

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SAGRADO CORAÇÃO

NATHAN FRANHAN DAL'EVEDOVE

AValiação da Resistência à Fadiga Cíclica e Torcional dos Instrumentos
Reciprocantes W File e X1 Blue File

BAURU

2021

NATHAN FRANHAN DAL'EVEDOVE

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FADIGA CÍCLICA E TORCIONAL DOS INSTRUMENTOS
RECIPROCANTES W FILE E X1 BLUE FILE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção do
título de bacharel em Odontologia - Centro
Universitário Sagrado Coração.
Orientador: Prof. Dr. Murilo Priori Alcalde

BAURU

2021

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

E93a	<p>Evedove, Nathan Franhan dal</p> <p>Avaliação da resistência à fadiga cíclica e torcional dos instrumentos reciprocantes W FILE E X1 BLUE FILE / Nathan Franhan Dal Evedove. -- 2021. 24f. : il.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Murilo Priori Alcalde</p> <p>Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação 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>
------	---

NATHAN FRANHAN DAL'EVEDOVE

AValiação DA RESISTÊNCIA À FADIGA CÍCLICA E TORCIONAL DOS INSTRUMENTOS
RECIPROCANTES W FILE E X1 BLUE FILE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Odontologia – Centro Universitário Sagrado Coração.

Aprovado em: ___/___/___.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Murilo Priori Alcalde (Orientador)
Centro Universitário Sagrado Coração

Prof Dr. Joel Ferreira Santiago Junior
Centro Universitário Sagrado Coração

Dedico esse trabalho aos meus pais, amigos, namorada e familiares, com muito amor e carinho

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por toda ajuda, incentivo e conselhos que me deram ao longo desse curso.

Agradeço aos meu orientador Murilo Priori Alcalde por toda ajuda que tive e pela confiança depositada em mim.

Agradeço ao Olavo Alcalde Panigali, Fabio Henrique Abraceze Junior, Rafael Lorencetto Xavier e a Laura Girdali Ferrari por me ajudarem nessa jornada e por deixarem essa caminhada mais leve e divertida.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência à fadiga cíclica e torcional dos instrumentos recíprocos W File 25.07 (TDKaFiles, Cidade do México, México) e X1 Blue File 25.06 (MK Life, Porto Alegre, Brasil). O teste de fadiga cíclica foi realizado em um canal artificial com curvatura de 60° de curvatura e 5 mm de raio com a finalidade de avaliar o tempo e número de ciclos necessário para a fratura. O ensaio de torção foi utilizado um total de 20 instrumentos ($n=10$), de acordo com a especificação ISO 3630-1. Este teste teve o objetivo de avaliar o torque (N.cm) e a deflexão angular ($^{\circ}$) necessária para a fratura dos 3 mm da ponta dos instrumentos. Ao final do teste de fadiga cíclica e torcional, todos os instrumentos foram avaliados por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) com a finalidade de avaliar as características topográficas da superfície fraturada. Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente utilizando os testes de Kolmogorov-Smirnov e t de Student, com nível de significância de 5%. O instrumento X1 Blue File demandou maior tempo e número de ciclos para a fratura em comparação com o instrumento W File 25.07 ($P<0.05$). O teste de torção demonstrou que o instrumento X1 Blue File apresentou menor torque para a fratura do que o Instrumento W File 25.07 ($P<0.05$). Em relação a deflexão angular, o instrumento X1 Blue File apresentou maiores valores do que o W File 25.07 ($P<0.05$). As microscopias eletrônicas de varredura demonstraram que ambos os sistemas recíprocos apresentaram características típicas de fadiga cíclica e torcional. O instrumento X1 Blue File apresentou maior resistência à fadiga cíclica e maior deflexão angular para a fratura do que o instrumento W File. Entretanto, o instrumento W File 25.07 apresentou maior torque para a fratura do que o X1 Blue File.

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

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the cyclic and torsional fatigue resistance of reciprocating instruments W File 25.07 (TDKaFiles, City of Mexico, Mexico) e X1 Blue File 25.06 (MK Life, Porto Alegre, Brazil). The cyclic fatigue test was performed in artificial canal with 60° angle and 5 mm radius of curvature. The time to fracture (in seconds) and number of cycles to fracture (NCF) was recorded. This test evaluated the torsional strength (N.cm) and angular deflection (°) to instruments fracture at 3 mm from the tip. After the cyclic and torsional fatigue test, all the instruments were evaluated by scanning electron microscopy (SEM) to evaluate the topographic features of the instruments. The data was statistically analyzed using Kolmogorov-Smirnov e *t* de Student test, using a significance level of 5%. X1 Blue File presented greater time and number of cycles to fracture than W File 25.06 (P<0.05). The torsional test showed that X1 Blue File presented higher angular deflection and lower torque to fatigue than W File. The scanning electron microscopy showed that all instruments had typical features of cyclic and torsional fatigue fracture. The X1 Blue File instruments presented higher cyclic fatigue resistance and angular deflection than W File instrument. However, W File presented higher torque to fatigue.

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

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 - Imagem representativa do aparato de fadiga cíclica que será utilizado no ensaio.	15
Figura 2 - Equipamento utilizado no ensaio de torção.....	16
Figura 3 - Imagens de MEV dos instrumentos X1 Blue File 25.06 (A e B) e W File 25.07 (C e D) com 150X e 350X de aumento.	18
Figura 4 - Imagens de MEV dos instrumentos X1 Blue File 25.06 (A e B) e W File 25.07 (C e D) com 200X e 1000X de aumento.	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média e Desvio padrão dos resultados de tempo, número de ciclos, torque e deflexão angular	17
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 ENSAIO DE FADIGA CÍCLICA	14
3.2 ENSAIO DE TORÇÃO	15
3.3 AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DOS INSTRUMENTOS EMPREGADOS NOS TESTES DE FADIGA CÍCLICA EM MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).....	16
3.4 ANÁLISE-ESTATÍSTICA.....	16
4. RESULTADOS	17
4.1 FADIGA CÍCLICA	17
4.2 FADIGA TORCIONAL	17
4.3 AVALIAÇÃO EM MEV.....	17
5. DISCUSSÃO	19
6. CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS	23
ANEXO A – ARTIGO CIENTÍFICO PUBLICADO NA REVISTA DENTAL PRESS ENDODONTICS	25

1. INTRODUÇÃO

Os instrumentos mecanizados de Níquel-Titânio (NiTi) tem sido amplamente utilizados para o preparo de canais radiculares curvos devido sua alta flexibilidade dos instrumentos, proporcionando segurança e com baixo risco de erros de instrumentação ou fratura de instrumentos (KAVAL *et al.* 2016; SHEN *et al.* 2013). Entretanto, 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 (PEDULLA *et al.* 2016; SATTAPAN 2000).

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 (PEDULLA *et al.* 2016; SATTAPAN 2000). 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 (PEDULLA *et al.* 2016; SATTAPAN 2000).

Durante décadas 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 (KARATAS *et al.* 2016; KAVAL *et al.* 2016; OZYUREK *et al.* 2016; PEDULLA *et al.* 2016; SHEN *et al.* 2013; 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 (KAVAL *et al.* 2016; SHEN *et al.* 2013; 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 recíprocante 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; OZYUEK *et al.* 2016; PEDULLA *et al.*, 2016). Atualmente, há diversos sistemas recíprocantes confeccionados com NiTi tratado termicamente. O Reciproc Blue (RB, VDW, Munique, Alemanha) e Wave-One Gold (WOG,

Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça) são os sistemas reciprocantes mais conhecidos e utilizados mundialmente. Além disso, estudos prévios demonstraram que eles apresentam uma resistência à fadiga cíclica e torcional adequada (ALCALDE *et al.* 2018; KESKIN *et al.* 2017; KLYMUS *et al.* 2018; SILVA *et al.* 2018).

Recentemente foi introduzido dois novos sistemas reciprocantes no mercado nacional, o X1 Blue File (MK Life, Porto Alegre, Brasil) e W File (TDKaFile, Cidade do México, México). O X1 Blue file (X1 BF) é composto por três instrumentos: #20, #25 e #40 de diâmetro e com 0.06 conicidade (KLYMUS *et al.*, 2018). Além disso, os instrumentos apresentam seção triangular e são fabricados com tratamento térmico Blue (KLYMUS *et al.*, 2018). KLYMUS *et al.*¹² demonstraram que o X1 BF 25.06 apresenta resistência á fadiga cíclica semelhante ao RB 25.08 e WOG 25.07 na temperatura corporal.

O W File é um instrumento mexicano, importado pela empresa Eurodonto (Curitiba, Brasil), que apresenta grande semelhanças ao sistema WOG. O sistema reciprocante W File é composto por 4 instrumentos: #20, #25, #35 e #45 de diâmetros e 0.07, 0.07, 0.06 e 0.05 de conicidade, respectivamente. Além disso, apresentam seção transversal em forma de paralelogramo e são confeccionados com tratamento térmico semelhante ao do Wave-One Gold. Segundo os fabricantes, o tratamento térmico deste sistema proporciona uma coloração dourada devido a formação de uma camada de óxido de titânio em sua superfície. Entretanto, não há nenhum dado sobre as propriedades mecânicas dos instrumentos W File.

Estudos prévios demonstraram que os instrumentos mecanizados de NiTi possuem propriedades mecânicas diferentes quando expostos a temperatura corporal, pois há modificação na transformação das fases austenítica e martensítica (DE VASCONCELOS *et al.* 2016; DOSANJH *et al.*, 2017; JAMLEH *et al.* 2016; 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; DOSANJH *et al.* 2017; JAMLEH *et al.*, 2016; KYMUS *et al.*, 2018).

O conhecimento das propriedades mecânicas dos instrumentos mecanizados de NiTi é de fundamental importância para assegurar um preparo seguro e eficiente dos canais radiculares. Os novos instrumentos introduzidos no mercado devem ser avaliados a fim de se comparar com os outros sistemas existentes, tornando-se oportuna a avaliação das propriedades mecânicas dos instrumentos WF 25.07 e X1 BF 2. Portanto, torna-se oportuno a

realização deste estudo, pois não há nenhum estudo comparado as propriedades mecânicas destes instrumentos até o presente momento.

2. OBJETIVOS

Os objetivos do presente estudo foi avaliar a resistência a fadiga cíclica (tempo e número de ciclos para a fratura) dos instrumentos reciprocantes W File 25.07 e X1 Blue File 25.06; avaliar a resistência torcional (torque e o ângulo de rotação para a fratura) dos instrumentos reciprocantes W File 25.07 e X1 Blue File 25.06; avaliar as características topográficas da superfície fraturada dos instrumentos submetidos ao teste de torção e resistência a fadiga cíclica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para realização ensaios mecânicos foi realizado um cálculo amostrar empregando o programa G*Power v3.1 para Mac (Heinrich Heine University Düsseldorf (HHU) selecionando o teste de Wilcoxon- Mann-Whitney da família do Teste 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, torcional e dobramento foram utilizados um total de 20 instrumentos (n=10): W File 25.07 (TDKa File, Cidade do México, México) e X1 Blue File 25.06 (MK Life, Porto Alegre, Brasil). 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 60⁰ de curvatura e 5 mm de raio, como descrito previamente por ALCALDE *et al.* (2018) e KLYMUS *et al.* (2018) (Figura 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 manteve na curvatura girando livremente.

Então, foi acoplado neste aparato um motor elétrico VDW Silver Reciproc (VDW, Munique, Alemanha) e os instrumentos foram acionados com movimento reciprocantes “WAVE ONE ALL”. Durante o teste, foi mensurado 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 (NCF).

Figura 1 - Imagem representativa do aparato de fadiga cíclica que será utilizado no ensaio.



Fonte: Elaborado pelo autor.

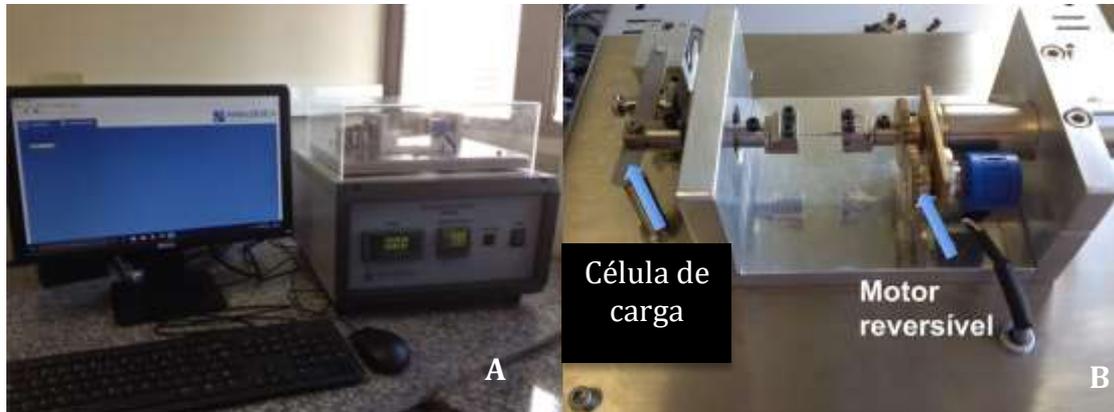
3.2 ENSAIO DE TORÇÃO

Para este ensaio foram utilizados um total de 20 instrumentos ($n=10$) dos sistemas recíprocos W File 25.07 (TDKa File, Cidade do México, México) e X1 Blue File 25.06 (MK Life, Porto Alegre, Brasil). Previamente aos testes, todos os instrumentos tiveram o mandril removido 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).

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 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 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 foi anotado o valor de torque máximo e da

angulação realizada pelo motor no momento da fratura do instrumento.

Figura 2 - Equipamento utilizado no ensaio de torção.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DOS INSTRUMENTOS EMPREGADOS NOS TESTES DE FADIGA CÍCLICA EM MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

Esta etapa teve como objetivo avaliar características topográficas das superfícies fraturadas dos instrumentos submetidos a fadiga cíclica e torcional. Os instrumentos utilizados na fadiga cíclica foram avaliados com aumento de 150X e 350 X por meio de um 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. Já os instrumentos de fadiga torcional foi avaliado com 200X e 1000X.

3.4 ANÁLISE-ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos nos testes de fadiga cíclica e torcional foram analisados estatisticamente utilizando os testes de Kolmogorov-Smirnov e *t* de Student, com nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS

4.1 FADIGA CÍCLICA

Os valores de média e desvio padrão dos testes de fadiga cíclica estão demonstrado na Tabela 1. O instrumento X1 Blue File apresentou o maior tempo e NCF para a fratura em comparação com o instrumento W File ($P < 0.05$).

4.2 FADIGA TORCIONAL

Os valores de média e desvio padrão dos testes de fadiga torcional estão demonstrado na Tabela 1. O instrumento X1 25.06 apresentou deflexão angular e menor torque para a fratura do que W File ($P < 0.05$).

Tabela 1 - Média e Desvio padrão dos resultados de tempo, número de ciclos, torque e deflexão angular

Instrumentos	Fadiga Cíclica				Fadiga torcional			
	Tempo (s)		Ciclos (NCF)		Torque (N.cm)		Deflexão angular (°)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
W File 25.07	118.3 ^b	95.18	690.0 ^b	219.1	1.34 ^a	0.13	237.1 ^b	13.38
X1 Blue File 25.06	227.3 ^a	137.8	1616.0 ^a	27.17	1.09 ^b	0.09	291.0 ^a	8.28

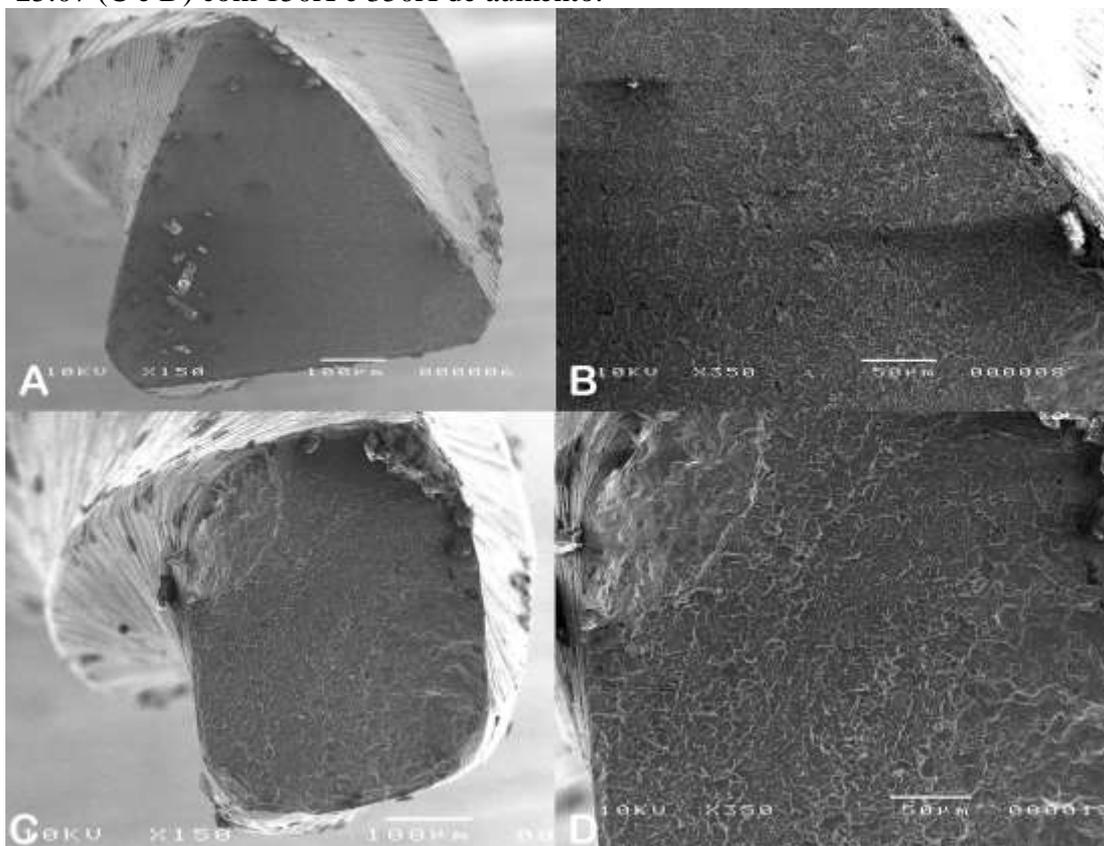
Diferentes letras nas colunas indicam diferença estatística entre os grupos ($P < 0.05$).

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 AVALIAÇÃO EM MEV

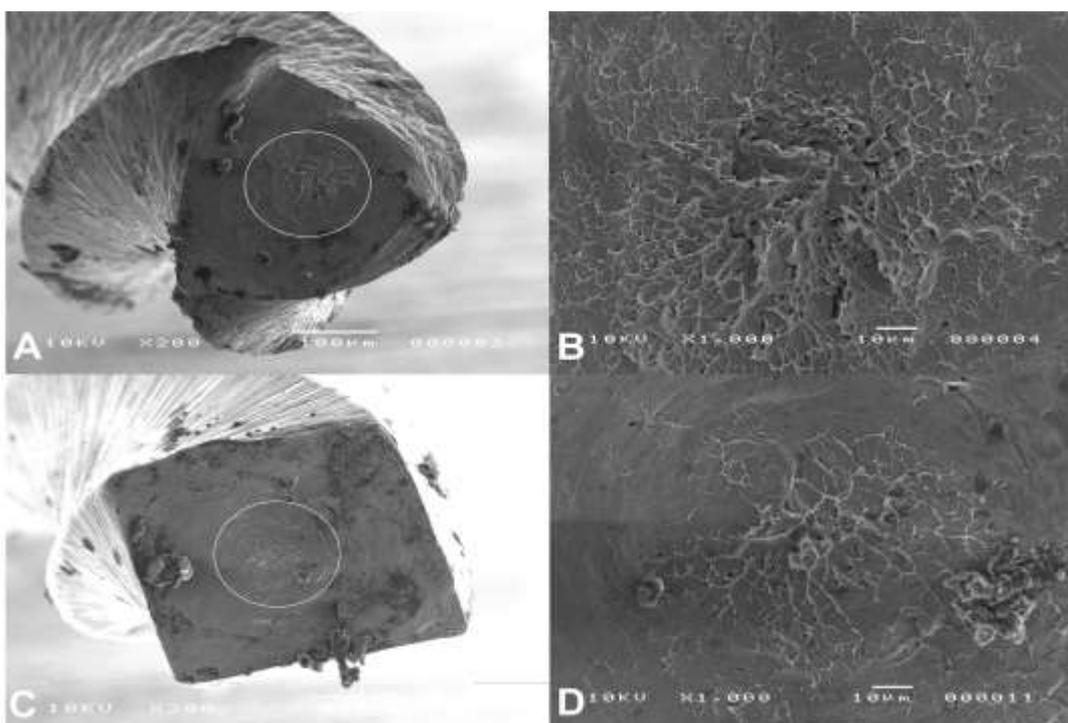
A valiação de MEV das superfícies fraturadas dos instrumentos utilizados nos teste de fadiga cíclica e torcional realizadas demonstraram características típicas de cíclica (Figura 3) e torcional (Figura 4).

Figura 3 - Imagens de MEV dos instrumentos X1 Blue File 25.06 (A e B) e W File 25.07 (C e D) com 150X e 350X de aumento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4 - Imagens de MEV dos instrumentos X1 Blue File 25.06 (A e B) e W File 25.07 (C e D) com 200X e 1000X de aumento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5. DISCUSSÃO

A cinemática recíproca reduz a fratura por fadiga cíclica e torcional dos instrumentos de NiTi durante o preparo de canais curvos ou atrésicos (DE-DEUS *et al.*, 2010). Diversos fatores podem afetar as propriedades mecânicas dos instrumentos de NiTi, como, por exemplo: o tamanho da ponta, conicidade, design da seção transversal, tipo de liga de NiTi e a temperatura do canal radicular (ALCALDE *et al.* 2018; KAVAL *et al.* 2016). Em função disso, os fabricantes propuseram diversas modificações para aumentar a segurança e efetividade dos instrumentos de NiTi durante o preparo do canal, e novos instrumentos foram desenvolvidos (ALCALDE *et al.* 2018; KAVAL *et al.* 2016; PEDULLA *et al.* 2016).

Recentemente, alguns autores demonstraram que a temperatura corporal pode reduzir a resistência à fadiga cíclica dos instrumentos de NiTi (JAMLEH *et al.*, 2016; KLYMUS *et al.*, 2018). Assim, a fadiga cíclica dos instrumentos mecânicos de NiTi deveria ser sempre avaliada à temperatura corporal, permitindo simular o seu comportamento mecânico durante o preparo do canal radicular. KLYMUS *et al.* (2018) relataram que o X1 BF 25.06 apresentou resistência à fadiga cíclica semelhante ao RB 25.08 e WOG 25.07, à temperatura corporal. No entanto, não há nenhum relato da resistência à fadiga torcional do X1 BF 25.06. Ademais, não há dados sobre as propriedades mecânicas do WF 25.07. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a resistência à fadiga cíclica na temperatura corporal e à fadiga torcional do X1 BF25.06 e do WF 25.07.

A metodologia usada nesse estudo foi similar à do estudo de KLYMUS *et al.* (2018). Foi usado o teste estático de fadiga cíclica porque o dispositivo de fadiga cíclica encontrava-se submerso em água. Além disso, o modelo estático reduz algumas variáveis, como a amplitude axial e a velocidade do movimento, as quais são subjetivas, pois podem ser realizadas de diferentes formas pelos clínicos (ALCALDE *et al.* 2018; DE-DEUS *et al.* 2010; KLYMUS *et al.* 2018). No entanto, o modelo escolhido para o teste de fadiga cíclica nesse trabalho foi a simulação de canais artificiais de aço inoxidável, como relatado anteriormente (ALCALDE *et al.* 2017; ALCALDE *et al.* 2018; KLYMUS *et al.* 2018). No presente trabalho, o teste torcional foi feito de acordo com a especificação ISO 3630/1, como em estudos anteriores (ALCALDE *et al.* 2017). A distância de 3 mm da ponta foi escolhida porque é o ponto mais suscetível à fratura durante o preparo de canais radiculares estreitos. Ademais, a rotação anti-horária foi usada para todos os instrumentos porque essa é a direção de suas espirais.

Os resultados preliminares desse estudo mostraram que o X1 BF 25.06 apresentou

valores de tempo e NCF significativamente maiores do que o WF25.07 ($p < 0,05$). Assim, a primeira hipótese nula foi rejeitada. Todos os instrumentos usados nesse estudo têm o mesmo tamanho de ponta (#25); porém, o X1 BF tem conicidade nominal de 0,06 mm/mm e o WF, de 0,07 mm/mm. Foi previamente relatado que os instrumentos com menor conicidade são mais flexíveis e apresentam maior resistência à fadiga cíclica (KAVAL *et al.* 2016; SHEN *et al.* 2013). Os resultados do presente estudo estão em acordo com os demais estudos aqui relatados. Entretanto, outras características dos instrumentos precisam ser consideradas, como o desenho da seção transversal, diâmetro do núcleo e tratamento térmico.

O desenho da seção transversal e o diâmetro do núcleo podem levar a um maior volume de massa metálica nos instrumentos de NiTi, o que pode afetar sua flexibilidade e a resistência à fadiga cíclica (ALCALDE *et al.* 2017; KLYMUS *et al.* 2018; SHEN *et al.*, 2013; ZUPANC *et al.* 2019). O X1 BF 25.06 tem seção transversal triangular e o WF 25.07, em forma de paralelogramo. Estudos anteriores relataram que um volume maior de massa metálica, no ponto de tensão máxima dos instrumentos de NiTi, pode afetar a resistência à fadiga cíclica (DE-DEUS *et al.* 2010; SHEN *et al.* 2013), a o que contribui para a diferença na resistência à fadiga cíclica entre os instrumentos analisados no presente estudo.

Os tratamentos térmicos das ligas de NiTi possuem forte influência no comportamento da transformação martensítica/austenítica (ZUPANC *et al.* 2019). A presença de uma maior porcentagem de fase martensítica na liga de NiTi promove mais flexibilidade e maior resistência à fadiga (ALCALDE *et al.* 2018; KAVAL *et al.* 2016; KLYMUS *et al.* 2018). O X1 BF e o WF 25.07 são confeccionados por meio de processos térmicos semelhantes aos das tecnologias Blue e Gold, respectivamente. KLYMUS *et al.* (2018) relataram que os instrumentos feitos com as tecnologias Blue e Gold apresentaram resistência à fadiga cíclica semelhante, à temperatura corporal. Contudo, os resultados desse estudo mostram que o WF 25.07 apresentou menor resistência à fadiga cíclica do que o X1 BF 25.06, à temperatura corporal ($p < 0,05$). A possível explicação para esses resultados diferentes pode estar relacionada ao tratamento térmico do WF 25.07: apesar de ser semelhante ao tratamento térmico do WOG 25.07, o processo usado para fabricar o WF pode induzir arranjos na estrutura cristalina do NiTi diferentes do que o tratamento Gold usado no WOG, o que provavelmente leva a porcentagens mais baixas da fase martensítica e a uma menor flexibilidade. Além disso, instrumentos de NiTi menos flexíveis podem afetar a dissipação da energia requerida para a formação e/ou a propagação de trincas durante o teste de fadiga cíclica (ALCALDE *et al.* 2018; PEDULLA *et al.* 2016; SHEN *et al.* 2013;).

Nesse estudo, o teste de torção avaliou a carga torcional máxima e a rotação angular

para fratura enquanto os instrumentos giravam no sentido anti-horário. O teste de torção avaliou o comportamento torcional do instrumento quando submetido a um alto nível de estresse torcional (ALCALDE *et al.* 2018). O segundo resultado desse estudo mostrou que X1 BF 25.06 apresentou menor força de torção quando comparado ao WF 25.07 ($p < 0,05$). Além disso, o X1 BF 25.06 suportou maior rotação angular até a fratura do que o WF 25.07 ($p < 0,05$). Assim, a segunda hipótese nula foi rejeitada. Esses resultados foram, provavelmente, relacionados aos diferentes designs de seção transversal, conicidade e tratamentos térmicos da liga de NiTi.

A análise em MEV 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; KLYMUS *et al.* 2018).

Apesar da cinemática recíproca promover uma redução significativa na resistência à fadiga cíclica e torcional (DE-DEUS *et al.* 2010), os clínicos devem conhecer as propriedades mecânicas dos instrumentos recíprocos de NiTi para usá-los com segurança em canais curvos e/ou estreitos. A resistência à fadiga cíclica do X1 BF 25.06 provavelmente garantiria um preparo mais seguro de canais radiculares curvos do que o WF 25.07. No entanto, a maior resistência torcional do WF 25.07 indica que ele poderia ser mais seguro do que o X1 BF 25.06 para uso no preparo de canais estreitos.

6. CONCLUSÃO

Dentro das limitações desse estudo, pode-se concluir que o design da seção transversal e os tratamentos térmicos tiveram uma influência significativa nas propriedades mecânicas dos instrumentos de NiTi. O X1 BF 25.06 apresentou a maior resistência à fadiga cíclica e os maiores valores de rotação angular até a fratura, em comparação com o WF 25.07. No entanto, o WF 25.07 apresentou resistência torcional à fratura maior do que o X1 BF 25.06. Dessa forma, o instrumento recíprocante X1 Blue File 25.06 está indicado para o preparo de canais curvos e o instrumento recíprocante W File 25.07 está indicado para o preparo de canais atrésicos.

REFERÊNCIAS

- 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 *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 VASCONCELOS RA, *et al.* 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, ELIAS CN, LOPES HP, MOREIRA EJ. 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, ASKAR M, PAURAZAS S. 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, *et al.* Performance of NiTi endodontic instrument under different temperatures. **International Endodontic Journal**, Londres, v. 104, n. 3, p. 324-328, setembro. 2016.
- KARATAS E, *et al.* 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.
- KESKIN C, DEMIRAL M, INAN U, KELES A. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc Blue, Reciproc, and WaveOne Gold Reciprocating Instruments. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 43, n. 8, p. 1360-1363, agosto. 2017.
- KIM HC, *et al.* 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, *et al.* 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, *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, MESSER HH, NERVO GJ, PALAMARA JE. 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, *et al.* 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 E, *et al.* Cyclic fatigue using severely curved canals and torsional resistance of thermally treated reciprocating instruments. **Clinical Oral Investigations**, Berlim, v. 22, n. 7, p. 2633-2638, setembro. 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, 2019.

ANEXO A – ARTIGO CIENTÍFICO PUBLICADO NA REVISTA DENTAL PRESS ENDODONTICS.

Resistência à fadiga cíclica e torcional dos instrumentos reciprocantes W File e X1 Blue File

Pedro Henrique Souza **CALEFI**¹
 Roberto Barreto **OSAKI**¹
 Nathan Franhan Dal **EVEDOVE**²
 Victor Moraes **CRUZ**¹
 Fláviana Bombarda de **ANDRADE**¹
 Murilo Priori **ALCALDE**²

DOI: <https://doi.org/10.14436/2358-2545.10.2.060-066.cur>

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência à fadiga cíclica e torcional dos sistemas reciprocantes W File 25.07 (WF, TDKaFile, Cidade do México, México) e X1 Blue File 25.06 (X1 BF, MK Life, Porto Alegre, Brasil) à temperatura corporal. **Material e Métodos:** Foram utilizados 40 instrumentos reciprocantes W File 25.07 (WF 25.07) e X1 BF 25.06 (n=20, cada grupo). O teste de fadiga cíclica foi realizada à temperatura corporal (36 ± 1°C). Os instrumentos foram ativados com movimento recíprocante em um canal artificial de aço inoxidável com ângulo de 60° e 5mm de raio de curvatura (n=10). O teste torcional avaliou o torque e o ângulo de rotação necessários para a fratura dos instrumentos (n=10) nos 3mm iniciais da parte ativa do instrumento, de acordo com a norma ISO 3630-1. Os fragmentos fraturados foram

avaliados em microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os dados obtidos foram submetidos aos testes estatísticos de Kolmogorov-Smirnov e *t* de Student, sendo utilizado o nível de significância de 5%. **Resultado:** O X1 BF 25.06 apresentou maior tempo e número de ciclos para a fratura do que o WF 25.07 ($p < 0,05$). O teste de torção demonstrou que o WF 25.07 apresentou maior torque do que o X1 BF 25.06 ($p < 0,05$). Em relação ao ângulo de rotação, o X1 BF 25.06 apresentou maiores valores do que o WF 25.07 ($p < 0,05$). **Conclusão:** O X1 BF apresentou maior resistência à fadiga cíclica e maior ângulo para a fratura do que o WF 25.07. Entretanto, o WF 25.07 apresentou maior torque para a fratura do que o X1 BF 25.06.

Palavras-chave: Endodontia. Instrumentos odontológicos. Níquel. Titânio.

Como citar: Calefi PHS, Osaki RB, Evedove NFD, Cruz VM, Andrade FB, Alcalde MP. Cyclic and torsional fatigue resistance of W File and X1 Blue file reciprocating instruments. *Dental Press Endod.* 2020 May-Aug;10(2):60-6.
 DOI: <https://doi.org/10.14436/2358-2545.10.2.060-066.cur>

* Os autores declaram não ter interesses associativos, comerciais, de propriedade ou financeiros, que representem conflito de interesse, nos produtos e companhias descritos nesse artigo.

¹ Universidade de São Paulo, Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Odontológicos (Bauru/SP Brasil).

² Centro Universitário do Sagrado Coração, Centro de Ciências da Saúde, Curso de Odontologia, Bauru/SP.

Recebido: 08/01/2019. Aceito: 11/02/2019.

Endereço para correspondência: Murilo Priori Alcalde
 E-mail: murilo_alcalde@hotmail.com