+12.4 ^B	742.14+101.40 ^A	3.07+0.76 ^A

Resistência à flambagem: TDK>PER=MKL=ALL>MAI>ANG Resistência à torção (ângulo): MAI= ALL=ANG=MKL=PERF=TDK
Resistência à torção (torque): MAI= ALL=ANG=MKL=PERF=TDK

Tabela 2: Média + DP dos ensaios mecânicos realizados nos instrumentos de diâmetro 0,20 mm. Letras sobrescritas diferentes indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

INSTRUMENTO	FLAMBAGEM (gf)	TORÇÃO (°)	TORÇÃO (N.mm)
MAILLEFER (MAI)	239±10.2 ^A	1033.23±153.26 ^A	3.52±0.24 ^A
PERFECT (PER)	270±19.2 ^B	701.44±125.8 ^B	3.84±0.52 ^A
TDK	292±29.2 ^B	569.39±92.77 ^B	3.32±0.26 ^A
MKLIFE (MKL)	311±45.1 ^B	653.33±71.12 ^B	3.02±0.26 ^A
ANGELUS (ANG)	342±11.8 ^E	574.81±191.31 ^B	3.26±0.39 ^A
ALLPRIME (ALL)	267±13.4 ^B	751.12±194.00 ^B	3.46±0.41 ^A

Resistência à flambagem: ANG>MKL=TDK=PER=ALL>MAI Resistência à torção (ângulo): MAI > ALL=ANG=MKL=PERF=TDK
Resistência à torção (torque): MAI=ALL=ANG=MKL=PERF=TDK

Análise Micromorfometria

As tabelas 3 e 4 descrevem os resultados da análise micromorfométrica mostrando a Média dos diâmetros em D0 e média da conicidade dos instrumentos 15 e 0.20.

A análise micromorfométrica dos instrumentos demonstrou que os instrumentos do tipo 0.20 MK Life e TDK apresentaram conicidade aumentada de 0,03 mm/mm, enquanto os do tipo 15 de todos os

fabricantes atenderam à padronização preconizada pela ANSI/ADA nº101.

Em relação ao D0, os instrumentos 15 das marcas Maillefer e All Prime apresentaram diâmetro da ponta menor do que o aceito pela tolerância. E os instrumentos 0.15 Perfect e TDK, apresentaram diâmetro maior do que o preconizado. Nos instrumentos K 0.20, somente a marca Perfect atendeu à recomendação da norma.

Tabela 3: Média dos diâmetros em D0 e média da conicidade dos instrumentos 15.

INSTRUMENTO	MAILLEFER	PERFECT	TDK	MKLIFE	ANGELUS	ALLPRIME
1	0,14	0,15	0,16	0,13	0,14	0,12
2	0,12	0,16	0,16	0,16	0,14	0,16
3	0,16	0,18	0,19	0,17	0,13	0,17
Média D0	0,14	0,16	0,17	0,15	0,14	0,15
Média conicidade	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

Tabela 4: Média dos diâmetros em D0 e média da conicidade dos instrumentos 0.20.

INSTRUMENTO	MAILLEFER	PERFECT	TDK	MKLIFE	ANGELUS	ALLPRIME
1	0,19	0,2	0,15	0,17	0,19	0,15
2	0,22	0,21	0,19	0,14	0,18	0,2
3	0,17	0,22	0,2	0,15	0,17	0,22
Média D0	0,19	0,21	0,18	0,15	0,18	0,21
Média conicidade	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02

DISCUSSÃO

O *glide-path* é um protocolo que garante uma passagem segura e eficiente dos instrumentos NiTi ao longo de todo o comprimento de trabalho (19). Dada a exposição frequente desses materiais a tensões de flexão e torção, torna-se essencial investigar suas características físicas e sua composição.

Os instrumentos TDK tipo 15 e Angelus tipo 0.20, que são comumente utilizados no *glide-path*, demonstraram a maior resistência à flambagem. Clinicamente, isso pode ser interessante para a negociação de canais atrésicos e em casos de retratamento endodôntico. No entanto, ambos apresentaram valores em D0 maiores que o preconizado pela norma, o que pode gerar problemas no momento da obturação. O batente gerado pelo último instrumento utilizado pode não ancorar devidamente os cones principais de guta-percha, resultando na extrusão do material (5).

Instrumentos com maior massa metálica tendem a apresentar melhor resistência à torção e à flambagem, fatores que podem influenciar significativamente os procedimentos de negociação dos canais e no estabelecimento de um *glide-path* para a região apical do canal radicular (12). No entanto, os instrumentos Angelus e Maillefer tipo 15 e os instrumentos Maillefer tipo 0.20 demonstraram resistência reduzida aos carregamentos de flambagem, corroborando com resultados de um estudo anterior (13).

Esses instrumentos específicos possuem um grau maior de flexibilidade, um atributo crítico para seu desempenho em procedimentos endodônticos (13). A flexibilidade aumentada oferece vantagens específicas, particularmente na negociação da curvatura da região apical. Esse recurso é especialmente valioso durante a fase de reconhecimento, minimizando o risco de acidentes, como fratura de instrumentais. No entanto, é importante reconhecer que o aumento da flexibilidade e a redução da resistência à flambagem, embora vantajosas em muitos cenários, podem representar desafios na negociação completa de canais radiculares constrictos e calcificados (6).

O modelo utilizado no presente estudo para realização da micromorfometria foi o mesmo utilizado por Ribeiro *et al.*, 2016 (20), que consiste em traçar linhas tangentes às hélices dos instrumentos. Desta forma, a medida simula a forma do preparo do instrumento no canal radicular. De acordo com o item 4.2 da norma nº101 da ANSI/ADA, os diâmetros dos instrumentos possuem uma tolerância de + 0,025 mm. A média da conicidade de todos os instrumentos avaliados para o estudo se encontra dentro do padrão preconizado. Em relação ao D0, os instrumentos tipo 15 das marcas Maillefer e All Prime exibiram um diâmetro da ponta menor do que o aceito. Os instrumentos 0.15 Perfect e TDK apresentaram diâmetro maior do que o preconizado. Nos instrumentos K 0.20, somente a marca Perfect atendeu à

recomendação da norma. Este diâmetro é de grande importância, pois representa a região do preparo mecânico que irá definir o batente para obturação na zona crítica apical (21).

Observando o D0 dos instrumentos utilizados no presente estudo, ficou evidente a falta de precisão durante a fabricação. Instrumentos de pequenos diâmetros podem possuir variações dimensionais devido o processo de fabricação que se torna crítico (22). A falta de controle na fabricação dos instrumentos gera dificuldades durante a instrumentação, ao utilizar instrumentos de maior diâmetro e no momento de obturação dos canais, uma vez que os diâmetros encontrados não estão de acordo com o recomendado. Assim, os cones calibrados utilizados no momento da obturação não irão se ajustar ao preparo (23). Dias *et al.* ao analisar a morfométrica de limas tipo K dos fabricantes Angelus e Maillefer verificaram que ambas não atenderam plenamente a norma 101 da ANSI (5).

Embora diga-se que a largura mínima de um *glide-path* deve ser o de tamanho 0.10 (24), estudos anteriores descreveram um preparo inicial, geralmente com uma pequena conicidade (0,02) e um tamanho de pelo menos 15 ou 0.20, para melhor prevenir o bloqueio do instrumento ou seu travamento (25,26). As tensões de torção que afetam os instrumentos de modelagem foram relatadas como reduzidas pela criação de um *glide-path* até esses tamanhos apicais (25,27). Para superar os desafios inerentes à realização de procedimentos de *glide-path*, um instrumento endodôntico deve ter grande flexibilidade, alta resistência à flambagem e resistência ao torque com alta deflexão angular sob forças de torção (28). Os instrumentos de *glide-path* nem sempre apresentam a soma dessas características. Por exemplo, quanto mais flexível o instrumento, em geral, menor é a sua resistência à flambagem (19).

Os instrumentos TDK tipo 15 obtiveram a maior resistência à flambagem, enquanto os Angelus demonstraram a menor. Clinicamente, uma alta resistência à flambagem é preferida durante a exploração do canal radicular, permitindo que o instrumento avance axialmente na direção apical. No entanto, há uma relação inversa entre flexibilidade e resistência à flambagem. Ambas as propriedades mecânicas estão relacionadas à geometria e à liga do instrumento. Além disso, o diâmetro e a conicidade têm forte influência no teste de flambagem (29). Isso explica por que a TDK tem maior resistência à flambagem do que os outros instrumentos testados. Apesar de demonstrar conicidade dentro dos padrões exigidos pela norma, foi o instrumento que apresentou o maior diâmetro em D0, o que implica em maior rigidez estrutural e, conseqüentemente, maior resistência à flambagem (18). Por outro lado, a menor

resistência à flambagem dos instrumentos Angelus tipo 15 pode estar relacionada ao menor diâmetro em D0 que os torna mais flexíveis e, conseqüentemente, menos rígidos dentro dos outros grupos.

A exploração de um canal curvo constricto é geralmente um desafio para o endodontista. Acidentes como saliências e perfurações podem ocorrer durante a exploração de canais curvos estreitos e comprometer o resultado do tratamento (1). A incidência de formação de saliências com o uso de limas mais flexíveis é menor em comparação com limas mais rígidas. A memória metálica do aço inoxidável para retornar a uma posição reta aumenta a tendência de transportar ou saliência de um canal e, eventualmente, perfurar canais curvos (30).

Os instrumentos TDK e Perfect tipo 15 apresentaram maior resistência à flambagem. Essa propriedade, teoricamente, proporciona maior capacidade de negociar canais radiculares estreitos, porém, por serem mais rígidos, não são indicados em casos de canais curvos, como canais de molares, pois aumentam a chance do desenvolvimento de degraus e desvios (19), assim o instrumento Angelus parece ser o menos adequado para este procedimento.

Para os instrumentos tipo 0.20, os Angelus obtiveram a maior resistência à flambagem, enquanto os Maillefer foram menos resistentes. Apesar de os Angelus não terem o maior diâmetro em D0 nem a maior conicidade entre os instrumentos avaliados, sua maior resistência à flambagem possivelmente ocorre devido à composição da liga do instrumento, assim como ocorreu com os Maillefer, pois esta também demonstrou conicidade e tamanho em D0 preconizados pela norma.

Os testes de resistência à torção foram realizados conforme sugerido pela ISO 3630-1 e foram relatados em estudos publicados anteriormente (31,32). Para os testes de torção, o ponto de imobilização em D3 é o ponto crítico na qual o material falhará quando tensões de cisalhamento forem aplicadas (5). Duas propriedades diferentes foram obtidas deste teste: o torque máximo e a deflexão angular. O torque máximo é solicitado quando um instrumento é preso no interior do canal radicular e continua sendo acionado (11). Quanto maior o toque para a fratura, mais seguro será o instrumento (24). Neste quesito, nenhuma marca se destacou.

Os instrumentos das diferentes marcas têm *design* transversal, diâmetros e conicidades semelhantes, o que favoreceu a equivalência das propriedades de torção. Porém, os instrumentos da marca Maillefer tipo 0.20, demonstraram uma maior deflexão angular antes da fratura, assim como menor resistência à flambagem, demonstrando maior flexibilidade do instrumento. A deflexão angular funciona como um mecanismo de segurança durante o uso

dos instrumentos, pois quanto maior a deformação plástica, esta poderá ser visualizada com maior facilidade proporcionando o descarte do instrumento afetado (15). Os instrumentos 15 não demonstraram diferenças significativas.

Essa mistura de propriedades mecânicas torna esses instrumentos menos adequados para serem usados como instrumentos de *glide path*, especialmente em casos de canais radiculares estreitos. Porém, são mais indicados para canais curvos, por serem mais flexíveis (28). Instrumentos com características como maior conicidade e diâmetros maiores, tendem a ser menos flexíveis, mais resistentes à flambagem e acabam suportando maior tensão de torção (33), isto corrobora com os achados deste estudo.

CONCLUSÃO

Assim, os instrumentos TDK 15 e Angelus 0.20 mostraram-se mais adequados para a negociação de canais atrésicos e retratamento endodôntico. Já os instrumentos Maillefer 0.20, com maior flexibilidade, são mais indicados para canais curvos. O aumento no diâmetro em D0 dos instrumentos TDK 15 e Perfect 15 podem comprometer a adaptação de cones na fase de obturação. Portanto, são necessários mais estudos para validar esses dados e explorar novas abordagens endodônticas.

O autor declara não haver conflito de interesse.

Autor de correspondência:

Luiza Gonçalves Roma Custódio
Endereço: Odontoclínica Central da Marinha - Av. Rodrigues Alves, 335 - Centro, Rio de Janeiro - RJ, 20091-000 – Brasil. Email: luizagroma@hotmail.com

REFERÊNCIAS

1. Darcey J, Taylor C, Roudsari RV, Jawad S, Hunter M. Modern endodontic principles part 3: preparation. *Dent Update*. 2015;42(9):810-22.
2. Karamifar K, Tondari A, Saghiri MA. Endodontic periapical lesion: an overview on the etiology, diagnosis and current treatment modalities. *Eur Endod J*. 2020;5(2):54.
3. Allen MJ, Glickman GN, Griggs JA. Comparative analysis of endodontic pathfinders. *J Endod*. 2007;33(6):723-6.
4. Kwak SW, Ha JH, Lee W, Kim SK, Kim HC. Buckling resistance, bending stiffness, and torsional resistance of various instruments for canal exploration and glide path preparation. *Restor Dent Endod*. 2014;39(4):270-5.
5. Dias DS, Ribeiro GD, Martuche R da S, Antunes H dos S, Vieira VTL, Silva EJNL da. Análise morfológica e flexão rotativa de instrumentos tipo K de uma empresa nacional. *Rev Bras Odontol*. 2017;74(2):96-100.
6. Baruwa AO, Chasqueira F, Arantes-Oliveira S, Caramês J, Marques D, Portugal J, *et al*. Comparative Analysis of Endodontic ISO Size 06, 08, and 10 Stainless Steel K-Files Used for Glide Path Procedures. *Dent J*. 2024;12(4):98.
7. Lopes HP, Elias CN, Mangelli M, Lopes WS, Amaral G, Souza LC, *et al*. Buckling resistance of pathfinding endodontic instruments. *J Endod*. 2012;38(3):402-4.
8. Bhuvu B, Ikram O. Complications in endodontics. *Prim Dent J*. 2020;9(4):52-8.
9. Yilmaz ÖS, Keskin C, Aydemir H. Comparison of the torsional resistance of 4 different glide path instruments. *J Endod*. 2021;47(6):970-5.
10. Hartmann R, Peters OA, De Figueiredo J, Rossi, Fedele G. Association of manual or engine-driven glide path preparation with canal centring and apical transportation: a systematic review. *Int Endod J*. 2018;51(11):1239-52.
11. Yilmaz ÖS, Keskin C, Aydemir H. Comparison of the torsional resistance of 4 different glide path instruments. *J Endod*. 2021;47(6):970-5.
12. Kwak SW, Ha JH, Lee W, Kim SK, Kim HC. Buckling resistance, bending stiffness, and torsional resistance of various instruments for canal exploration and glide path preparation. *Restor Dent Endod*. 2014;39(4):270-5.
13. Baruwa AO, Chasqueira F, Arantes-Oliveira S, Caramês J, Marques D, Portugal J, *et al*. Comparative Analysis of Endodontic 0.15 Stainless-Steel K-Files: Exploring Design, Composition, and Mechanical Performance. *Dent J*. 2024;12(2):29.
14. Cassim I, Van der Vyver PJ. The importance of glide path preparation in endodontics: a consideration of instruments and literature: scientific. *South Afr Dent J*. 2013;68(7):322-7.
15. West JD. The endodontic Glidepath: "Secret to rotary safety". *Dent Today*. 2010;29(9):86-8.
16. Barbosa IB, Ferreira FG, Scelza P, Adeodato C, Caldas IP, Goncalves FP, *et al*. Structural analysis of NiTi endodontic instruments: A systematic review. *Iran Endod J*. 2020;15(3):124.
17. Ferreira F, Adeodato C, Barbosa I, Aboud L, Scelza P, Zaccaro Scelza M. Movement kinematics and cyclic fatigue of NiTi rotary instruments: a systematic review. *Int Endod J*. 2017;50(2):143-52.
18. Lopes HP, Elias CN, Siqueira Jr JF, Soares RG, Souza LC, Oliveira JC, *et al*. Mechanical behavior of pathfinding endodontic instruments. *J Endod*. 2012;38(10):1417-21.
19. Plotino G, Nagendrababu V, Bukiet F, Grande NM, Veettil SK, De-Deus G, *et al*. Influence of negotiation, glide path, and preflaring procedures on root canal shaping—terminology, basic concepts, and a systematic review. *J Endod*. 2020;46(6):707-29.
20. dos Santos MR da S, Carvalho EP, Lunz JSC, da Silva EJNL, Moreira EJL, Vieira VTL. Correlação do diâmetro do preparo de uma nova geração de instrumentos de NiTi com as dimensões de cones de guta-percha de sua antiga geração através de uma análise morfológica. *Rev Bras Odontol*. 2016;73(3):180.
21. Genç Ö, Alaçam T, Kayaoglu G. Evaluation of three instrumentation techniques at the precision of apical stop and apical sealing of obturation. *J Appl Oral Sci*. 2011;19:350-4.
22. dos Santos MR da S, Carvalho EP, Lunz JSC, da Silva EJNL, Moreira EJL, Vieira VTL. Correlação do diâmetro do preparo de uma nova geração de instrumentos de NiTi com as dimensões de cones de guta-percha de sua

- antiga geração através de uma análise morfométrica. Rev Bras Odontol. 2016;73(3):180.
23. Rodrigues SS, Ribeiro MRA, Pereira LB, Júnior HM. Avaliação de padrões dimensionais de diferentes marcas comerciais de limas endodônticas manuais tipo KERR. Perquirere. 2021;1(18):134-47.
 24. West JD. The endodontic Glidepath: "Secret to rotary safety". Dent Today. 2010;29(9):86-8.
 25. Berutti E, Negro AR, Lendini M, Pasqualini D. Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary instruments. J Endod. 2004;30(4):228-30.
 26. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. J Endod. 2004;30(8):559-67.
 27. Patiño PV, Biedma BM, Liébana CR, Cantatore G, Bahillo JG. The influence of a manual glide path on the separation rate of NiTi rotary instruments. J Endod. 2005;31(2):114-6.
 28. Lopes W, Vieira V, Silva EL, Silva MD, Alves F, Lopes H, *et al.* Bending, buckling and torsional resistance of rotary and reciprocating glide path instruments. Int Endod J. 2020;53(12):1689-95.
 29. Lopes HP, Elias CN, Mangelli M, Lopes WS, Amaral G, Souza LC, *et al.* Buckling resistance of pathfinding endodontic instruments. J Endod. 2012;38(3):402-4.
 30. Jafarzadeh H, Abbott PV. Ledge formation: review of a great challenge in endodontics. J Endod. 2007;33(10):1155-62.
 31. Elsaka S, Elnaghy A, Badr A. Torsional and bending resistance of WaveOne Gold, Reciproc and twisted file adaptive instruments. Int Endod J. 2017;50(11):1077-83.
 32. Silva EJNL, Vieira VTL, Hecksher F, dos Santos Oliveira MRS, dos Santos Antunes H, Moreira EJJ. Cyclic fatigue using severely curved canals and torsional resistance of thermally treated reciprocating instruments. Clin Oral Investig. 2018;22:2633-8.
 33. Lopes HP, Elias CN, Amaral G, Vieira VT, Moreira EJ, Mangelli M, *et al.* Torsional properties of pathfinding instruments. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology. 2011;112(5):667-70.