

Centro Universitário do Sagrado Coração

Centro de ciências da Saúde

Júlia Lopes Telles Nunes

**Avaliação da resistência à fadiga cíclica e torcional dos instrumentos
rotatórios Logic 25.06 e Logic 2 25.05**

Bauru

2021

Júlia Lopes Telles Nunes

**Avaliação da resistência à fadiga cíclica e torcional dos instrumentos
rotatórios Logic 25.06 e Logic 2 25.05**

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

Júlia Lopes Telles Nunes

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

N972a	Nunes, Julia Lopes Telles Avaliação da resistência à fadiga cíclica e torcional dos instrumentos rotatórios Logic 25.06 e Logic 2 25.05 / Julia Lopes Telles Nunes. -- 2021. 27f. : il. Orientador: Prof. Dr. Murilo Priori Alcalde Monografia (Iniciação Científica em Odontologia) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP 1. Endodontia. 2. Níquel-Titânio. 3. Fadiga cíclica. 4. Fadiga torcional. I. Alcalde, Murilo Priori. II. Título.
-------	---

Elaborado por Lidyane Silva Lima - CRB-8/9602

Dedicatória

Dedico esse trabalho, em primeiro lugar à Deus, pois sem Ele, eu nada seria. Também aos meus pais, André e Camila e avós, Antonio Carlos, Eliane, Benedito e Dalva, que sempre acreditaram em mim e investiram no meu futuro profissional e pessoal, com amor e força. E ao meu noivo, Luiz Felipe, que acreditou mais em mim do que eu mesma e fez com que tudo fizesse sentido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por Ele ser tudo o que eu tenho.

Agradeço ao meu noivo, Luiz Felipe, que desde o princípio tem me incentivado, corrigido, cuidado e amado, e foi quem me mostrou o real propósito do meu futuro profissional na Odontologia. Não estaria aqui se não fosse por você, eu te amo demais e sou grata por você ser quem é e ter me ensinado muito sobre quem eu sou.

Aos meus pais, André e Camila, que me impulsionam todos os dias a ser quem eu devo ser e me ensinam sobre o real motivo de eu estar onde estou – vocês são o início e razão de tudo. E tudo o que sou, devo a vocês, que me concederam a vida, e grande parte da minha história é por vocês.

Ao meu irmão, Matheus, que mesmo sendo tão novinho, soube me ensinar tanto sobre dedicação, amor, paciência, cuidado e proteção. Você sempre vai ser uma parte do meu coração.

Aos meus avós, Antonio Carlos e Eliane, que dedicaram tudo de si para que eu pudesse dar tudo de mim. Meu amor por vocês dois nunca vai caber em palavras, nem a minha gratidão.

Aos meus avós, Benedito e Dalva, que sempre me amaram e cuidaram de mim. Os amo demais e sempre vou guardar tudo o que fazem por mim.

Ao meu tio Elias, que nunca duvidou do meu potencial, mesmo quando eu o fiz várias vezes, e a minha tia, Olivia, que nunca me deixou na mão e sempre foi um abraço quando eu precisei. Obrigada, Dinda e Elias, vocês são parte de cada passo da minha jornada e sempre vão ser.

A todos os meus familiares que acompanham minha jornada e estão lado a lado comigo. Vocês fazem parte de cada linha da minha história.

A todos os professores de Odontologia da Unisagrado, nada seria possível se não fosse por vocês.

E em especial, ao Professor Murilo, por sua dedicação e por ser um mestre.

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência à fadiga cíclica e torcional dos instrumentos rotatórios Logic 25.06 e Logic 2 25.05 (Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, MG). 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). Os instrumentos foram acionados com velocidade de com recomendações do fabricante (950 RPM). O ensaio de torção utilizou um total de 20 instrumentos (n=10), 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. Os resultados de fadiga cíclica e torcional demonstraram que não houve diferença significativa entre os instrumentos avaliados ($P < 0.05$). A análise em MEV demonstrou que os instrumentos apresentaram características típicas de fratura por fadiga cíclica e torcional. Podemos concluir que os instrumentos Logic 25.06 e Logic 2 25.05 apresentam propriedades mecânicas semelhantes. A diferença de conicidade não interferiu nas propriedades mecânicas.

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

Abstract

The aim of this study was evaluate the cyclic and torsional fatigue resistance of rotary instruments Logic 25.06 and Logic 2 25.05 (Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, MG). The cyclic fatigue test was performed using an artificial canal with 60° angle and 5 mm radius of curvature (n=10). The instruments were used at manufacturer's recommendations (950 RPM). This test evaluated the number of cycles to the instruments fracture. 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 this study demonstrated that there was no significant difference between the instruments used in this study ($P < 0.05$). The SEM analysis demonstrated that all instruments presented typical features of cyclic and torsional fatigue. In conclusion, the Logic 25.06 and Logic 2 25.05 presented similar mechanical properties. The different taper of the instruments did not affect the mechanical properties.

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

Sumário

1.	Introdução.....	10
2.	Proposição.	12
3.	Material e Métodos	15
4.	Resultados.....	20
5.	Discussão.....	22
6.	Conclusão.	24
7.	Referência Bibliográfica.....	25

Introdução

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 torcional 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 reponsáveis 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).

Diversos estudos prévios demonstraram que os diferentes tipos de tratamentos térmicos promovem diferentes resistência a fadiga cíclica e torcional (Shen et al., 2013; Zupanc et al., 2018). Dentre os tratamentos térmicos que se destacas com as melhores propriedades é o tratamento de memória controlada, conhecido em inglês como CM. Este tratamento favorece a uma grande presença de fase martensítica e de fase R, favorecendo a um alto grau de flexibilidade e capacidade de

deformação (Zupanc et al., 2018). Há diversos instrumentos confeccionados com este tipo de tratamento, porém destaca-se no mercado nacional os instrumentos Logic e Logic 2, os quais são confeccionados pela empresa Easy Equipamentos Odontológicos.

O instrumento Logic apresenta uma grande variedade de instrumentos com diferentes diâmetros e conicidade. Os instrumentos de modelagem mais utilizados são representados pelos instrumentos 25.06, 35.05 e 40.05. Estes instrumentos são confeccionados com tratamento térmico CM e apresentam secção em S itálico e conicidade fixa ao longo da sua parte ativa (de Menezes et al., 2017; Cardoso et al., 2019). Estudos recentes demonstraram que os instrumentos 25.06 apresentam alta resistência a fadiga cíclica em comparação com instrumentos Wave-One Gold, Hyflex CM Edge File e Mtwo (de Menezes et al., 2017; Cardoso et al., 2019; Tanomaru-Filho et al., 2018).

Embora os instrumentos apresentem propriedades mecânicas desejáveis, os fabricantes optaram por realizar uma nova modificação, visando obter instrumentos menos cônicos, melhorando sua flexibilidade e um preparo mais conservador. A empresa Easy Equipamentos Odontológicos lançou no fim de 2019 o sistema Logic 2, a principal alteração realizada foi a ausência de conicidade fixa dos instrumentos e o instrumento 25.06 se tornou 25.05. Todos os instrumentos possuem conicidade fixa até o 100 micrometros de diâmetro, sendo que deste ponto em diante, não há aumento de diâmetro.

Estudos prévios demonstraram que o volume massa metálica está diretamente relacionado com a conicidade e design dos instrumentos (Schafer & Tapel, 2001; Fukumori et al., 2018). Portanto, qualquer modificação haverá modificação das propriedades cíclicas e torcionais dos instrumentos. Sendo assim, torna-se necessário avaliar as propriedades mecânicas dos instrumentos Logic 2 25.05 em comparação ao seu antecessor, o Logic 25.06.

Avaliando a literatura, não há nenhum artigo comparando as propriedades mecânicas dos instrumentos Logic 25.06 e Logic 2 25.06. Portanto, torna-se oportuno a avaliação das propriedades de fadiga cíclica e torcional destes instrumentos para confirmar a hipótese do fabricante das melhores propriedades mecânicas deste sistema.

Proposição

2. Proposição

O objetivo do presente estudo foi avaliar:

- 1- Avaliar a resistência a fadiga cíclica (tempo e número de ciclos para a fratura) dos instrumentos rotatórios Logic 25.06 e Logic 2 25.05
- 2- Avaliar a resistência torcional (torque e o ângulo de rotação para a fratura) dos instrumentos rotatórios Logic 25.06 e Logic 2 25.05
- 3- Avaliar 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 fadiga cíclica

Para realização dos ensaios de fadiga cíclica e torcional foram utilizados um total de 20 instrumentos (n=10): Logic 25.06 e Logic 2 25.05. 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 1). 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 mantiveram na curvatura girando livremente.

Foi acoplado neste aparato um motor elétrico VDW Silver Reciproc (VDW, Munique, Alemanha) e os instrumentos foram acionados com velocidade de 950 RPM, conforme recomendação do fabricante. Durante o teste, foi mensurado o tempo necessário até a fratura do instrumento, isto será 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 1: Imagem representativa do aparato de fadiga cíclica que será utilizado no ensaio.

3.2 Ensaio de torção

Para este teste foram utilizados um total 20 instrumentos ($n=10$). Os testes de torção foram 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 al. 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 permitiu avaliar o torque (N.cm) e a deflexão angular ($^{\circ}$) necessária para a fratura dos instrumentos.

Para este ensaio foram utilizados um total de 20 instrumentos ($n=10$) dos sistemas rotatórios Logic 25.06 e Logic 2 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 2 A e B).

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 ($^{\circ}$) realizada pelo motor até que houvesse 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 foi anotado o valor de torque máximo e da a angulação realizada pelo motor no momento da fratura do instrumento (Figura 3).

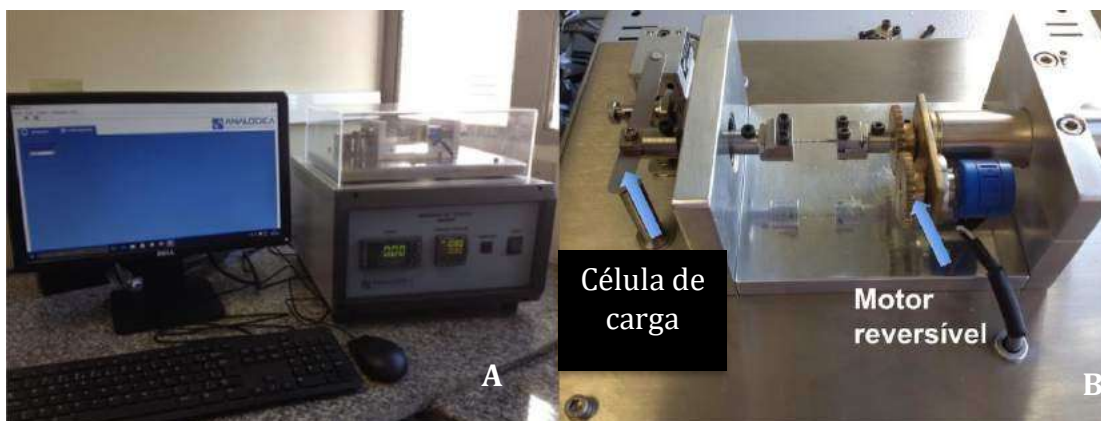


Figura 2: (A) Máquina de ensaio de torção; (B) Instrumento mecanizado de NiTi acoplado a célula de carga e ao motor reversível.



Figura 3: Imagem do software que fornecerá os valores de torque máximo (N.cm) e deflexão angular ($^{\circ}$) para a fratura dos instrumentos.

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

Esta etapa tem 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 serão avaliados com um aumento inicial de 200x e no centro da superfície com um aumento de 1000x.

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, será 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 não houve diferença significativa entre os instrumentos Logic 25.06 (Log 25.06) e Logic 2 25.05 (Log 2 25.05) nos teste de fadiga cíclica e torcional ($P < 0.05$).

Tabela 1. Valores do número de ciclos (NCF), Torque (N.cm) e deflexão angular (°) dos instrumentos avaliados.

Instrumentos	Fadiga Cíclica		Fadiga Torcional			
	NCF		Torque (N.cm)		Deflexão angular (°)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Log 25.06	1889 ^a	82.61	1.34 ^a	0.111	360.1 ^b	21.86
Log 2 25.05	1907 ^b	96.96	1.26 ^b	0.137	364.3 ^d	19.80

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).

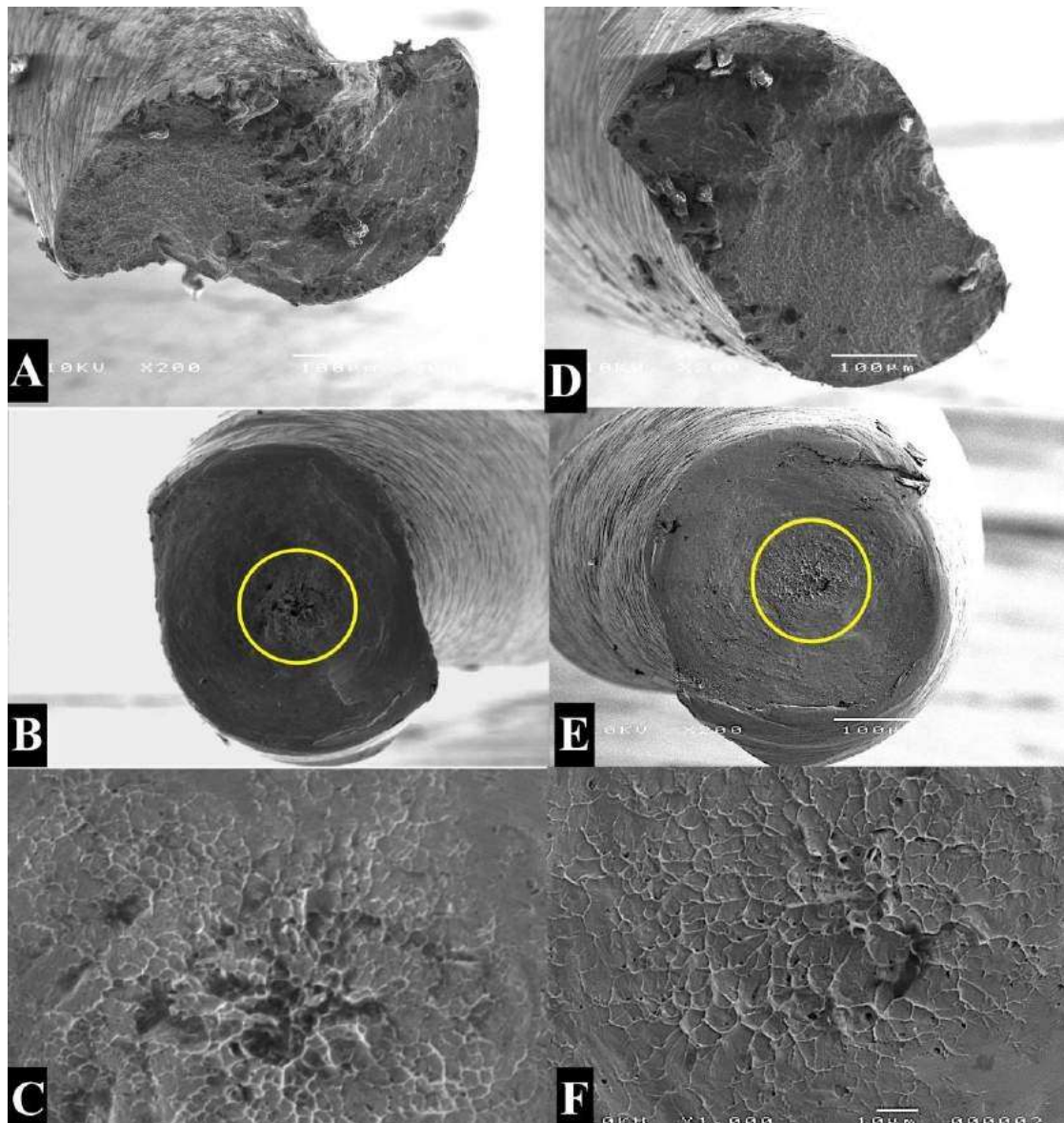


Figura 4: Imagem de microscopia de varredura dos instrumentos fraturados nos testes de fadiga cíclica e torcional. As imagens A, B e C são do instrumento Logic 25.06 no após fadiga cíclica em torcional, respectivamente. As imagens D, E e F são do instrumento Loigc 2 25.05 após os ensaios de fadiga cíclica e torcional, respectivamente.

5. Discussão

Nas últimos 20 anos os instrumentos mecanizados de NiTi passaram por diversas modificações no design (conicidade, secção transversal, núcleo metálica, espiras de corte), nas cinemáticas e nos tipos de liga de NiTi, visando um preparo dos canais radiculares mais seguro e melhor performance clínica (Shen et al., 2013; Kaval et al., 2016; Pedulla et al., 2016). Diversos autores demonstraram que modificações nestas características supracitadas pode ocorrer modificação nas propriedades mecânicas, como a resistência a fadiga cíclica e torcional (Shen et al., 2013; Kaval et al., 2016; Tanomaru-Filho et al., 2018; Alcalde et al., 2018). Por esta razão, estudos científicos que avaliam essas propriedades são essenciais para avaliar estas propriedades mecânicas e assegurar o uso conforme a anatomia do canal radicular.

Neste estudo foi utilizado o instrumento Logic 25.06 e Logic 2 25.05 cujas características de diâmetro de ponta, secção transversal e liga de NiTi são idênticas. No entanto, a conicidade se difere. De acordo com o fabricante, o instrumento Logic 2 25.05 foi criado com o intuito de um preparo mais conservador, tendo em vista que o instrumento é mais cônico e seu diâmetro no D16 é 100 micrometros ao invés de 1.21 como no Logic 25.06. As propriedades mecânicas do instrumento Logic 25.06 foram previamente avaliadas (Tonomaru-Filho et al., 2018), no entanto, não há nenhum estudo demonstrando se a modificação do fabricante no Logic 2 25.05 proporcionou alguma modificação na resistência a fadiga cíclica e torcional. Por isso, tornou-se essencial a realização deste estudo.

A metodologia empregada neste estudo foi previamente publicada por outros autores (Alcalde et al., 2017; Alcalde et al., 2018; Klymus et al., 2018). O teste de fadiga cíclica teve o objetivo de avaliar o comportamento dos instrumentos em um canal radicular curvo por meio de um canal artificial de aço inoxidável com curvatura de 60° e 5 mm de raio de curvatura. Os instrumentos foram ativados seguindo a velocidade e torque proposta pelo fabricante, sendo idênticas para ambos os instrumentos. Em relação ao teste de fadiga torcional, foi empregado a metodologia com especificação da norma ISO 3630/1, a qual avaliou o torque (N.cm) e a deflexão angular máxima até a fratura dos instrumentos.

Os resultados deste estudo demonstraram que os instrumentos Logic 25.06 e Logic 2 25.05 apresentam resultados similares em relação a fadiga cíclica e torcional, sem diferença estatística significativa ($P < 0.05$), os dados estão demonstrando na tabela

1. Sendo assim, as modificações realizadas pelo fabricante não modificou as propriedades mecânicas tendo como referência o instrumentos Logic 25.06.

Estudos prévios demonstraram que a conicidade afeta o volume de massa metálica dos instrumentos mecanizados e, conseqüentemente, tende a modificar as propriedades flexurais e torcionais (Shen et al., 2013; Kaval et al., 2016; Alcalde et al., 2017). Sendo assim, os instrumentos que apresentem menor conicidade tendem a apresentar maior flexibilidade e, como consequência, maior resistência a fadiga cíclica, menor torque e maior deflexão angular (Alcalde et al., 2017; Alcalde et al., 2018). No entanto, os resultados deste estudo mostrou que não houve diferença entre os instrumentos avaliados. A provável explicação esteja relacionado com a pequena diferença de conicidade entre os instrumentos, proporcionando uma redução mínima de volume de metal e, como consequência, nenhuma modificação nas propriedades mecânicas.

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).

Baseado nos resultados encontrados neste estudo, as modificações o instrumento Logic 2 25.05 manteve as propriedades mecânicas similares ao instrumento Logic 25.06 e, então, deverão apresentar performance clínica similar quanto ao comportamento nos canais radiculares curvos ou atresicos.

6. Conclusão

Dentro das limitações desse estudo, pode-se concluir os instrumentos Logic 25.06 e Logic 2 25.05 apresentam propriedades flexurais e torcionais similares. A menor conicidade do instrumento Logic 2 25.05 não alterou as propriedades mecânicas em comparação com o instrumento Logic 25.06

Referências Bibliográficas

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.

Cardoso RM, Carvalho Alves NC, de Menezes SEAC, et al. Influence of Temperature on the Cyclic Fatigue of Nickel-Titanium Instruments with Different Heat Treatments on Severely Curved Canals. **Journal of Contemporary Dental Practice**, Nova Deli, v. 20, n. 6, p. 697-701, junho, 2019.

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 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. **Iranian Endodontic Journal**, Teerã, v. 20, n. 6, p. 468-473, março, 2017.

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.

Fukumori Y, Nishijyo M, Tokita D, Miyara K, Ebihara A, Okiji T. Comparative analysis of mechanical properties of differently tapered nickeltitanium endodontic rotary instruments. **Dental Materials Journal**, v. 37, n. 4, p.667–674, Tóquio, 2018.

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.

Schäfer E, Tepel J. Relationship between design features of endodontic instruments and their properties. Part 3. Resistance to bending and fracture. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 27, n. 4, p. 299-303, abril. 2001.

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.

Tanomaru-Filho M, Galletti Espir C, Carolina Venção A, Macedo-Serrano N, Camilo-Pinto J, Guerreiro-Tanomaru J. Cyclic Fatigue Resistance of Heat-Treated Nickel-Titanium Instruments. **Iranian Endodontic Journal**, Teerã, v. 13, n. 3, p. 312-317, dezembro, 2018.

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.

