

Artigo Original de Pesquisa

Original Research Article

Resistência à fratura por fadiga cíclica de instrumentos endodônticos reciprocantes de níquel titânio tratados termicamente

Cyclic fatigue fracture resistance of thermally treated reciprocating nickel-titanium endodontics instruments

Bruno Carvalho de Sousa¹
Lana Alice Carvalho Araújo¹
Everton Araújo Maciel¹
Marcos Bruno Araujo¹
Luiz Carlos Trevia Moraes Correia Viana²
Humberto Ramah Menezes de Matos²

Autor para correspondência:

Bruno Carvalho de Sousa
Universidade Federal do Ceará, Curso de Odontologia, *Campus Sobral*
Rua Conselheiro José Júlio, n. 198 – Centro
CEP 62010-820 – Sobral – CE – Brasil
E-mail: brunendo@hotmail.com

¹ Curso de Odontologia, Universidade Federal do Ceará – Sobral – CE – Brasil.

² Curso de Odontologia, Universidade de Fortaleza – Fortaleza – CE – Brasil.

Data de recebimento: 11 nov. 2019. Data de aceite: 5 mar. 2020.

Palavras-chave:

Endodontia; preparo de canal radicular; instrumentos odontológicos.

Resumo

Introdução: A evolução na fabricação de instrumentos endodônticos permitiu o desenvolvimento de limas de níquel-titânio tratadas termicamente com características e propriedades superiores às suas antecessoras. No entanto as fraturas ainda acontecem, por torção ou por fadiga cíclica. A fratura por torção ocorre quando a extremidade permanece imóvel e o restante rotaciona em seu longo eixo. A fratura por fadiga cíclica acontece em virtude de desgaste com a utilização do instrumento, em que sofre tensão e compressão em sua superfície repetidas vezes. **Objetivo:** Avaliar a resistência à fratura por fadiga cíclica de 36 limas endodônticas de níquel titânio com tratamento térmico (12 Reciproc Blue R25 e 24 Prodesign R25/.06) submetidas ao teste em dispositivos que simulam o canal radicular, com raio de

6 mm e ângulos de curvatura de 45° e 60°. **Material e métodos:** Os instrumentos foram divididos em 6 grupos, com 6 limas em cada. Grupo 1: Reciproc Blue R25 em 45°; grupo 2: Reciproc BlueR25 em 60°; grupo 3: Prodesign R25/.06 (cinemática Reciproc All) em 45°; grupo 4: Prodesign R25/.06 (cinemática Reciproc All) em 60°; grupo 5: Prodesign R25/.06 (cinemática Wave One) em 45°; grupo 6: Prodesign R25/.06 (cinemática Wave One) em 60°. Os instrumentos foram condicionados no dispositivo e acionados a motor, e o tempo foi mensurado até a ocorrência da fratura. Os resultados foram analisados estatisticamente por meio dos testes Anova e Turkey HSD, com intervalo de confiança de 95%. **Resultados:** Observou-se que houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p>0,05$). As limas Prodesign R25/.06 acionadas na cinemática Reciproc All (45° e 60°) e na cinemática Wave One (45°) mostraram-se superiores às Reciproc Blue em relação à resistência à fratura por fadiga cíclica. **Conclusão:** Houve diferença na resistência à fratura entre os instrumentos avaliados, em que os instrumentos Prodesign R25/.06 apresentaram os melhores resultados.

Keywords:

Endodontics; root canal preparation; dental instruments.

Abstract

Introduction: The evolution in the manufacture of endodontic instruments allowed the development of thermally treated nickel titanium files with characteristics and properties superior to their predecessors. However, fractures still occur, either by torsion or by cyclic fatigue. Torsional fracture occurs when the extremity remains immobile and the rest rotates along its long axis. The cyclic fatigue fracture is due to wear and tear with the use of the instrument, where it undergoes tension and compression on its surface repeatedly. **Objective:** Evaluate the resistance to fracture due to cyclic fatigue in 36 endodontic nickel titanium files with heat treatment (12 Reciproc Blue R25 and 24 Prodesign R25 / .06) submitted to the test in devices that simulate the root canal, with radius of 6 mm and curvature angles of 45° and 60°. **Material and methods:** The instruments were divided into 6 groups, with 6 files in each. Group 1: Reciproc Blue R25 in 45°; group 2: Reciproc BlueR25 in 60°; group 3: Prodesign R25 / .06 (kinematics Reciproc All) in 45°; group 4: Prodesign R25 / .06 (kinematics Reciproc All) in 60°; group 5: Prodesign R25 / .06 (Wave One kinematics) at 45° and group 6: Prodesign R25 / .06 (Wave One kinematics) at 60°. The instruments were conditioned on the device and powered by a motor, and the time measured until the fracture occurred. The results were analyzed statistically using the Anova and Turkey HSD test, with a 95% confidence interval. **Results:** There was a statistically significant difference between the groups ($p>0.05$). Prodesign R25 / .06 files activated in Reciproc All kinematics (45° and 60°) and Wave One kinematics (45°) proved to be superior to Reciproc Blue in relation to fracture resistance due to cyclic fatigue. **Conclusion:** There was a difference in fracture resistance between the evaluated instruments, with the Prodesign R instruments showing the best results.

Introdução

O preparo dos canais radiculares configura-se como uma das etapas do tratamento endodôntico e, assim como as demais, deve ser realizado seguindo princípios e técnicas que permitam sua execução com êxito e segurança. Sendo bem feito, permitirá a manutenção do trajeto original do canal, com aumento proporcional do diâmetro do canal sem enfraquecer em demasia a raiz, possibilitará manter o forame apical em sua posição original e propiciará um selamento adequado do sistema de canais radiculares.

Canais curvos e atrésicos representam um grande desafio ao preparo. Desvios, batentes, *zips* e fraturas de instrumentos são alguns dos principais problemas que podem ocorrer durante a instrumentação de condutos com esse perfil. Suas implicações clínicas podem levar à perda do dente. Em especial, as fraturas de limas representam uma complicação que, por vezes, impede o preparo do canal em toda sua extensão. Daí a necessidade do constante aprimoramento dos metais que constituem as limas endodônticas utilizadas para tal fim [19].

A utilização da liga de níquel-titânio (NiTi) resulta em limas com maior flexibilidade, com maior elasticidade e com maior manutenção da trajetória dos canais radiculares e, portanto, com maiores chances de minimizar falhas no preparo dos canais radiculares durante o tratamento endodôntico, principalmente em canais curvos [18].

No entanto um problema comum no uso de limas endodônticas durante a instrumentação dos canais radiculares é a fadiga do metal e sua consequente fratura. A complexa anatomia interna e a presença de curvaturas nos canais radiculares estão relacionadas às fraturas dos instrumentos durante o seu uso, o que pode comprometer o prognóstico do caso [10].

A fratura por fadiga cíclica é resultado do desgaste do metal por repetidas séries de tensão e compressão em áreas da lima submetida a áreas de curvatura nos canais radiculares, causando microdeformações em sua estrutura que resultam na fratura do instrumento [5]. O conceito de força balanceada de Roane [23] permitiu idealizar a cinemática reciprocante, que busca minimizar os índices de fraturas, reduzindo o estresse sobre o instrumento em comparação à cinemática de rotação contínua. Além disso, o tratamento térmico das ligas de NiTi melhora as propriedades mecânicas do NiTi, proporcionando maior flexibilidade e resistência à fratura por fadiga cíclica [6, 12].

O sistema Reciproc Blue (VDW, Munique, Alemanha) é a evolução do sistema Reciproc (VDW), com um complexo tratamento de refrigeração e aquecimento que resulta em um óxido de titânio

azul visível na camada superficial do instrumento, o que o torna um instrumento com maior flexibilidade e resistência à fratura cíclica [15].

O sistema Prodesign R (Easy, Belo Horizonte, Brasil) tem processo de fabricação baseado no tratamento térmico da CMWire, o que proporciona maior flexibilidade e resistência à fratura. Possui secção transversal em forma de S modificado, uma ponta inativa, ângulo helicoidal variável, com duas lâminas de corte e corte no sentido anti-horário semelhante a Reciproc Blue [14]. O fabricante desse instrumento, no entanto, não determina especificamente qual cinemática reciprocante aplicar no preparo, se a do sistema Reciproc (Reciproc All: rotação de 150° no sentido anti-horário e rotação de 30° no sentido horário) ou do sistema Wave One (Wave One: rotação de 170° no sentido anti-horário e rotação de 50° no sentido horário).

Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho dos instrumentos Prodesign R em duas cinemáticas reciprocantes distintas (Reciproc All e Wave One) e dos instrumentos Reciproc Blue na cinemática proposta pelo fabricante quanto à resistência à fratura por fadiga cíclica estática quando submetidos a angulações de 45° e 60°. As hipóteses nulas testadas foram: (i) não existe diferença na resistência à fratura por fadiga cíclica entre os instrumentos Reciproc Blue R25 e ProDesign R 25/06; (ii) não existe diferença na resistência à fratura por fadiga cíclica entre os instrumentos ProDesign R 25/06, independentemente da cinemática utilizada; (iii) não existe diferença na resistência à fratura por fadiga cíclica entre os instrumentos ProDesign R 25/06, independentemente do ângulo de curvatura dos canais simulados; e (iv) não existe diferença entre os comprimentos dos fragmentos fraturados das limas.

Material e métodos

Foram utilizadas 12 instrumentos Reciproc Blue R25 e 24 instrumentos Prodesign R 25/06, todos com 21 mm de comprimento, distribuídos em 6 grupos experimentais.

Os instrumentos foram utilizados no motor X Smart Plus (Dentstply Maillefer, Ballaigues, Suíça), que apresenta diversas programações para sistemas rotatórios e reciprocantes. As programações usadas para o teste de fratura foram Reciproc All (velocidade de 300 rpm determinada pelo fabricante, rotação de 150° no sentido anti-horário e rotação de 30° no sentido horário) e Wave One (velocidade de 350 rpm determinada pelo fabricante, rotação de 170° no sentido anti-horário e rotação de 50° no sentido horário).

A tabela I apresenta a distribuição dos grupos conforme as variáveis utilizadas.

Tabela I - Divisão dos grupos experimentais quanto ao instrumento utilizado, angulação do canal simulado, número de instrumentos por grupo, programação do motor e velocidade empregada ao instrumento

| Grupo | Instrumento | Ângulo de curvatura do canal simulado | N | Programação do motor | Velocidade (RPM) |
|-------|---------------|---------------------------------------|---|----------------------|------------------|
| 1 | Reciproc Blue | 45° | 6 | Reciproc All | 300 |
| 2 | Reciproc Blue | 60° | 6 | Reciproc All | 300 |
| 3 | Prodesign R | 45° | 6 | Reciproc All | 300 |
| 4 | Prodesign R | 60° | 6 | Reciproc All | 300 |
| 5 | Prodesign R | 45° | 6 | Wave One | 350 |
| 6 | Prodesign R | 60° | 6 | Wave One | 350 |

Todos os instrumentos foram devidamente inspecionados por meio de um estereomicroscópio com aumento de 10x (Bioptika, Colombo, Paraná, Brasil), para evitar que instrumentos com algum defeito ou deformação fossem usados no estudo. Nenhum instrumento apresentou defeitos visíveis ou irregularidades.

Para o teste de fratura por fadiga cíclica empregou-se canal simulado fabricado em aço inox com curvatura de 45° e de 60° e com 1,04 mm de diâmetro interno, comprimento total de 20 mm, e raio de curvatura de 6 mm. A porção curva do dispositivo tinha 9,4 mm e a porção retilínea 10,6 mm [7], devidamente adaptado a um torno fixo. No outro torno foi fixado o contra-ângulo do motor de maneira que a posição dos instrumentos testados em relação ao canal simulado permanecesse estática e pudesse ser reproduzida. Durante o ensaio, os instrumentos giraram livremente no interior do canal, com a ponta livre e sob uma pressão constante (figura 1).

Óleo sintético (White Lub Multiuso, São Paulo, Brazil) serviu para reduzir a fricção do instrumento endodôntico ao metal [9, 17, 23].

Todos os instrumentos permaneceram acionados até a ocorrência de fratura visual. O tempo (segundos) entre o início do acionamento e a fratura dos instrumentos foi registrado com cronômetro digital. Os dados foram tabulados. Todo o processo foi registrado por vídeo e realizado por apenas um avaliador.

calculou-se o número de ciclos para fratura pela fórmula matemática:

$$NCF = \frac{\text{tempo (segundos)} \times \text{velocidade de rotação}}{60}$$

Os comprimentos dos fragmentos de limas fraturadas foram calculados com uso de paquímetro digital. Os dados foram avaliados por meio dos testes Anova e Tukey HSD em um *software* (SPSS for Windows 20.0, Chicago, USA), com o estabelecimento do valor de $P < 0,05$, e o nível de significância foi ajustado para um nível de confiança de 95%.

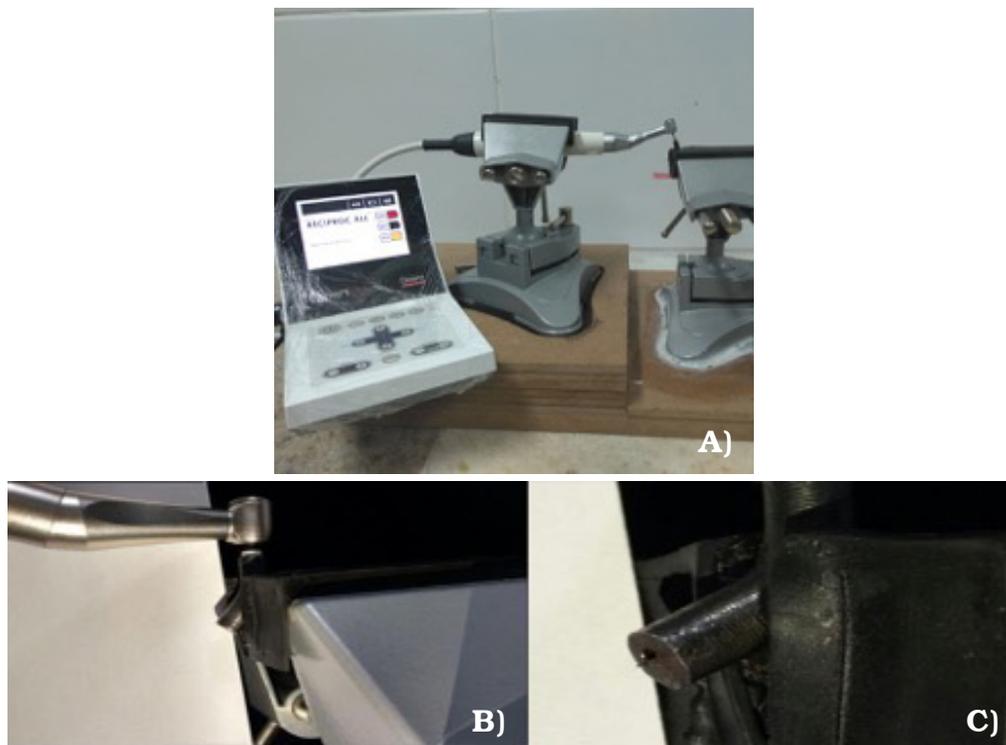


Figura 1 - A) Imagem representativa do experimento; B) imagem do motor elétrico e do tubo metálico acoplado ao dispositivo de fixação para garantir a estabilidade do conjunto e reprodução do experimento em todos os instrumentos; C) detalhe da lima acoplada ao canal simulado, mostrando que ela tinha sua ponta livre para a realização do movimento

Resultados

Os valores de média e desvio padrão do número de ciclos para fratura (NCF), tempo (em segundos) e comprimento do fragmento (em milímetros) estão expressos na tabela II.

Tabela II - Média e desvio padrão do número de ciclos para fratura (NCF), tempo para fratura em segundos (TF) e comprimento do fragmento (CF), em milímetros, nos seis grupos experimentais

| Grupo | NCF | TF | CF |
|---------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| | Média ± DP | Média ± DP. | Média ± DP. |
| Grupo 1 | 1087,5 ± 201,12 ^c | 217,50 ± 40,22 ^c | 9,16 ± 0,54 ^{ab} |
| Grupo 2 | 1098,33 ± 438,52 ^c | 219,67 ± 87,70 ^c | 9,31 ± 0,58 ^{ab} |
| Grupo 3 | 2975,83 ± 800,32 ^{ab} | 595,17 ± 160,06 ^{ab} | 8,88 ± 0,32 ^b |
| Grupo 4 | 2976,67 ± 1380,28 ^{ab} | 595,33 ± 276,06 ^{ab} | 9,84 ± 0,44 ^{ab} |
| Grupo 5 | 4348,75 ± 251,35 ^a | 745,50 ± 43,09 ^a | 9,5 ± 0,90 ^{ab} |
| Grupo 6 | 2361,53 ± 1715,12 ^{bc} | 404,83 ± 294,02 ^{bc} | 10,03 ± 0,40 ^a |

Legenda: Letras diferentes em cada coluna indicam que houve diferença estatisticamente significativa entre os valores das médias entre os grupos em cada variável estudada

Realizou-se teste estatístico Anova (SPSS for Windows 20.0, Chicago, USA), que determinou a existência de efeito estatístico entre os 6 grupos. O teste de Tukey HSD (SPSS for Windows 20.0, Chicago, USA) foi aplicado para identificar onde havia diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

Com relação às variáveis número de ciclos para fratura (NCF) e tempo para fratura (TF), a tabela II permite observar que as médias entre os grupos assumem valores bastante distintos. A lima Prodesign R25/06 apresentou desempenho superior em relação à resistência à fratura por fadiga cíclica quando comparada à lima Reciproc Blue R25, independentemente da cinemática em que ela foi aplicada e da angulação empregada. O grupo com melhor desempenho em relação às variáveis supradescritas foi o grupo 5 (Prodesign R25/06 em 45° na cinemática Wave One), enquanto o grupo 1 (Reciproc Blue R25 em 45° na cinemática Reciproc All) foi o que apresentou o pior desempenho.

Além desses achados, as limas Prodesign R, quando acionadas em cinemática Reciproc All nas duas angulações (grupos 3 e 4) e quando acionadas na cinemática Wave One em 45° (grupo 5), não diferiram estatisticamente entre si. No entanto foram superiores estatisticamente às limas Reciproc Blue (grupos 1 e 2) e à própria Prodesign R na cinemática Wave One em 60° (grupo 6). Essas três últimas (grupos 1, 2 e 6) não diferiram estatisticamente entre si.

Com relação à variável comprimento do fragmento em milímetros (CF), a tabela II permite notar que as médias entre os grupos assumem valores aproximados, existindo diferença estatisticamente significativa apenas entre os grupos 3 (Prodesign R em 45° na cinemática Reciproc All) e 6 (Prodesign R em 60° na cinemática Wave One).

Discussão

No presente estudo fez-se o teste de resistência à fratura por fadiga cíclica de limas Reciproc Blue R25 e Prodesign R 25/06 em dispositivos que simulam canais radiculares com curvatura de 45° e 60°. Foram negadas três das hipóteses nulas do trabalho, pois a Prodesign R 25/06 se mostrou superior à Reciproc Blue R25 e, quando testada na cinemática Wave One em 45°, se apresentou superior em 60°. Além disso, houve diferença significativa entre o comprimento do fragmento fraturado das limas ao se aplicar o ensaio utilizando ângulos diferentes do tubo metálico que simulou canais curvos. No entanto uma hipótese nula foi confirmada, uma vez

que a cinemática aplicada à lima ProDesign R 25/06 não influenciou a resistência desse instrumento à fratura por fadiga cíclica.

Os dentes naturais são hipoteticamente os melhores espécimes para avaliar a resistência à fratura por fadiga cíclica das limas de níquel-titânio [3]. Todavia, por causa da difícil padronização, das diferenças no comprimento do canal, grau, raio de curvatura e dureza dentinária, os canais artificiais têm sido amplamente utilizados em estudos laboratoriais, assegurando, assim, a sua padronização [1, 4, 9, 22].

A metodologia que norteia os testes de resistência à fratura baseia-se na premissa de que os instrumentos devem ser acionados, mediante cinemática desejada, até a ocorrência da fratura. Vários estudos anteriores empregaram metodologias semelhantes, avaliando a fratura por fadiga cíclica de várias limas endodônticas mecanizadas, acionadas em cinemática recíproca sob diferentes angulações, utilizando como parâmetro o tempo para a fratura (TF) e número de ciclos para a fratura (NCF) [11, 14-16].

A resistência à fratura por fadiga cíclica depende de vários fatores, como diâmetro do instrumento, massa de metal, flexibilidade, seção transversal e liga de NiTi [18]. Diferentes seções podem influenciar os resultados de testes de resistência à fratura de instrumentos, pois quanto maior a área maior a rigidez à flexão e torção, o que pode favorecer a fratura dos instrumentos. A Prodesign R tem uma seção transversal em forma de S modificada, o que proporciona duas superfícies de contato nas paredes dos canais radiculares. A Reciproc Blue tem a mesma seção das suas antecessoras Reciproc, e muito semelhante morfológicamente à Prodesign R. No entanto esta possui conicidade menor, o que, pelo menos em tese, poderia favorecer uma maior resistência à fratura por fadiga cíclica [14].

Uma maior quantidade de trabalhos investigou as limas Reciproc Blue [1, 2, 6, 11, 12, 15, 16, 20, 21]. As limas Prodesign R, no entanto, quando estudadas e comparadas a outros sistemas, mostraram-se superiores em relação à resistência à fratura por fadiga cíclica [1, 2, 20]. Tal fato foi observado, apesar de não haver uma padronização do ângulo do dispositivo utilizado ou do raio de curvatura entre os trabalhos. O presente trabalho corroborou esses achados, entretanto os estudos anteriores não avaliaram esse instrumento em dois ângulos diferentes e não o testaram em cinemáticas diferentes, apenas na programação do motor Reciproc All.

No presente estudo os instrumentos foram avaliados mediante preparo em dois ângulos

diferentes, o que permitiu analisar se o grau de curvatura poderia influenciar a resistência à fratura. Além disso, as limas Prodesign R foram testadas em duas cinemáticas diferentes: Reciproc All e Wave One, o que permite analisar se poderia haver uma influência da cinemática aplicada ao instrumento em relação à sua resistência à fratura.

A lima Prodesign R em 45° na cinemática Wave One (grupo 5) diferiu estatisticamente do grupo 6, em que ela foi submetida ao ângulo de 60°. Tal fato, ou seja, o ângulo influenciar a resistência à fratura em um mesmo instrumento, só foi observado de maneira significativa entre esses dois grupos, não nos demais (entre os grupos 1 e 2 / grupos 3 e 4). Esse achado pode ser explicado pelo fato de a cinemática utilizada nos grupos 5 e 6 ser Wave One, o que determina uma velocidade maior (350 RPM) e ângulos de avanço e recuo com maior amplitude do que os da cinemática Reciproc All (empregada nos grupos 1 e 2 / grupos 3 e 4).

As cinemáticas diferentes aplicadas às limas Prodesign R (Reciproc All e Wave One) não influenciaram a resistência à fratura desses instrumentos. Tal fato descarta a hipótese de que poderia influenciar. Em ambos os ângulos de preparo (45° e 60°) não houve diferença estatisticamente significativa entre as cinemáticas Reciproc All e Wave One (grupos 3, 4, 5 e 6). Portanto, outra variável poderia ser mais decisiva no momento da escolha de qual cinemática aplicar a esse instrumento. Talvez um teste de fratura torsional pudesse ser aplicado para tal fim.

Em relação ao NCF e TF, os trabalhos apresentam resultados bem distintos. Gündoğar e Özyürek [11] obtiveram, em ângulo de preparo de 60°, um valor médio de 2.875 NCF (TF: 575 segundos) da lima Reciproc Blue. Özyürek *et al.* [15] obtiveram, em ângulo de 45°, TF de 806 segundos (NCF: 4.030) para a fratura desse instrumento. Ambos os resultados foram bem superiores aos obtidos no presente trabalho.

Outros estudos avaliaram os mesmos instrumentos Reciproc Blue em angulação de 60° e obtiveram resultados mais próximos aos do presente trabalho. De-Deus *et al.* [6] obtiveram um valor médio de 1600 NCF (TF: 320 segundos), enquanto Özyürek *et al.* [16] obtiveram 1800 NCF (TF: 360 segundos) [16]. Topçuoğlu *et al.* [21] também tiveram resultados semelhantes aos do presente estudo para o instrumento Reciproc Blue em 45° (1911 NCF / TF: 382 segundos) e em 60° (1707 NCF / TF: 341 segundos). Diante dos resultados aqui mencionados, pode-se observar que o presente estudo obteve média de NCF e

TF do instrumento semelhante à dos trabalhos supracitados, independentemente da angulação do tubo metálico simulador de canais curvos.

A escolha desses ângulos para realização do experimento se deu por dois motivos: uma série de trabalhos os utilizaram, o que permitiria uma comparação mais apropriada; ângulos menores ou maiores não representam a prevalência dos casos de curvaturas enfrentadas nos casos clínicos tratados.

Os estudos que avaliam fratura por fadiga cíclica podem expressar seus resultados em tempo para fratura (TF) do instrumento em segundos [6, 13, 15, 20, 21] ou número de ciclos para a fratura (NCF) [11, 15, 20]. No presente estudo, os resultados foram expressos com as duas grandezas. Muito embora para o clínico que realiza o tratamento possa parecer bem mais acessível o resultado expresso em tempo, o resultado convertido em ciclos parece ser uma estratégia a mais na análise das fraturas dos instrumentos endodônticos. Caso haja o desenvolvimento de motores com controle do número de ciclos para a fratura por fadiga de cíclica, esses dados se tornariam de extrema importância no descarte de instrumentos utilizados mais de uma vez.

Com relação aos comprimentos de fragmentos (CF), pode-se observar uma proximidade entre os resultados, tendo sido notada diferença estatística apenas entre os grupos 3 e 6 (Prodesign R em 45° e 60°, respectivamente). Ao se considerar as médias dos comprimentos dos fragmentos fraturados, notou-se que os valores foram aproximados aos do comprimento da porção curva do canal simulado. Ou seja, em média, as limas fraturaram em um nível de seu corpo próximo ao final do segmento reto e início do segmento curvo do canal. Tal achado corrobora com o que se observa em outros estudos [2, 11, 13] e na clínica diária: instrumentos acionados a motor geralmente fraturam no nível em que a curvatura do canal se inicia.

Os resultados encontrados na literatura relacionados à resistência à fratura por fadiga cíclica das limas de NiTi tratadas termicamente são distintos. Provavelmente diferentes variáveis aplicadas às várias metodologias empregadas podem colaborar para o fato. Como não há um protocolo que padronize os experimentos, faz-se uso de diversos dispositivos para avaliar o seu comportamento mecânico. Logo, é necessária uma padronização internacional para ensaios de fratura por fadiga cíclica em instrumentos rotatórios e reciprocantes de NiTi, visando, assim, assegurar a uniformidade do método utilizado [8].

Conclusão

As limas Prodesign mostraram-se superiores às Reciproc Blue em relação à resistência à fratura por fadiga cíclica. A cinemática Wave One aplicada aos instrumentos Prodesign R obteve melhores resultados que a Reciproc All, no entanto sem significância estatística. O ângulo de curvatura do canal não influenciou estatisticamente a fratura, exceto para o instrumento Prodesign R na programação Wave One, em que o ângulo de 45° obteve resultados estatisticamente superiores. Por fim, houve diferença entre os comprimentos dos fragmentos fraturados das limas, em especial entre os grupos 3 e 6.

Referências

- Alcalde MP, Tanomaru-Filho M, Bramante CM, Duarte MAH, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilo-Pinto J et al. Cyclic and torsional fatigue resistance of reciprocating single files manufactured by different nickel-titanium alloys. *J Endod.* 2017;43(7):1186-91.
- Alcalde MP, Duarte MAH, Bramante CM, Vasconcelos BC, Tanomaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru JM et al. Cyclic fatigue and torsional strength of three different thermally treated reciprocating nickel-titanium instruments. *Clin Oral Investig.* 2018;22(4):1865-71.
- Bürklein S, Flöch S, Schäfer E. Shaping ability of reciprocating single-file systems in severely curved canals: WaVeOne and Reciproc Versus WaVeOne Gold and Reciproc blue. *Odontology.* 2019;107(1):96-102.
- Capar ID, KaVal ME, Ertas H, Sen BH. Comparison of the cyclic fatigue resistance of 5 different rotary pathfinding instruments made of conventional nickel-titanium wire, M-wire, and controlled memory wire. *J Endod.* 2015;41(4):535-8.
- De-Deus G, Leal Vieira VT, Nogueira da Silva EJ, Lopes H, Elias CN, Moreira EJ. Bending resistance and dynamic and static cyclic fatigue life of Reciproc and Wave One large instruments. *J Endod.* 2014;40(4):575-9.
- De-Deus G, Silva EJNL, Vieira VTL, Belladonna FG, Elias CN, Plotino G et al. Blue thermomechanical treatment optimizes fatigue resistance and flexibility of the reciproc files. *J Endod.* 2017;43(3):462-6.
- De-Deus G, Moreira EJJL, Lopes HP, Elias CN. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. *Int Endod J.* 2010;43(12):1063-8.
- Gambarini G. Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after prolonged clinical use. *Int Endod J.* 2001;34(5):386-9.
- Gambarini G, Gergi R, Naaman A, Osta N, Al Sudani D. Cyclic fatigue analysis of twisted file rotary NiTi instruments used in reciprocating motion. *Int Endod J.* 2012;45(9):802-6.
- Gavini G, Caldeira CL, Akisue E, Candeiro GTDM, Kawakami DAS. Resistance to flexural fatigue of reciproc R25 files under continuous rotation and reciprocating movement. *J Endod.* 2012;38(5):684-7.
- Gündoğar M, Özyürek T. Cyclic fatigue resistance of OneShape, HyFlex EDM, WaVeOne Gold, and Reciproc Blue nickel-titanium instruments. *J Endod.* 2017;43(7):1192-6.
- Keskin C, Sarıyılmaz E, Demiral M. Shaping ability of reciproc blue reciprocating instruments with or without glide path in simulated s-shaped root canals. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2018;12(1):63-7.
- Keskin C, Inan U, Demiral M, Keleş A. Cyclic fatigue resistance of Reciproc Blue, Reciproc, and WaVeOne Gold reciprocating instruments. *J Endod.* 2017;43(8):1360-3.
- Menezes SEAC, Batista SM, Lira JOP, de Melo Monteiro GQ. Cyclic fatigue resistance of waVeone gold, prodesign R and prodesign logic files in curved canals in vitro. *Iran Endod J.* 2017;12(4):468-73.
- Özyürek T, Gündoğar M, Uslu G, Yılmaz K, Staffoli S, Nm G et al. Cyclic fatigue resistances of Hyflex EDM, WaVeOne gold, Reciproc blue and 2shape NiTi rotary files in different artificial canals. *Odontology.* 2018;106(4):408-13.
- Özyürek T, Uslu G, Yılmaz K, Gündoğar M. Effect of glide path creating on cyclic fatigue resistance of Reciproc and Reciproc Blue nickel-titanium files: a laboratory study. *J Endod.* 2018;44(6):1033-7.
- Pedullà E, Grande NM, Plotino G, Palermo F, Gambarini G, Rapisarda E. Cyclic fatigue resistance of two reciprocating nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite. *Int Endod J.* 2013;46(2):155-9.

18. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod.* 2013;39(2):163-72.
19. Silva EJNL, Rodrigues C, Vieira VTL, Belladonna FG, De-Deus G, Lopes HP. Bending resistance and cyclic fatigue of a new heat-treated reciprocating instrument. *Scanning.* 2016;38(6):837-41.
20. Silva EJNL, Vieira VTL, Hecksher F, dos Santos Oliveira MRS, dos Santos Antunes H, Moreira EJM. Cyclic fatigue using severely curved canals and torsional resistance of thermally treated reciprocating instruments. *Clin Oral Investig.* 2018;22(7):2633-8.
21. Topçuoğlu HS, Topçuoğlu G, Kafdağ, Arslan H. Cyclic fatigue resistance of new reciprocating glide path files in 45- and 60-degree curved canals. *Int Endod J.* 2018;51(9):1053-8.
22. Wan J, Rasimick BJ, Musikant BL, Deutsch AS. A comparison of cyclic fatigue resistance in reciprocating and rotary nickel-titanium instruments. *Aust Endod J.* 2011;37(3):122-7.
23. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J.* 2008;41(4):339-44.