

INFLUÊNCIA DO ÂNGULO DE RECIPROCAÇÃO NA RESISTÊNCIA À TORÇÃO DE INSTRUMENTOS ENDODÔNTICOS DE NITI DE DIFERENTES DIÂMETROS

INFLUENCE OF THE RECIPROCATING ANGLE ON THE TORSIONAL RESISTANCE OF NITI ENDODONTIC INSTRUMENTS WITH DIFFERENT DIAMETERS

NATHÁLIA FERREIRA VASCOTTO¹, FERNANDA DOS SANTOS LACERDA², LUANA TALARICO LEAL VIEIRA DACOME², KARIN ZUIM³, EMMANUEL JOÃO NOGUEIRA LEAL DA SILVA⁴, CARLOS NELSON ELIAS⁵, VICTOR TALARICO LEAL VIEIRA^{6*}

1. Acadêmica do curso de Graduação em Odontologia da Universidade AFYA UNIGRANRIO; 2. Acadêmica do curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade AFYA UNIGRANRIO; 3. Acadêmica do curso de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade AFYA UNIGRANRIO; 4. Professor Doutor do Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade AFYA UNIGRANRIO; 5. Professor Doutor do Programa de Pós-graduação em Ciência dos Materiais do Instituto Militar de Engenharia – IME; 6. Professor Doutor do Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade AFYA UNIGRANRIO e do Programa de Pós-graduação em Ciência dos Materiais do Instituto Militar de Engenharia – IME.

*Rua Prof. José de Souza Herdy, 1.160 – Jardim 25 de Agosto, Duque de Caxias, Rio de Janeiro, Brasil. CEP: 25.071-202. victortalarico@gmail.com

Recebido em 16/10/2025. Aceito para publicação em 14/11/2025

RESUMO

Objetivo(s): Avaliar, por meio de ensaios de flexão, flambagem e torção, a influência dos ângulos de reciprocção no torque máximo para a fratura e na deflexão angular de dois instrumentos reciprocantes de níquel-titânio (NiTi): Unicone 25 e Unicone 40. **Materiais e Métodos:** Instrumentos reciprocantes Unicone 25/0,06 (n=50) e Unicone 40/0,06 (n=50) foram usados. Os ensaios de flexão em 45° e flambagem, foram realizados em uma máquina de ensaio universal (EMIC DL 200 MF) utilizando uma célula de carga de 20N. O ensaio de torção foi realizado em um torquímetro ODEME TT100G, em rotação contínua e com as angulações de 150-30° e 75-15°. **Resultados:** Os instrumentos 40/0,06 apresentaram maior resistência a flambagem e menor flexibilidade (p<0,05). O torque para a fratura não foi influenciado pela cinemática de acionamento (p>0,05). O ângulo de ruptura foi maior para a cinemática reciprocante quando comparado a rotação contínua (p<0,05). Quanto menor o ângulo de reciprocção menores maior foi a deflexão angular (p<0,05). **Conclusão.** A variação do ângulo de reciprocção menores não influenciou no torque máximo para a fratura dos instrumentos, porém a deflexão angular aumentou para ângulos menores. Os instrumentos de maior diâmetro foram menos flexíveis e apresentaram maior resistência a flambagem.

PALAVRAS-CHAVE: Instrumentos endodônticos de NiTi; Instrumentos reciprocantes; Flexão em 45°; Flambagem; Torção.

ABSTRACT

Objective(s): To evaluate, through bending, buckling, and torsion tests, the influence of reciprocating angles on the maximum torque for fracture and angular deflection of two nickel-titanium (NiTi) reciprocating instruments: Unicone 25 and Unicone 40. **Materials and Methods:** Unicone 25/0.06 (n=50) and Unicone 40/0.06 (n=50) reciprocating instruments were used. The 45° bending and buckling tests were performed on a universal testing machine (EMIC DL 200 MF) using a 20 N load cell. The torsion test was performed on an ODEME TT100G torque meter, in continuous rotation and with angles of 150-30° and 75-15°. **Results:** The 40/0.06 instruments showed greater resistance to buckling and less flexibility (p<0.05). The torque for fracture was not influenced by

the drive kinematics (p>0.05). The angle of rupture was greater for reciprocating kinematics when compared to continuous rotation (p<0.05). The smaller the reciprocating angle, the greater the angular deflection (p<0.05). **Conclusion:** The variation in the reciprocating angle did not influence the maximum torque for fracture of the instruments, but the angular deflection increased for smaller angles. The larger diameter instruments were less flexible and showed greater resistance to buckling.

KEYWORDS: NiTi endodontic instruments; Reciprocating instruments; 45° bending; Buckling; Torsion.

1. INTRODUÇÃO

Ligas de níquel-titânio (NiTi) apresentam propriedades e características únicas, como Efeito Memória de Forma (EMF) e a Superelasticidade (SE)¹, que têm se destacado nos últimos anos na área médica, para a confecção de *stents*², por exemplo, e na odontologia, com uso mais expressivo na fabricação de fios ortodônticos e instrumentos endodônticos acionados³.

Os desafios enfrentados pelo clínico na abordagem endodôntica são, em sua grande maioria, representados por complexidade anatômica e presença de infecção no sistema de canais radiculares^{4,5}.

Instrumentos endodônticos de NiTi acionados a motor surgiram no mercado, em meados da década de 1990, com a proposta de uma modelagem mecanicamente mais rápida e segura em dentes com curvatura, com instrumentos de maior diâmetro e quando comparados com os manuais, proporcionando maior previsibilidade aos tratamentos endodônticos^{6,7}.

Com o avanço tecnológico, as características de desenho e melhorias na microestrutura das ligas permitiram progressos significativos na cinemática de acionamento dos instrumentos⁹ e o movimento reciprocante tem se mostra do mais seguro e eficaz, apresentando maior resistência à fadiga, menor tempo

de trabalho⁸ e melhor comportamento quando submetido à fadiga por torção, devido ao movimento alternado, minimizando o risco de fratura do instrumento⁹⁻¹²,

Segundo Plotino *et al.*¹³ o uso do movimento recíprocante, em comparação com a rotação contínua, aumenta a vida útil de um instrumento de NiTi e foi a partir da terceira geração que novos tratamentos termo mecânicos dessas ligas permitiram melhorias em propriedades como a flexibilidade e durabilidade^{14,15} e sistemas como Reciproc (VDW, Munique, Alemanha) e WaveOne (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça) foram os primeiros desenvolvidos utilizando a liga M-Wire NiTi, especificamente projetada para o movimento recíprocante¹³. Posteriormente, sistemas como o Unicone foram desenvolvidos para utilização nessa cinemática.

Unicone (Medin, Nové Město na Moravě, República Tcheca) é um instrumento recíprocante de NiTi, com ponta inativa e seção transversal triangular convexa; consiste em 3 instrumentos com pontas de tamanhos #20, #25 e #40 e conicidade de 0,06. Segundo o fabricante, é fabricado com liga de níquel-titânio altamente flexível e possui vida útil prolongada devido a um tratamento tecnológico especial¹⁶. Seu nome sugere a utilização de um único instrumento para modelagem mecânica do sistema de canais radiculares.

Estudos apontam que este instrumento possui boa capacidade de modelagem mantendo a forma original do canal¹⁷, entretanto dados sobre a flexibilidade ou resistência a flambagem não foram avaliados e os registros da torção com especificação apenas para de 25/0,06 e em rotação contínua^{16,18}.

Este estudo complementa e atualiza as informações sobre os instrumentos Unicone 25/0,06 e 40/0,06 e, adicionalmente, se propõe a realizar o teste de torção sob cinemática recíprocante, gerando um resultado em um modelo mais semelhante ao que ocorre na clínica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Instrumentos utilizados

Foram selecionados para este estudo 50 instrumentos Unicone 25/0,06 e 50 Unicone 40/0,06, ambos com conicidade e seção transversal idênticas, diferenciando-se apenas quanto ao diâmetro em D0. Essa padronização teve como objetivo minimizar variáveis geométricas nos resultados. Para o ensaio de torção, eles foram avaliados em três condições distintas: cinemática recíprocante de 150°-30°, 75°-15° e rotação contínua.

2.2 Ensaio de flexão em 45 graus

Os ensaios de flexão foram realizados em uma máquina de ensaio universal (EMIC DL200-MF), equipada com célula de carga de 20 newtons (N). Os instrumentos foram fixados a 3 milímetros (mm) da ponta ativa, com o cabo posicionado a 45 graus (°), conforme as especificações da norma ADA nº 28. A força foi aplicada a uma velocidade constante de 15 milímetros por minuto (mm/min). Foi registrada a força máxima (gf), por meio do software TESC.

2.3 Ensaio de flambagem

O ensaio de flambagem teve como objetivo determinar a carga necessária para induzir a deformação elástica lateral (flambagem) dos instrumentos ao longo de seu eixo. Utilizou-se a máquina de ensaio EMIC DL200-MF, com célula de carga de 20 N. Os instrumentos foram fixados por meio de um mandril, e uma carga compressiva foi aplicada até o contato com uma superfície de alumínio rugoso, a uma velocidade de 15 mm/min. A carga máxima (N) foi registrada.

O ensaio de torção foi conduzido em um torquímetro de bancada, desenvolvido pela empresa Odeme (Luzerna, SC), que aplica torque no sentido anti-horário até a fratura do instrumento. Os instrumentos foram fixados a 3 mm da ponta ativa, conforme a norma ANSI/ADA nº 101.

2.4 Ensaio de torção

Foram registrados: torque máximo (N.cm), deflexão angular (graus). Avaliou-se a influência dos diferentes ângulos de cinemática recíprocante (150°-30° e 75°-15°) na resistência à fratura e na deformação angular dos instrumentos. Para cinemática recíprocante, foi registrado também o número de oscilações. O ângulo adquirido foi calculado somando o ângulo de ruptura + número de oscilações x ângulo anti-horário.

2.5 Análise estatística

Os dados obtidos nos ensaios de flexão, flambagem e torção foram organizadas e analisadas com o auxílio dos softwares Minitab e Primer of Biostatistics. Inicialmente, foi aplicado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk (Minitab). De acordo com os resultados foram utilizados testes paramétricos (ANOVA, teste t de Student) ou não paramétricos (teste de Mann-Whitney; teste de Kruskal-Wallis). Os testes de hipótese foram realizados.

3. RESULTADOS

Os instrumentos estudados apresentaram diferença estatisticamente significativa quanto à resistência à flambagem e à flexão a 45° ($p < 0,05$). Os resultados do ensaio de flexão estão apresentados na Figura 1 e os de flambagem na Figura 2.

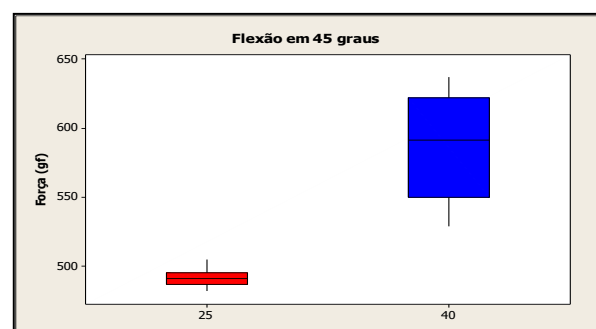


Figura 1. força média obtida do resultado do ensaio de flexão em 45 graus dos instrumentos 25 (vermelho) e 40 (azul).

Os instrumentos 25/0,06, não apresentaram diferenças significativas nos torques das diferentes

cinemáticas testadas ($p > 0,05$). No entanto, a deflexão angular variou conforme o modo operatório, no qual se obteve o resultado: $75^\circ-15^\circ > 150^\circ-30^\circ =$ rotação contínua.

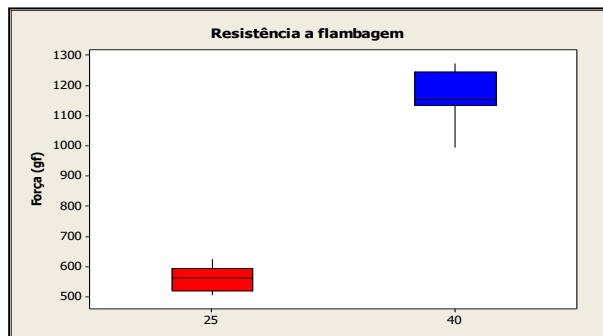


Figura 2. força média obtida do resultado do ensaio de flambagem dos instrumentos 25 (vermelho) e 40 (azul).

Os instrumentos 40/0,06 não apresentaram diferenças significativas no torque entre as diferentes cinemáticas ($p > 0,05$); porém, a deflexão angular também seguiu o padrão: $75^\circ-15^\circ > 150^\circ-30^\circ =$ rotação contínua.

Comparando os diâmetros, houve diferença estatisticamente significativa no torque e na deflexão angular dos instrumentos 25/0,06 e 40/0,06 ($p < 0,05$). Os resultados do torque máximo para a fratura e da deflexão angular estão apresentados nas Figuras 3 e 4.

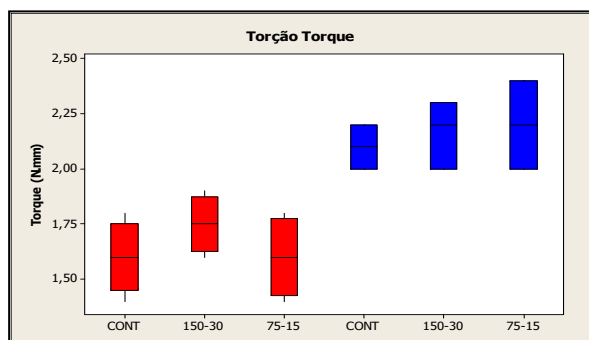


Figura 3. Torque para a fratura dos instrumentos 25 (vermelho) e 40 (azul), para as três cinemáticas estudadas.

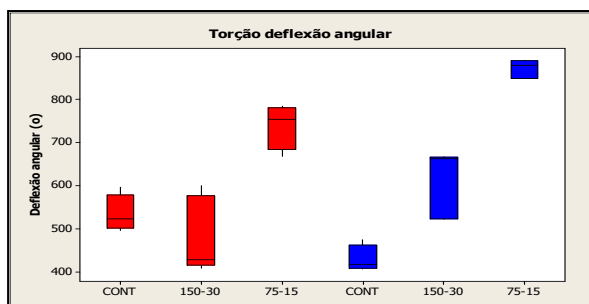


Figura 4. Deflexão angular obtida dos instrumentos 25 (vermelho) e 40 (azul), para as três cinemáticas estudadas.

4. DISCUSSÃO

Os ensaios mecânicos realizados evidenciaram diferenças significativas entre os instrumentos Unicone 25/0,06 e Unicone 40/0,06 quanto às suas propriedades de resistência à torção, flexão e flambagem. Todas as hipóteses nulas em relação aos ensaios de flexão,

flambagem e torção foram, portanto, rejeitadas.

As propriedades mecânicas dos instrumentos Unicone foram significativamente influenciadas pelos diferentes diâmetros testados e a cinemática empregada durante o uso clínico tem efeito no resultado do ensaio de torção. O instrumento de maior calibre (40/0,06) demonstrou menor flexibilidade e maior resistência à compressão axial (flambagem) confirmando os achados dos estudos de Peters *et al.* (2015)¹⁹ e Necchiet *al.* (2008)²⁰, que indicaram que instrumentos com maior núcleo metálico tendem a apresentar maior rigidez estrutural.

O maior torque registrado para os instrumentos 40/0,06 está de acordo com os resultados apresentados por Gambarini *et al.*⁸, que encontraram relação direta entre o diâmetro do instrumento e um maior torque para fratura por torção, sugerindo que, embora os instrumentos de maior calibre sejam mais rígidos, também são mais suscetíveis a transmitir cargas elevadas às paredes dentinárias, podendo comprometer a segurança em canais com curvaturas acentuadas.

No que se refere à deflexão angular, foi observado que ambos os diâmetros apresentaram maior deflexão angular quando submetidos a menor ângulo de reciprocção ($75^\circ-15^\circ$) resultado semelhante ao reportado nos estudos de Yared⁹ e De-Deus *et al.* (2010)¹⁰ que demonstraram que movimentos com menor amplitude geraram maiores deslocamentos angulares nos instrumentos, embora o acúmulo de tensão torcional fosse reduzido. Esse comportamento pode estar associado ao maior tempo de contato entre a lâmina do instrumento e a dentina, promovendo maior flexão acumulada durante o ciclo operatório.

Os autores desse estudo sugerem que novas pesquisas sejam realizadas para investigar a relação entre tempo de contato prolongado e a capacidade de corte do instrumento.

Apesar da alteração na deflexão angular, não foram observadas diferenças significativas nos valores de torque das diferentes cinemáticas testadas, fato que reforça as observações de Plotino *et al.* (2009)²¹, que sugerem que o movimento reciprocante altera padrões de desgaste e deflexão, mas não necessariamente afeta o torque máximo para a fratura.

A comparação entre os diâmetros revelou diferenças significativas em todas as propriedades analisadas, principalmente na flexibilidade e o torque. Esses achados ressaltam a necessidade de se considerar a anatomia do canal radicular no momento da seleção do instrumento particularmente em canais com curvaturas pronunciadas, o uso de instrumentos mais flexíveis, como os de calibre 25/0,06, pode ser preferível para evitar iatrogenias, conforme proposto por Versiani *et al.* (2013)²².

Os achados deste estudo contribuem para o conhecimento sobre o comportamento mecânico dos instrumentos reciprocantes Unicone, revelando que a geometria do instrumento e a cinemática influencia diretamente seu desempenho. Essa relação pôde ser comparada devido; essa comparação foi possível devido

à padronização da metodologia empregada neste trabalho, preenchendo lacunas na literatura que, até o presente momento, não apresentava evidências específicas sobre esse sistema de instrumentos.

Os testes *in vitro* limitam a translação direta para a clínica, porém permitem inferir propriedades importantes e parâmetros de condições de uso de grande valia para o clínico.

Fatores como a presença de irrigantes, anatomias complexas e resistência do tecido dentinário podem influenciar o comportamento real dos instrumentos, e futuras investigações *in vitro* e *in vivo* são recomendadas para ampliar a compreensão da durabilidade clínica e segurança desses dispositivos.

5. CONCLUSÃO

Os instrumentos Unicone de diâmetro 40 apresentaram maior resistência à flambagem, e menor flexibilidade em comparação aos 25. O torque máximo registrado para os instrumentos de diâmetro 40 foi superior aos de diâmetro 25; ademais, os instrumentos 25 apresentaram maior deflexão angular, especialmente em rotação contínua.

Os ângulos de reciprocação menores resultaram em maior deflexão angular, porém não influenciaram significativamente os valores de torque.

Esses achados reforçam a importância da escolha adequada do instrumento e da cinemática, considerando-se a anatomia radicular e os riscos mecânicos envolvidos durante o preparo endodôntico.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERJ - Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro. Os autores declaram não haver conflito de interesse.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Walia, H.M.; Brantley, W.A.; Gerstein, H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *Journal of Endodontics*. 1988; 14(7):346-351.
- [2] Thompson, SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J*. 2000; 33(4):297-310.
- [3] Esposito PT, Cunningham CJ. A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless-steel instruments. *J Endod*. 1995; 21(4):173-6.
- [4] Lin LMPA, Rosenberg, and J. Lin. Do procedural errors cause endodontic treatment failure? *J Am Dent Assoc*. 2005; 136(2):187-93.
- [5] Byström A, G. Sundqvist. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res*. 1981; 89 (4): 321-8.
- [6] Arias A, Peters OA. Present status and future directions: Canal shaping. *Int Endod J*. 2022; 55 Suppl 3 (Suppl 3): 637-655.
- [7] Diniz-de-Figueiredo FELF, Lima LS, Oliveira IM, Bernardino, S. M. Paiva, and A. L. Faria-E-Silva. "The impact of two root canal treatment protocols on the oral health-related quality of life: a randomized controlled pragmatic clinical trial." *Int Endod J*. 2020; 53 (10): 1327-1338.
- [8] Gambarini G, Piasecki L, Miccoli G, Gaimari G, Di Giorgio R, Di Nardo D, et al. Classification and cyclic fatigue evaluation of new kinematics for endodontic instruments. *Aust Endod J*. 2019; 45(2):154-62.
- [9] Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J*. 2008; 41(4):339-44.
- [10] De-Deus G, Moreira EJ, Lopes HP, et al. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. *Int Endod J*. 2010; 43(12):1063-8.
- [11] Kiefner P, Ban M, De-Deus G, et al. Influence of combined cyclic fatigue and torsional stress on the life span of NiTi instruments: a preliminary study. *Int Endod J*. 2014; 47(7):671-6.
- [12] Silva EJ, Vieira VT, Hecksher F, et al. Cyclic fatigue using torsional tests of three different thermally treated reciprocating instruments. *Clin Oral Investig*. 2015; 19(8):1863-7.
- [13] Plotino G, Grande NM, Cordaro M, et al. Influence of continuous or reciprocating motion on cyclic fatigue resistance of four different nickel-titanium rotary instruments. *J Endod*. 2012; 38(1):117-21.
- [14] Johnson, E., A. Lloyd, S. Kuttler, and K. Namerow. Comparison between a novel nickel-titanium alloy and 508 nitinol on the cyclic fatigue life of ProFile 25/.04 rotary instruments. *J Endod* 2008; 34 (11): 1406-1409.
- [15] Da Frota MF, Espir CG, Berbert FLCV, Marques AAF, Sponchiado-Junior EC, Tanomaru-Filho M, Garcia LFR, Bonetti-Filho I. 2014. Comparison of cyclic fatigue and torsional resistance in reciprocating single-file systems and continuous rotary instrumentation systems. *Journal of Oral Science* 56(4):269-275.
- [16] Silva EJNL, Villarino LS, Vieira VTL, et al. Bending resistance and cyclic fatigue life of Reciproc, Unicone, and WaveOne reciprocating instruments. *J Endod*. 2016; 42(12):1789-93.
- [17] Filho EMM, Rizzi CC, Coelho MB, et al. Shaping ability of Reciproc, UnicOne, and Protaper Universal in simulated root canals. *Sci World J*. 2015; 2015:690854.
- [18] Alcade MP, Tonomaru-Filho M, Bramante CM, et al. Cyclic and torsional fatigue resistance of reciprocating single files manufactured by different nickel-titanium alloys. *J Endod*. 2017; 43(7):1186-91.
- [19] Peters OA, Arias A, Paqué F. A micro-computed tomographic assessment of root canal preparation with a novel instrument, TRUShape, in mesial roots of mandibular molars. *J Endod*. 2015; 41(9):1545-50.
- [20] Necchi S, Taschieri S, Petrini L, Migliavacca F. Mechanical behaviour of nickel-titanium rotary endodontic instruments in simulated clinical conditions: a computational study. *Int Endod J*. 2008; 41(11):939-49.
- [21] Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod*. 2009; 35(11):1469-76.
- [22] Versiani MA, Leoni GB, Steier L, De-Deus G, Tassani S, Pécora JD, et al. Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the self-adjusting file, Reciproc, WaveOne, and ProTaper universal systems. *J Endod*. 2013; 39(8):1060-6.