

Centro Universitário do Sagrado Coração

Centro de ciências da Saúde

José Francisco Pinezi Barbieri de Toledo

**Avaliação da resistência à fadiga cíclica e torcional dos instrumentos
reciprocantes Unicone 25.06 e Unicone Plus 25.06**

Bauru

2021

José Francisco Pinezi Barbieri de Toledo

**Avaliação da resistência à fadiga cíclica e torcional dos instrumentos
reciprocantes Unicone 25.06 e Unicone Plus 25.06**

Projeto de iniciação científica desenvolvido no
Centro de Ciências da Saúde – Curso
Odontologia, da Centro Universitário do Sagrado
Coração

Orientador: Prof. Dr. Murilo Priori Alcalde

Bauru

2021

Ficha catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

T649a	<p>Toledo, Jose Francisco Pinezi Barbieri de</p> <p>Avaliação da resistência à fadiga cíclica e torcional dos instrumentos reciprocantes Unicone 25.06 e Unicone Plus 25.06 / Jose Francisco Pinezi Barbieri de Toledo. -- 2021. 26f. : il.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Murilo Priori Alcalde</p> <p>Monografia (Iniciação Científica em Odontologia) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP</p> <p>1. Endodontia. 2. Níquel-Titânio. 3. Fadiga cíclica. 4. Fadiga torcional. I. Alcalde, Murilo Priori. II. Título.</p>
-------	---

Elaborado por Lidyane Silva Lima - CRB-8/9602

Dedicatória

Dedico esse trabalho a Deus, aos meus familiares, minha mãe Silvia, meu padrasto Rodrigo, aos meus irmãos Bianca e Sylvio, meus avós Guiomar e Waldemir, em especial a minha namorada Ana Maude pelo carinho e incentivo e minha gata Penélope pelas noites em claro. Agradecer também meu orientador Murilo Priori Alcalde e todos aqueles que me ajudaram de forma direta e indiretamente a concluir este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer e dedicar esse trabalho primeiramente a Deus, por ser a razão do meu viver;

Aos meus familiares, minha mãe Silvia, meu padrasto Rodrigo, aos meus irmãos Bianca e Sylvio, meus avós
Guiomar e Waldemir;

A minha namorada, pelo carinho, incentivo, compreensão e constante apoio;

A minha gata Penélope, pelas companhia e noites em claro que passamos;

Aos professores e em especial meu orientador Murilo Priori Alcalde

E a todos aqueles que me ajudaram de forma direta e indiretamente a concluir este trabalho, todos que tiveram paciência comigo em momentos de tensão e de empenho e me ajudaram a conseguir até hoje o que tenho na vida.

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência à fadiga cíclica e torcional dos instrumentos recíprocos Unicone 25.06 e Unicone Plus 25.06 (Medin, Lachovická, República Tcheca). O teste de fadiga cíclica foi realizado em um canal artificial, com curvatura de 60° e 5 mm, de raio com a finalidade de avaliar o número de ciclos necessário para a fratura (n=10). O ensaio de torção foi utilizado um total de 20 instrumentos (n=10) e realizado de acordo com a especificação ISO 3630-1. Este teste teve como o objetivo de avaliar o torque (N.cm) e a deflexão angular (°) necessária para a fratura dos 3 mm da ponta dos instrumentos. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente pelo teste Koromonov-Smirnov com a finalidade de analisar se houve distribuição normal dos dados obtidos. Então, foi realizado o teste *t* não pareado para analisar dados de fadiga cíclica e torcional, considerando um nível de significância de 5%. Ao final, todos os instrumentos tiveram a superfície fraturada avaliada em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) com a finalidade de avaliar a característica topográfica da superfície. O resultado da fadiga cíclica demonstrou que o instrumento Unicone Plus 25.06 apresentou significativamente maior número de ciclos para a fratura em comparação com o Unicone 25.06 (P<0.05). Os resultados do teste de fadiga torcional demonstraram que o instrumento Unicone Plus 25.06 apresentou significativamente menor torque e maior deflexão angular para a fratura em comparação com o Unicone 25.06 (P<0.05). Podemos concluir que o tratamento térmico apresentado no instrumento Unicone Plus 25.06 aumentou a resistência a fadiga cíclica e a deflexão angular em comparação com o Unicone 25.06. Por outro lado, a resistência ao torque foi reduzida.

Palavras-chave: Endodontia, Níquel-Titânio, Fadiga cíclica, Fadiga torcional.

Abstract

The aim of this study were to evaluate the cyclic and torsional fatigue resistance of reciprocating instruments Unicone 25.06 e Unicone Plus 25.06 (Medin, Lachovická, Czech Republic). The cyclic fatigue test was performed in artificial canal, 60° angle and 5 mm radius of curvature, to determine the number of cycles to fatigue. The torsional test used a total of 20 instruments (n=10), according the ISO 3630-1. This test evaluated the torsional strength (N.cm) and angular deflection (°) to instruments fracture at 3 mm from the tip. The data were examined using the Koromonov-Smirnov test for analyze the normality of distribution. Then, the data were analyzed using unpaired t-test, and the level of significance was set at 5%. All the instruments were assessed by scanning electron microscopy (SEM) to evaluate the topographic features of the fractured surface of the instruments. The results of cyclic fatigue showed that Unicone Plus 25.06 had significant higher numero f cycles to fracture than Unicone 25.06 (P<0.05). Regarding the torsional test, the Unicone Plus 25.06 presented significant lower torque and higher angular deflection to fracture than Unicone (P<0.05). The thermal treatment of Unicone Plus 25.06 increased tha number of cycles and angular deflection to fracture in comparison with Unicone 25.06. However, the torcional resistance was reduced.

Keywords: Endodontics, Nickel-Titanium, Cyclic fatigue, Torsional Fatigue.

Sumário

1.	Introdução.....	9
2.	Proposição.....	12
3.	Material e Métodos	15
4.	Resultados.....	19
5.	Discussão.....	21
6.	Conclusão.....	23
7.	Referência Bibliográfica.....	24

1. Introdução

Os instrumentos mecanizados de Níquel-Titânio (NiTi) tem sido amplamente utilizados para o preparo de canais radiculares curvos devido sua alta flexibilidade, proporcionando segurança e baixo risco de erros de instrumentação ou fratura de instrumentos (Shen et al., 2013; Kaval et al., 2016). No entanto, a fratura dos instrumentos continua sendo uma preocupação para o clínico. Os instrumentos mecanizados de NiTi podem fraturar por duas causas: fadiga cíclica e torsional (Sattapan 2000; Pedulla et al. 2016).

A fadiga cíclica ocorre quando os instrumentos encontram-se em rotação no interior do canal radicular curvo e são submetidos a forças de tensão e contração, no seu ponto máximo de flexão, o que pode levar a ruptura da liga metálica (Sattapan 2000; Pedulla et al. 2016). A fadiga torsional ocorre quando a ponta do instrumento fica aprisionada nas paredes dentinárias e o instrumento continua seu movimento de rotação, o que pode levar a uma deformação plástica e/ou ruptura do instrumento (Sattapan 2000; Pedulla et al. 2016). Por isso, os fabricantes tentaram desenvolver diversas modificações nos instrumentos mecanizados de NiTi com o objetivo de otimizar suas propriedades mecânicas, tais como: novos designs dos instrumentos, processo de fabricação, novas cinemáticas e diferentes tratamentos térmicos da liga de NiTi (Shen et al., 2013; Kaval et al., 2016; Pedulla et al., 2016; Karatas et al., 2016; Ozyurek et al., 2016, Zupanc et al., 2018).

O tratamento térmico do NiTi proporciona um melhor arranjo da estrutura cristalina da liga metálica, o que favorece o aparecimento da fase R ou martensítica, fases responsáveis pela super flexibilidade da liga (Shen et al., 2013; Kaval et al., 2016; Zupanc et al., 2018). Geralmente, os tratamentos térmicos proporcionam maior flexibilidade, maior resistência à fadiga cíclica e maior capacidade de formação dos instrumentos quando comparador com o NiTi convencional (Shen et al., 2013; Zupanc et al., 2018).

A cinemática recíproca tem demonstrado ser uma ser mais segura do que a rotação contínua no preparo de canais radiculares curvos, pois reduz o estresse cíclico e torcional (De-Deus et al., 2010; Kim et al., 2011; Pedulla et al., 2016; Ozyuek et al., 2016). Atualmente, há diversos sistemas recíprocos confeccionados com NiTi tratado termicamente. O Reciproc Blue (RB, VDW, Munique, Alemanha) e Wave-One Gold (WOG, Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça) são os sistemas recíprocos mais conhecidos e utilizados mundialmente.

Outro sistema presente no mercado, porém com menos expressão que os citados anteriormente, é o sistema Unicone. Este sistema é composto por três instrumentos com diâmetros #20, #25 e #40, seção triangular e conicidade 0.06. Além disso, os instrumentos são fabricados com NiTi tratado termicamente, visando propiciar maior flexibilidade e segurança durante seu uso. Estudos prévios compararam a resistência à fadiga cíclica e torcional dos instrumentos 25.06 do sistema Unicone com instrumentos Reciproc, Wave-One e Prodesign R, os autores demonstraram que o Unicone apresentava uma resistência à fadiga cíclica inferior aos demais instrumentos. No entanto, o Unicone apresentava maior torque para a fratura (Silva et al., 2016, de Almeida-Gomes et al., 2016, Alcalde et al., 2017).

Tendo em vista o exposto acima, o fabricante deste sistema recíproco desenvolveu um novo sistema chamado Unicone Plus, o qual apresentava características geométricas (diâmetros dos instrumentos, seções transversais) idênticas ao sistema Unicone, porém, os instrumentos foram confeccionados com um novo tratado térmico. Segundo o fabricante, este novo tratamento térmico proporciona uma maior flexibilidade instrumentos devido a maior presença de fase R e martensítica. Porém, não há nenhum estudo comparando as propriedades mecânicas dos instrumentos 26.06 Unicone Plus com o Unicone que possam confirmar essas informações.

Estudos prévios demonstraram que as propriedades mecânicas dos instrumentos mecanizados de NiTi podem ser modificadas quando em contato com a temperatura corporal, pois há modificação na transformação das fases austenítica e martensítica (de Vasconcelos et al., 2016; Jamleh et al., 2016; Dosanjh et al., 2017, Kymus et al., 2018). Portanto, os testes de fadiga cíclica devem ser sempre realizados na temperatura corporal na tentativa de avaliar o comportamento mecânico dos instrumentos

no interior dos canais radiculares (de Vasconcelos et al., 2016; Jamleh et al., 2016; Dosanjh et al., 2017, Kymus et al., 2018).

Diante do exposto, torna-se oportuno a avaliação das propriedades de fadiga cíclica e torcional do instrumento 25.06 do sistema Unicone Plus em comparação Unicone com a finalidade de confirmar a hipótese do fabricante das melhores propriedades mecânicas deste sistema.

Proposição

2. Proposição

O objetivo do presente estudo foi avaliar:

- 1- A resistência a fadiga cíclica (tempo e número de ciclos para a fratura) dos instrumentos reciprocantes Unicone 25.06 e Unicone Plus 25.06
- 2- A resistência torcional (torque e o ângulo de rotação para a fratura) dos instrumentos reciprocantes Unicone 25.06 e Unicone Plus 25.06
- 3- As características topográficas da superfície fraturada dos instrumentos submetidos ao teste de torção e resistência a fadiga cíclica.

Material e Métodos

3. Material e métodos

Para realização ensaios mecânicos foi realizado um cálculo amostrar empregando o programa G*Power v3.1 for Mac (Heinrich Heine University Düsseldorf (HHU) selecionando o test de Wilcoxon- Mann-Whitney da família do Test t. O erro do tipo alfa de 0,05, a potência beta 0,95 e uma razão N2/N1 de 1 também foram estipulados. Um total de 10 espécimes por grupo foi indicado como o tamanho amostral ideal.

3.1 Ensaio de torção

Para este teste foram utilizados um total 20 instrumentos (n=10). Os testes de torção serão realizados de acordo com a especificação ISO 3630-1 (International Organization for Standardization, 1992) e foi descrita previamente por estudo prévios (Alcalde et al. 2017; Alcalde et at. 2018). A máquina de torção encontra-se localizada no Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Odontológicos da Faculdade de Odontologia de Bauru (Figura 1A). Este equipamento permite avaliar o torque (N.cm) e a deflexão angular (°) necessária para a fratura dos instrumentos.

Para este ensaio foram utilizados um total de 20 instrumentos (n=10) dos sistemas reciprocantes Unicone 25.06 e Unicone Plus 25.06. Previamente aos testes, todos os instrumentos tiveram os mandris removidos para possibilitar a fixação na máquina de torção. Então, as extremidades dos instrumentos foram fixadas em mandris parafusáveis, sendo os primeiros 3 mm da ponta do instrumento fixada em mandril acoplado a uma célula de torque e a outra, em um mandril conectado a um motor de engrenagem reversível (Figura 1B).

Para iniciar o teste de torção, o motor reversível foi ativado por software especificamente projetado para esta máquina (Analógica, Belo Horizonte, Brazil), o qual promoveu uma rotação no sentido anti-horário com velocidade de 2 rotações por minuto (RPM) para todos os grupos. Concomitantemente a rotação do motor, o software forneceu os valores de torque (N.cm) necessário para a fratura do instrumento e a angulação (°) realizada pelo motor até que haja a fratura do instrumento, a qual foi automaticamente detectada pelo equipamento, paralisando a rotação do motor. Então, os valores adquiridos pelo software foram exportados para uma planilha no Excel e será anotado o valor de torque máximo e da a angulação realizada pelo motor no momento da fratura do instrumento (Figura 2).

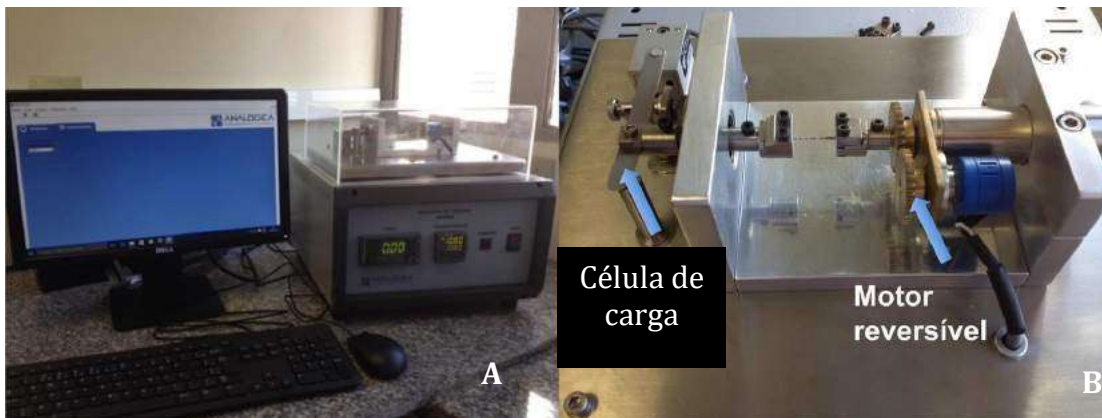


Figura 1: (A) Máquina de ensaio de torção; (B) Instrumento mecanizado de NiTi acoplado a célula de carga e ao motor reversível.



Figura 2: Imagem do software que fornecerá os valores de torque máximo (N.cm) e deflexão angular ($^{\circ}$) para a fratura dos instrumentos.

3.2 Ensaio de fadiga cíclica

Para realização dos ensaios de fadiga cíclica, foram utilizados um total de 20 instrumentos (n=10): Unicone 25.06 e Unicone Plus 25.06. Previamente aos ensaios mecânicos, todos os instrumentos foram inspecionados para avaliar possíveis defeitos ou deformidades em estereomicroscópio (Stemi 2000C; Carls Zeiss, Jena, Alemanha) com 16X de magnificação.

O teste de fadiga cíclica foi realizado em um aparato que simula uma curvatura de um canal artificial de aço inoxidável com 60° de curvatura e 5 mm de raio, como descrito previamente por Alcalde et al. (2018) e Klymus et al. (2018) (Fig 4). A curvatura do canal foi ajustada por meio de um cilindro guia (5 mm de raio) e por um arco externo que apresenta um sulco de 1 mm de profundidade, o qual serviu como guia para os instrumentos e os manterão na curvatura girando livremente.

Foi acoplado neste aparato um motor elétrico VDW Silver Reciproc (VDW, Munique, Alemanha) e os instrumentos foram acionados com movimento recíprocos “WAVE ONE ALL”. Durante o teste, foi mensurada o tempo necessário até a fratura do instrumento, isto foi aferido por meio de um cronômetro digital e conformado por uma filmagem realizada concomitantemente ao teste. Após a mensuração do tempo para fratura, foi calculado o número de ciclos por meio do seguinte cálculo: tempo para a fratura (em segundos) X velocidade (rotação por minuto)/ por 60.



Figura 3: Imagem representativa do aparato de fadiga cíclica que será utilizado no ensaio.

3.3 Avaliação da superfície dos instrumentos em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Esta etapa teve como objetivo avaliar característica topográficas das superfícies fraturadas dos instrumentos submetidos ao teste de torção e fadiga cíclica. Todos os instrumentos serão levados ao microscópio eletrônico de varredura (MEV (JSM –T220A, Jeol, Tóquio, Japão) disponível no departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Odontológicos na Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo. Os instrumentos foram avaliados com um aumento inicial de 150x para o teste de fadiga cíclica e com 200x e 1000x no centro da superfície para o teste de fadiga torcional.

3.4 Análise-estatística

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente pelo teste Koromonov-Smirnov com a finalidade de analisar se houve distribuição normal dos dados obtidos. Então, foi realizado o teste t não pareado para analisar dados de fadiga cíclica e torcional, considerando um nível de significância de 5%.

4. Resultados

Teste de Fadiga cíclica e torcional

Os resultados dos testes de fadiga cíclica e torcional estão demonstrados na tabela 1. O resultado do teste de fadiga cíclica demonstrou que o instrumento Unicone Plus 25.06 (UCP 25.06) apresentou um número de ciclos significativamente maior para a fratura em comparação com Unicone 25.06 (UC 25.06) ($P < 0.05$). Em relação ao teste de fadiga torcional, os resultados obtidos demonstraram que o instrumento Unicone Plus 25.06 apresentou significativamente menor torque e maior deflexão angular em comparação com o Unicone 25.06 ($P < 0.05$).

Tabela 1. Valores do número de ciclos (NCF), Torque (N.cm) e deflexão angular ($^{\circ}$) dos instrumentos avaliados.

Instrumentos	Fadiga Cíclica		Fadiga Torcional			
	NCF		Torque (N.cm)		Deflexão angular ($^{\circ}$)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
UCP 25.06	1489 ^a	72.61	1.25 ^a	0.112	340.8 ^b	15.86
UC 25.06	452 ^b	56.96	1.54 ^b	0.075	271.4 ^a	11.80

Diferentes letras minúsculas nas colunas significam diferença estatisticamente significativa; nível de significância de 5%

Análise em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A análise em MEV demonstrou características típicas de fadiga cíclica e torcional nos instrumentos utilizados. Os instrumentos da fadiga cíclica apresentaram superfície porosa e aspectos de micro cavidades espelhada por toda a superfície (figura 1A e D) . Os instrumentos de fadiga torcional apresentaram apenas abrasão concêntrica na parte central do instrumento (Figura 1 B, C, E e F).

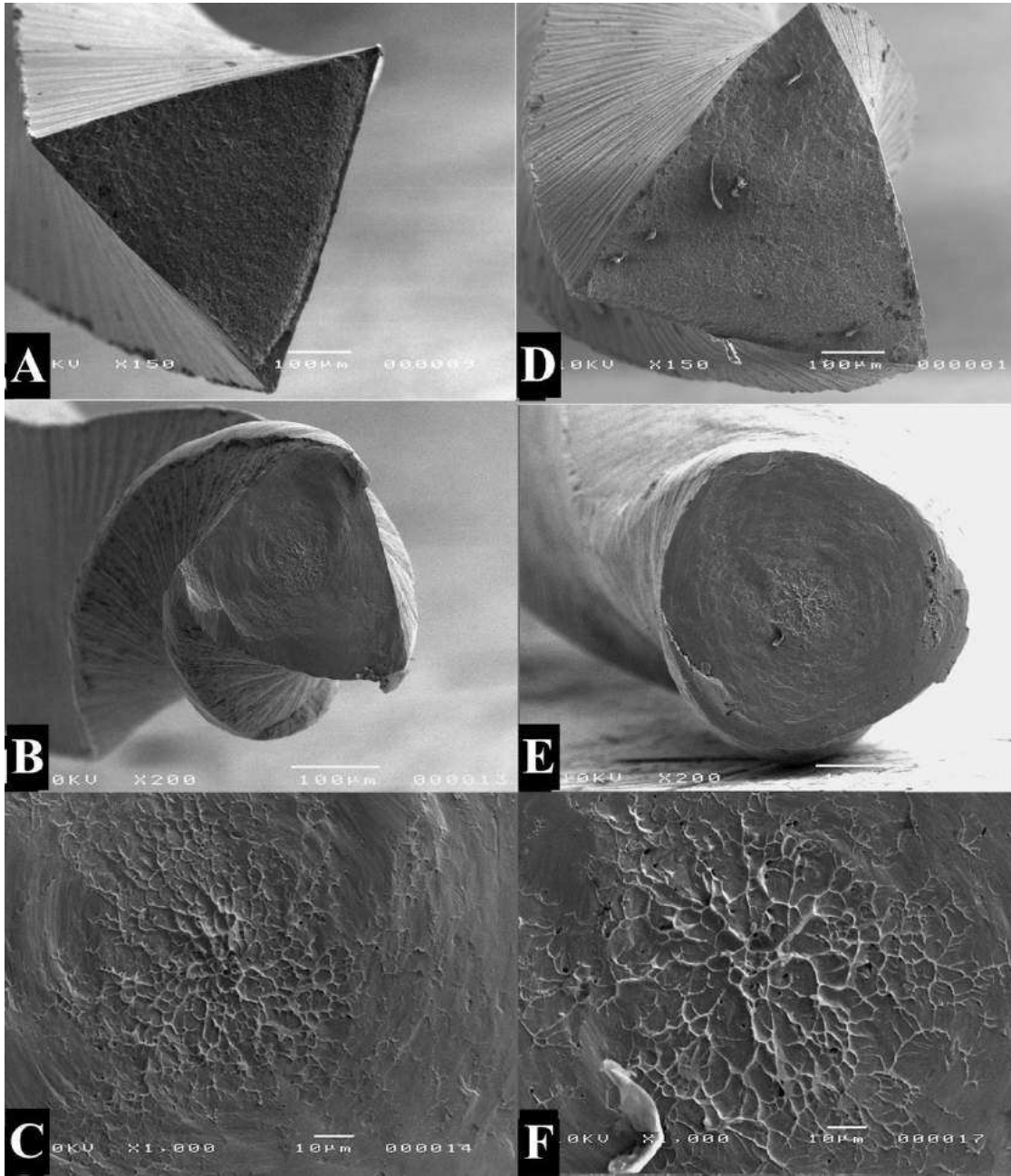


Figura 4: Imagem de microscopia de varredura dos instrumentos fraturados nos testes de fadiga cíclica e torcional. As imagens A, B e C são do instrumento Unicore Plus 25.06 no após fadiga cíclica em torcional, respectivamente. As imagens D, E e F são do instrumento Unicore 25.06 após os ensaios de fadiga cíclica e torcional, respectivamente.

5. Discussão

As propriedades mecânicas dos instrumentos mecanizados de NiTi são dependentes de cinemática (De-Deus et al., 2010), design dos instrumentos (conicidade, secção transversal, diâmetro de núcleo) (Kaval et al., 2016; Alcalde et al., 2018) e tratamentos térmicos da liga de NiTi (Pedulla et al., 2016; Kaval et al., 2016; Alcalde et al., 2018). Por isso, a comparação das propriedades mecânicas de instrumentos torna-se algo complexo, tendo em vista a diversas variáveis presentes.

Neste estudo avaliou-se a resistência à fadiga cíclica e torcional de 2 instrumentos reciprocantes com design idêntico, no entanto, com diferentes tratamentos térmicos. Os instrumentos utilizados neste estudo apresentam diâmetro de ponta #25, secção transversal triangular e conicidade fixa 0.06 mm/mm. De acordo com o fabricante, a proposta foi desenvolver um instrumentos mais flexível e mais seguro para o preparo dos canais radiculares. Sendo assim, a única variável entre estes instrumentos, tornando essa comparação mais simples e menos complexa de ser realizada.

Os tratamentos térmicos tem o objetivo de aumentar a flexibilidade da liga de NiTi devido ao aumento da fase martensita ou R (Zupanc et al., 2019). Estudos prévios demonstraram que a maior presença de fase martensita ou R promove melhores propriedades na resistência a fadiga cíclica e maior deflexão angular (Kaval et al., 2016 Alcalde et al., 2018; Klymus et al., 2018). Os tratamentos térmicos das ligas de NiTi possuem forte influência no comportamento da transformação martensítica/austenítica (Zupanc et al., 2019). De acordo com o fabricante, o Unicone Plus 25.06 apresenta um novo tratamento térmico que aumentou a porcentagem de fase R e martensítica, consequentemente, maior flexibilidade ao instrumento em comparação com o Unicone 25.06.

Os resultados deste estudo demonstraram que o instrumento Unicone Plus 25.06 apresentou maior número de ciclos para a fratura e maior deflexão angular em comparação com o Unicone 25.06 ($P < 0.05$). Por outro lado, a resistência torcional (torque) foi significativamente menor ($P < 0.05$). Portanto, as propriedades mecânicas foram de fatos alteradas, como exposto pelo fabricante. A maior flexibilidade dos

instrumentos otimiza a dissipação da energia requerida para a formação e/ou a propagação de trincas durante o teste de fadiga cíclica (Shen et al., 2013; Pedulla et al., 2016; Alcalde et al., 2018). Além disso, a maior flexibilidade proporciona maior capacidade de deformação da liga de NiTi (deflexão angular) e uma redução na força necessária para fratura (torque) (Shen et al., 2013; Pedulla et al., 2016; Alcalde et al., 2018), explicando os resultados encontrados neste estudo.

A única diferença entre os instrumentos é a liga de NiTi empregada na fabricação. Portanto, baseados nos resultados encontrados e na literatura científica, o novo tratamento térmico do instrumento Unicone Plus 25.06 proporcionou um instrumento com maior flexibilidade em comparação ao 25.06. Estudos futuros empregando a metodologia de escaneamento de diferencial de calorimetria (DSC), permitindo analisar as fases presentes na liga de NiTi por meio de procedimentos endo ou exotérmicos, o que garantirá uma análise mais profunda e mais completa da composição da liga de NiTi.

A análise em Microscopia Eletrônica de Varredura mostrou características típicas da fadiga cíclica e torcional para ambos os instrumentos testados: após o teste de fadiga cíclica, todos os instrumentos avaliados mostraram áreas de iniciação de trincas e zonas de sobrecarga, com inúmeras ondulações espalhadas na superfície fraturada; após o teste de torção, os fragmentos apresentaram marcas concêntricas de abrasão e ondulações no centro de rotação (Alcalde et al., 2017; Alcalde et al., 2018).

A metodologia usada nesse estudo foi similar à do estudo de Klymus et al. (2018), o qual desenvolveu o teste de fadiga cíclica em um ambiente que simular a temperatura corporal. Além disso, este teste foi realizado no modelo estático, o que proporciona menor número de variáveis durante os testes, como a amplitude do movimento axial e a velocidade (De-Deus et al., 2010; Alcalde et al., 2018, Klymus et al., 2018). O teste de fadiga torcional foi realizado de acordo com a especificação ISO 3630/1, como em estudos anteriores (Alcalde et al., 2017; Alcalde et al., 2018). A distância de 3 mm da ponta foi escolhida porque é o ponto mais suscetível à fratura durante o prepare de canais radiculares estreitos. Ademais, a rotação anti-horária foi usada para todos os instrumentos porque essa é a direção de suas espirais.

1. CONCLUSÃO

Dentro das limitações desse estudo, pode-se concluir que o tratamento térmico empregado na fabricação do instrumento Unicone Plus 25.06 proporcionou maior flexibilidade, resultando em maior número de ciclos e deflexão angular para a fratura em comparação com o Unicone 25.06. Por outro lado, houve uma redução na resistência torcional (torque).

Referências Bibliográficas

Alcalde MP et al. Cyclic and Torsional Fatigue Resistance of Reciprocating Single Files Manufactured by Different Nickel-titanium Alloys. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 43, n. 7, p. 1186-1191, julho. 2017.

Alcalde MP et al. Cyclic fatigue and torsional strength of three different thermally treated reciprocating nickel-titanium instruments. **Clinical Oral Investigations**, Berlim, v. 22, n. 4, p. 1865-1871, maio. 2018.

Alcalde MP, Tanomaru-Filho M, Bramante CM, et al. Cyclic and Torsional Fatigue Resistance of Reciprocating Single Files Manufactured by Different Nickel-titanium Alloys. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 43, n. 7, p. 1186-1191, julho, 2017.

de Almeida-Gomes F, de Matos HR, Nunes RF, et al. Cyclic fatigue resistance of different continuous rotation and reciprocating endodontic systems. **Indian Journal of Dentistry Research**, Chennai, v. 27, n. 3, p. 278-282, maio-junho, 2016.

de Vasconcelos RA, Murphy S, Carvalho CA, Govindjee RG, Govindjee S, Peters OA. Evidence for Reduced Fatigue Resistance of Contemporary Rotary Instruments Exposed to Body Temperature. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 42, n. 5, p. 782-787, maio. 2016.

De-Deus G, Moreira EJ, Lopes HP, Elias CN. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. **International Endodontic Journal**, Londres, v. 43, n. 12, p. 1063-1068, dezembro. 2010.

Dosanjh A, Paurazas S, Askar M. The Effect of Temperature on Cyclic Fatigue of Nickel-titanium Rotary Endodontic Instruments. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 43, n. 5, p. 823-826, maio. 2017.

Jamleh A, Yahata Y, Ebihara A, Atmeh AR, Bakhsh T, Suda H. Performance of NiTi endodontic instrument under different temperatures. **International Endodontic Journal**, Londres, v. 104, n. 3, p. 324-328, setembro. 2016.

Karatas E, Arslan H, Buker M, Seckin F, Capar ID. Effect of movement kinematics on the cyclic fatigue resistance of nickel-titanium instruments. **International Endodontic Journal**, Londres, v. 49, n. 4, p. 361-436, abril. 2016

Kaval ME, Capar ID, Ertas H. Evaluation of the Cyclic Fatigue and Torsional Resistance of Novel Nickel-Titanium Rotary Files with Various Alloy Properties. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 42, n. 12, p. 1840-1843, dezembro. 2016.

Kim HC, Kwak SW, Cheung GS, Ko DH, Chung SM, Lee W. Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 38, n. 4, p. 541-54, abril. 2012.

Klymus ME, Alcalde MP, Vivan RR, So MVR, de Vasconcelos BC, Duarte MAH. Effect of temperature on the cyclic fatigue resistance of thermally treated reciprocating instruments. **Clinical Oral Investigations**, Berlim, novembro. 2018. doi: 10.1007/s00784-018-2718-1.

Ozyurek T. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc, WaveOne, and WaveOne Gold Nickel-Titanium Instruments. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 42, n. 10, p. 1536-1539, outubro. 2016.

Pedulla E, Lo Savio F, Boninelli S, Plotino G, Grande NM, La Rosa G, et al. Torsional and Cyclic Fatigue Resistance of a New Nickel-Titanium Instrument Manufactured by Electrical Discharge Machining. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 42, n. 1, p. 156-159, janeiro. 2016.

Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 26, n. 3, p. 161-165, março. 2000.

Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 39, n. 2, p. 163-172, fevereiro. 2013.

Silva EJ, Villarino LS, Vieira VT, et al. Bending Resistance and Cyclic Fatigue Life of Reciproc, Unicone, and WaveOne Reciprocating Instruments. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 42, n. 12, p. 1789-1793, dezembro, 2016.

Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schafer E. New thermomechanically treated NiTi alloys - a review. **International Endodontic Journal**, Londres, v. 51, n. 10, p. 1088-1103, outubro, 2018.

