

**UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

**PROPRIEDADES MECÂNICAS E CAPACIDADE DE CORTE DE TRÊS
INSTRUMENTOS DE GLIDE PATH ROTATÓRIOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PAULA REGINA NEPOMUCENO DIAS RODRIGUES

2022

UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

PROPRIEDADES MECÂNICAS E CAPACIDADE DE CORTE DE TRÊS
INSTRUMENTOS DE GLIDE PATH ROTATÓRIOS

PAULA REGINA NEPOMUCENO DIAS RODRIGUES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO), como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Odontologia (Área de Concentração: Endodontia).

Orientador:
Prof. Dr. Victor Talarico Leal Vieira

2022

CATALOGAÇÃO NA FONTE UNIGRANRIO – NÚCLEO DE COORDENAÇÃO DE BIBLIOTECAS

A ficha catalográfica deve ser preparada pelo(a) bibliotecário(a). Ela deverá ser inserida neste local.

Somente deverá constar na versão impressa em capa dura preta, inserida no verso da folha de rosto.

A solicitação da ficha catalográfica deverá ser realizada através do e-mail da Biblioteca, bt.caxias@unigranrio.edu.br. Acesse o link abaixo para verificar os procedimentos necessários,
<http://blogs.unigranrio.com.br/bibliotecavirtual/618/>

CAPACIDADE DE CORTE DE TRÊS INSTRUMENTOS DE GLIDE PATH ACIONADOS NA CINEMÁTICA ROTATÓRIA

PAULA REGINA NEPOMUCENO DIAS RODRIGUES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO), como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Odontologia (Área de Concentração: Endodontia).

Aprovada em 06 de outubro de 2022

Banca examinadora

Prof. Dr. Victor Talarico Leal Vieira
Universidade do Grande Rio

Prof. Dr. Weber Schmidt Pereira Lopes
Associação Brasileira de Odontologia – ABO Regional Juiz de Fora

Prof. Dr. Rodrigo dos Santos Pereira
Universidade do Grande Rio - UNIGRANRIO

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente à Deus, por ter me dado capacidade e sabedoria de ter chegado até aqui e aos meus pais Paulo e Regina que nunca mediram esforços para realizarem os meus sonhos e projetos.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradecer à Deus que me ajudou e fez com que meus objetivos fossem alcançados durante toda a minha trajetória de estudo, principalmente por ter cuidado da minha saúde e da minha família nos últimos anos.

Aos meus pais Paulo e Regina que sempre foram incansáveis em fazer tudo por mim. Sem vocês eu jamais conseguiria conquistar tudo que conquistei. Muito obrigado por todo o apoio e palavras de incentivo quando eu pensei em desistir. Esse diploma também é de vocês.

À minha avó (in memoria) que esteve comigo no início desta jornada, mas infelizmente não está mais aqui para ver essa conquista. Sei que suas orações sempre foram incansáveis pela minha vida.

Ao meu noivo Leandro, por toda compreensão, amor, calma, apoio incondicional e por partilhar comigo sonhos e planos.

Ao meu orientador Victor Talarico, pela ajuda no desenvolvimento deste projeto, por todo ensinamento que me foi transmitido e pela sua disponibilidade.

Aos meus melhores amigos que me aturam nestes longos anos de estudo, que sempre entenderam minhas ausências. Obrigado por me apoiarem em todas as situações e decisões que tomei nesta caminhada.

Ao departamento de pós graduação da Unigranrio por sempre incentivar seus alunos nas pesquisas científicas.

A todos os professores da Unigranrio e UFRJ que me acompanharam entre este longo percurso e contribuíram para minha formação acadêmica e profissional

EPÍGRAFE

“Porque Dele e por Ele e para Ele são todas as
coisas; gloria, pois, a Ele eternamente”

Romanos 11:36

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA.....	1
1.1 TRATAMENTO ENDODÔNTICO.....	1
1.1.1 Preparo químico mecânico	1
1.2 AS LIGAS DE NÍQUEL-TITÂNIO	2
1.3 INSTRUMENTOS DE <i>GLIDE PATH</i>	2
1.3.1 Importância do <i>glide path</i> no preparo químico mecânico (PQM)	3
1.4 INSTRUMENTAÇÃO MECANIZADA PARA PREPARAÇÃO DO <i>GLIDE PATH</i>	4
1.4.1 Movimento Contínuo.....	4
1.5 LIMAS <i>GLIDE PATH</i> DE INSTRUMENTAÇÃO MECANIZADA COM MOVIMENTO CONTÍNUO	5
1.5.1 PathFile	5
1.5.2 ProGlider.....	6
1.5.3 <i>Glide path</i> Mk life	6
1.6 EFICIÊNCIA DE CORTE DOS INSTRUMENTOS ENDODONTICOS	6
2. JUSTIFICATIVA	8
3. OBJETIVOS	9
3.1 OBJETIVOS GERAIS	9
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
4.1 INSTRUMENTOS ENDODÔNTICOS ANALISADOS E DIVISÃO DOS GRUPOS	10
4.2 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)	11
4.3. ENSAIO DE FLEXÃO EM 45°	11
4.4 ENSAIO DE FLAMBAGEM	12
4.5 ENSAIO DE CAPACIDADE DE CORTE	13
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	14
5. RESULTADOS	15
5.1 MEV	15
5.2 ENSAIOS MECÂNICOS.....	15
5.2.1 Flexão em 45°	15
5.2.2 Flambagem.....	16
5.2.3 Capacidade de Corte	16
6. DISCUSSÃO	18
7. CONCLUSÕES	21
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

RESUMO

Objetivo: caracterizar mecanicamente e avaliar a eficiência de corte de sistemas utilizados para glide path acionados através da cinemática rotação contínua.

Materiais e Métodos: Foram utilizados 30 instrumentos divididos em 3 grupos, sendo eles: Glide path (Mk Life), ProGlider (Denstply) e PathFile (Denstply) e os mesmos foram submetidos a ensaios mecânicos para avaliar suas capacidades de corte, flexibilidade e resistência a flambagem. Todos os ensaios foram realizados em uma máquina de ensaio universal EMIC DL 200MF. Para todos os ensaios foi utilizada uma célula de carga de 20N. **Resultados:** a análise em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) demonstrou defeitos de rebarbas na aresta lateral de corte e marcas de usinagem ao longo eixo dos instrumentos. O ensaio de Flexão em 45° demonstrou que os instrumentos PathFile e Glide Path Mk são igualmente flexíveis ($p > 0,05$) e mais flexíveis que o ProGlider ($p < 0,05$). O ensaio de Flambagem demonstrou que os instrumentos PathFile e Proglider não apresentaram diferença estatística ($p > 0,05$) e ambos são mais resistentes à flambagem que o Glide Path MK ($p < 0,05$). O ensaio de capacidade de corte demonstrou que os instrumentos ProGlider e Glide Path Mk apresentaram eficiência de corte equivalente ($p > 0,05$) e uma maior eficiência em reação ao Pathfile ($p < 0,05$). **Conclusão:** os instrumentos Pathfile e Proglider apresentaram melhor resistência a flambagem. Os instrumentos PathFile e Glide Path MK foram os mais flexíveis. Os instrumentos ProGlider e Glide Path MK apresentaram maior capacidade de corte.

Palavras-chave: Capacidade de Corte; Glide Path; Instrumentos de NiTi.

ABSTRACT

Objective: mechanically characterize and evaluate the cutting efficiency of systems used for glide path driven by continuous rotation kinematics. **Materials and Methods:** Thirty instruments were used, divided into 3 groups, namely: Glide path (Mk Life), ProGlider (Denstply) and PathFile (Denstply) and they were submitted to mechanical tests to evaluate their cutting capabilities, flexibility and buckling resistance. All tests were performed on an EMIC DL 200MF universal testing machine. For all tests, a 20N load cell was used. **Results:** scanning Electron Microscopy (SEM) analysis showed burr defects on the lateral cutting edge and machining marks along the instruments' long axis. The 45° Flexion test demonstrated that the PathFile and Glide Path Mk instruments are equally flexible ($p>0.05$) and more flexible than the ProGlider ($p<0.05$). The Buckling test showed that the PathFile and Proglider instruments did not show statistical difference ($p>0.05$) and both are more resistant to buckling than the Glide Path MK ($p<0.05$). The cutting capacity test showed that the ProGlider and Glide Path Mk instruments showed equivalent cutting efficiency ($p>0.05$) and a greater efficiency in reaction to the Pathfile ($p<0.05$). **Conclusion:** Pathfile and Proglider instruments showed better buckling resistance. The PathFile and Glide Path MK instruments were the most flexible. The ProGlider and Glide Path MK instruments showed greater cutting capacity.

Keywords: cutting capacity; glide path; NiTi instruments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Instrumentos adotados nos estudos.....	10
Figura 2. Aparato para ensaio de flexão em 45° graus.....	12
Figura 3. Aparato para ensaio de flambagem.....	13
Figura 4. Aparato para ensaio de capacidade de corte	14
Figura 5. Superfície de acabamento de instrumentos	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores de força (gf) determinadas pelo ensaio de flexão em 45°	16
Tabela 2. Valores da força no ensaio de flambagem.....	16
Tabela 3. Valores da força na capacidade de corte.....	17

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

ADA	American Dental Association
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
NiTi	Níquel-titânio
PQM	Preparo químico-mecânico
RC	Rotatória Contínua
SCR	Sistemas de canais radiculares

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

1.1 TRATAMENTO ENDODÔNTICO

O tratamento endodôntico é realizado em quatro etapas: acesso, preparo químico-mecânico (PQM) e obturação (IANDOLO *et al.*, 2016). A instrumentação do sistema de canais radiculares (SCR) é uma das principais etapas do tratamento endodôntico, pois permite a eliminação de microrganismo (VIOLICH & CHANDLER, 2010) e facilita a obturação (RAZCHA *et al.*, 2020). Estudos demonstram que as duas maiores causas do insucesso endodôntico são a incorreta instrumentação e a incompleta obturação, sendo que uma obturação inadequada pode ser o resultado de uma incorreta instrumentação (ARYANPOUR *et al.* 2000; LOPES & SIQUEIRA JUNIOR, 2010).

1.1.1 Preparo químico mecânico

Em um tratamento endodôntico todas as etapas são de suma importância e devem ser adequadamente realizadas para o sucesso do tratamento (PEREIRA *et al.*, 2012). Uma dessas etapas é o PQM, que tem por objetivo promover a limpeza, a amplificação e a modelagem do SCR, por meio do emprego de instrumentos endodônticos, de substâncias ou soluções químicas auxiliares e da irrigação e aspiração (LOPES & SIQUEIRA JUNIOR, 2015).

A modelagem é a obtenção de um canal “cirúrgico”, realizado por meio da instrumentação com limas manuais ou automatizadas. O conduto deve apresentar formato cônico com o menor diâmetro em nível apical e o maior em nível coronário (LOPES & SIQUEIRA JUNIOR, 2015).

1.2 AS LIGAS DE NÍQUEL-TITÂNIO

O advento dos instrumentos de níquel-titânio (NiTi) proporcionou diversas mudanças no cenário da Endodontia, principalmente no conceito da instrumentação em relação quanto ao tempo, eficiência do preparo e limpeza (SATTAPAN *et al.*, 2000; SCHÄFER *et al.*, 2006).

Em relação às limas de aço inoxidável, as limas de NiTi possuem superelasticidade na sua liga, apresentando assim mais flexibilidade sendo capaz de resistir as torções em casos de curvatura dos canais radiculares (WALIA *et al.*, 1988; PUENTES *et al.*, 2017). Com o aparecimento deste tipo de liga NiTi, foi possível efetuar a preparação do SCR com recurso de um motor, tornando o tratamento mais rápido, seguro e previsível (DARCEY *et al.*, 2015).

Uma das propriedades importantes dos instrumentos de NiTi é a sua eficiência de corte (PLOTINO *et al.*, 2014). Mesmo com o avanço das ligas de NiTi, dificuldades anatômicas podem ser encontradas ao longo do tratamento, como canais com curvaturas acentuadas e canais atrésicos (LEONARDO, 2005).

1.3 INSTRUMENTOS DE *GLIDE PATH*

Para minimizar erros causados por essas dificuldades anatômicas é importante realizar uma pré-instrumentação chamada *glide path* (LEE *et al.*, 2019) que tem o intuito de preparar o leito do canal, criando um caminho mais amplo desde o orifício de entrada do canal radicular até o seu forame apical (WEST *et al.*, 2010).

Os instrumentos utilizados para realizar o *glide path* devem ser flexíveis o suficiente para acompanhar a curvatura do canal e apresentar propriedades

mecânicas. A criação de um *Glide Path* reduz a probabilidade de fratura por torção e a ocorrência de fadiga cíclica (DHINGRA & NEETIKA, 2014). Existem no mercado instrumentos específicos para a realização do *Glide Path*, alguns operados manualmente e outros mecanizados (LOPES *et al.*, 2012).

Os instrumentos manuais são os: K Files, C Files, C Pilot Files, C + Files, Hi-5files, pathfinders, pathfinders cs, senseus profinders, k - finders, S - finders e D - Finders. Os instrumentos mecânicos são os pathfiles, G-files, safesiders, V- files, preshaper e EndoWave (DHINGRA & NEETIKA, 2014).

Os instrumentos manuais utilizados para a realização de um *glide path* tornam o procedimento mais lento e difícil (USLU *et al.*, 2017). Porém uma das vantagens destes instrumentos é uma maior sensação tátil (DHINGRA & NEETIKA, 2014).

Já o preparo inicial do SCR com instrumentos rotatórios permite uma remoção inicial de tecidos pulpare e detritos do interior do canal, além disto, tem como vantagem a diminuição da fadiga e o encurtamento do tempo de cadeira para o paciente (WAGLE & MEZBAH, 2017).

1.3.1 Importância do *glide path* no preparo químico mecânico (PQM)

A preservação da anatomia inicial do canal radicular durante a instrumentação é um desafio. O *Glide Path* tem como objetivo verificar o número de canais, estabelecer um acesso sem barreiras por toda extensão do conduto e medir o diâmetro do forame apical (LOPES *et al.*, 2012).

O PQM do canal radicular é consideravelmente melhorado quando se realiza o *Glide Path* e a utilização de técnicas e instrumentos específicos nessa etapa tem facilitado a modelagem do canal radicular. Além disso, o risco de fraturas de

instrumentos é reduzido (CASSIM & VAN DER VYVER, 2013; DHINGRA & NEETIKA, 2014).

Sabe-se que para uma instrumentação eficaz, o diâmetro do forame apical deve ser maior ou igual ao tamanho da ponta do primeiro instrumento rotatório utilizado (diâmetro anatômico) (PATIÑO *et al.*, 2005).

E a exploração inicial com instrumentos manuais ou mecanizados promove uma utilização mais segura dos instrumentos rotatórios de NiTi porque impede fraturas por torção e previne defeitos durante a modelagem do SCR (BERUTTI *et al.*, 2012).

1.4 INSTRUMENTAÇÃO MECANIZADA PARA PREPARAÇÃO DO *GLIDE PATH*

1.4.1 Movimento Contínuo

Devido ao avanço das inovações tecnológicas e a constante busca de aprimorar a qualidade dos tratamentos de canais radiculares fez com que houvesse uma transição da instrumentação manual para a automatizada (DE-DEUS, 1992).

O que está diretamente relacionado às chances de sucesso na preparação dos canais com instrumentos de níquel titânio automatizados é o seu design, memória elástica, flexibilidade e cinemática (JODWAY & HULSMANN, 2006; KIM *et al.*, 2010; STEWART *et al.*, 2010).

A utilização desses sistemas tem aumentado significativamente a qualidade da modelagem do canal radicular, principalmente na instrumentação de canais curvos e atrésicos (JODWAY & HULSMANN, 2006).

Instrumentos rotatórios (rotação contínua no sentido horário de corte da dentina), acionados a um motor elétrico, passaram a ser usados a fim de garantir

com que o preparo dos sistemas de canais radiculares ocorra de forma mais controlada, principalmente em canais atrésicos e curvos, possibilitando menor tempo de trabalho, conicidade e baixas taxas de irregularidades (YIN *et al.*, 2010; VILAS-BOAS *et al.*, 2013). Outras de suas vantagens são: simplicidade de aplicação e rapidez (LEONARDO, 2005).

A cada dia novos motores e instrumentos são introduzidos no mercado e profissionais ficam adeptos a esta forma de instrumentação mais rápida e com menor stress para o paciente e profissional (SEMAAN *et al.*, 2009; PEDULLÀ *et al.*, 2013; AQUINO *et al.*, 2015).

1.5 Limas *Glide Path* de instrumentação mecanizada com movimento contínuo

1.5.1 PathFile

O primeiro sistema de instrumentação mecanizada utilizado para fazer *Glide path* inserido no mercado foi este. Os instrumentos foram introduzidos no mercado em 2009 de modo a facilitar e agilizar a preparação do *Glide Path* que era realizado com limas manuais (VORSTER *et al.*, 2018).

PathFile é um sistema composto por três instrumentos de conicidade contínua de 2% e uma secção transversal quadrada. O sistema PathFile é composto por PathFile#1 tem um diâmetro ISO de 0,13 mm, a PathFile #2 tem um diâmetro ISO de 0,16 mm e a PathFile #3 é que possui diâmetro de 0,19 mm. Estes instrumentos são fabricados a partir de uma liga de NiTi convencional (KIRCHHOFF *et al.*, 2015).

1.5.2 ProGlider

Em 2014 os instrumentos ProGlider foram introduzidas no mercado, com a proposta de instrumentação mecanizada de lima única para a realização do *Glide Path* com movimento de rotação contínua. É fabricado numa liga em NiTi M-wire, tratada termicamente, para aumento da flexibilidade e redução no potencial de fratura (KIRCHHOFF *et al.*, 2015). ProGlider tem um diâmetro de ponta ISO de 0,16 mm e um formato de secção transversal quadrada (LOPES *et al.*, 2020). A conicidade muda progressivamente de 2% a 8% ao longo dos 18 mm de parte ativa (KIRCHHOFF *et al.*, 2015). A conicidade variável deste instrumento permite aumentar o diâmetro dos 2/3 coronários, mantendo um diâmetro menor no terço apical (GUNES & YETER, 2018) e desta forma facilita a posterior instrumentação do canal radicular com limas de maior calibre (YILMAZ *et al.*, 2018).

1.5.3 Glide Path Mk Life

As limas de Glide Path da Mk foram recentemente introduzidas no mercado e não há estudos sobre as características da mesma. É um sistema de instrumentação mecanizada de lima única. A Glide Path Mk Life tem um diâmetro de ponta de 0,16 mm e taper 0,2 e uma secção transversal quadrangular. Segundo o fabricante os instrumentos são fabricado em NiTi convencional.

1.6 EFICIÊNCIA DE CORTE DOS INSTRUMENTOS ENDODONTICOS

Diferentes sistemas de instrumentos passaram a ser fabricados com a intenção de minimizar o risco de causar desvios na trajetória original dos canais. E

em decorrência das propriedades do NiTi (SERENE *et al.*, 1995) estes instrumentos tem sido cada vez mais utilizados na limpeza e modelagem do SCR (THOMPSON, 2000).

Dentre as propriedades dos instrumentos, o corte das paredes do canal pelo instrumento é uma etapa de suma importância, pois é ele que favorece a remoção da dentina, um preparo satisfatório e conseqüentemente uma limpeza mais eficiente (SCHILDER, 1974). A eficiência de corte pode ser definida como o volume efetivo de dentina cortada, por unidade de extensão de corte, sob condições bem definidas (YGUEL-HENRY & VON STEBUT, 1994).

A capacidade e eficiência de corte dos instrumentos endodônticos de NiTi são complexas e relacionadas a diversos fatores, como a técnica de instrumentação utilizada e as características geométricas e dimensionais dos instrumentos (SCHÄFER, 1999; SCHÄFER & OITZINGER, 2008; WAN *et al.*, 2010).

Uma das maneiras mais seguras, previsíveis e rápidas para a realização do Glide path, é com a utilização de instrumentos acionados por motor (ZHENG *et al.*, 2018). O movimento de rotação contínua é o mais utilizado mundialmente. Enquanto a cinemática recíprocante, apresenta entre suas vantagens: redução do risco de fratura, menor extrusão de debris, maior capacidade de centralização do preparo e menor ocorrência de bloqueios no CR (RODRIGUES *et al.*, 2016).

2. JUSTIFICATIVA

É fato que a cinemática rotatória apresenta diversos benefícios relacionados ao tratamento endodôntico. Justifica-se analisar a capacidade de corte de 3 instrumentos diferentes de *glide path* utilizando a cinemática rotatória. Também não existem estudos referentes ao instrumento Glide Path da Mk Life, o que torna esse estudo inédito. A metodologia de avaliação da capacidade de corte também é inovadora, ela simula as condições de utilização tornando a translação e os resultados mais representativos em relação à realidade clínica.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo deste trabalho é caracterizar mecanicamente (flexibilidade e resistência a flambagem) e avaliar a eficiência de corte de sistemas utilizados para *glide path* acionados através da cinemática rotação contínua.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar nos instrumentos estudados:

- a) observação em microscopia eletrônica de varredura (MEV) do acabamento superficial;
- b) medir a flexibilidade dos instrumentos estudados através do ensaio de flexão em cantilever;
- c) aferir a resistência a flambagem;
- d) medir a capacidade de corte dos instrumentos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 INSTRUMENTOS ENDODÔNTICOS ANALISADOS E DIVISÃO DOS GRUPOS

Foram utilizados 30 instrumentos divididos em 3 grupos, sendo eles: *Glide path* (16/.02) (n=10) (Mk Life, Porto Alegre, Brasil), *Proglider* (16/.02) (n=10) e *PathFile#2* (16/.02) (n=10) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) que estão apresentados na figura 1.



Figura 1. Instrumentos adotados nos estudos.

Os mesmos foram inspecionados sob estereomicroscópio para descartar possíveis defeitos e foram divididos em 3 grupos para testar sua capacidade de corte na cinemática: Rotatória Contínua (RC). Os movimentos de rotação contínua foram efetuados pelo motor VDW Silver.

4.2 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

A microscopia eletrônica de varredura foi realizada utilizando um MEV quanta FEG FEI 250. Foi observado: a superfície de acabamento, aresta lateral de corte e a ponta dos instrumentos. Para geração da imagem foi utilizada uma voltagem de 5 kV, e spot size de 5,5.

4.3. ENSAIO DE FLEXÃO EM 45°

Os ensaios de flexão em 45° foram realizados com uma máquina de ensaio universal EMIC DL200 MF, com uma célula de carga de 20 N. Os ensaios foram conduzidos com base na norma nº 28 da American Dental Association (ADA). Uma morsa de aço projetada para o ensaio foi usada para imobilizar os instrumentos à 3 mm da ponta, onde foi aplicada a força no instrumento, a velocidade do ensaio foi de 15 mm/min. Os cabos dos instrumentos foram mantidos à 45° fixados em outra morsa. Os resultados foram analisados pelo programa Tesc onde foram registrados: a força máxima (gf), as forças em três ângulos (21°, 37° e 45°) e a deformação na força máxima (mm). Diversos trabalhos empregaram esta metodologia (LOPES & SIQUEIRA JUNIOR, 2010; LOPES *et al.*, 2012; PLOTINO *et al.*, 2014; RODRIGUES *et al.*, 2016; LOPES *et al.*, 2020) visando avaliar a flexibilidade dos instrumentos endodônticos.

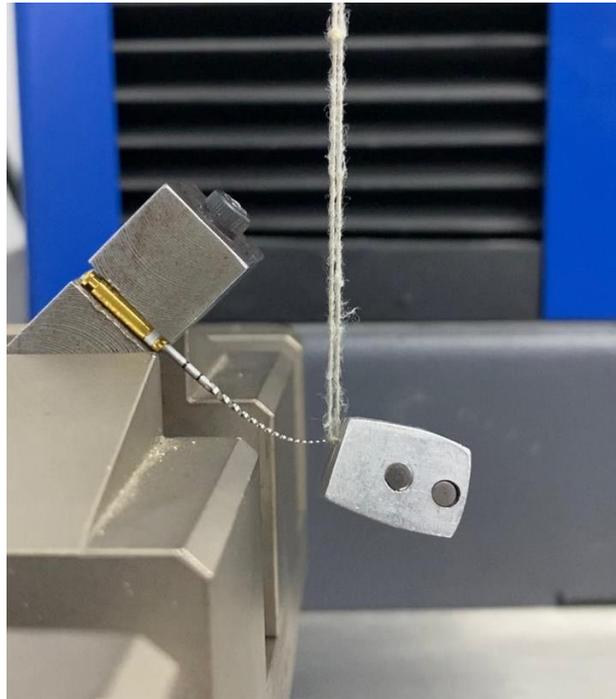


Figura 2. Aparato para ensaio de flexão em 45° graus.

4.4 ENSAIO DE FLAMBAGEM

Neste ensaio, como em um estudo prévio (LOPES *et al.*, 2020), uma carga foi aplicada na direção do longo eixo de cada instrumento utilizando uma máquina de ensaio universal EMIC DL 200-MF. A carga máxima para que a flambagem (deformação elástica lateral) do instrumento foi registrada foi registrada. A configuração de montagem do ensaio utilizou uma célula de carga de 20N onde foi acoplado um mandril para apreensão da haste de fixação do instrumento. Após a fixação do instrumento no mandril, a máquina cursou com um movimento compressivo que levou a ponta do mesmo a uma superfície de alumínio rugosa sou uma velocidade de 15mm/min.

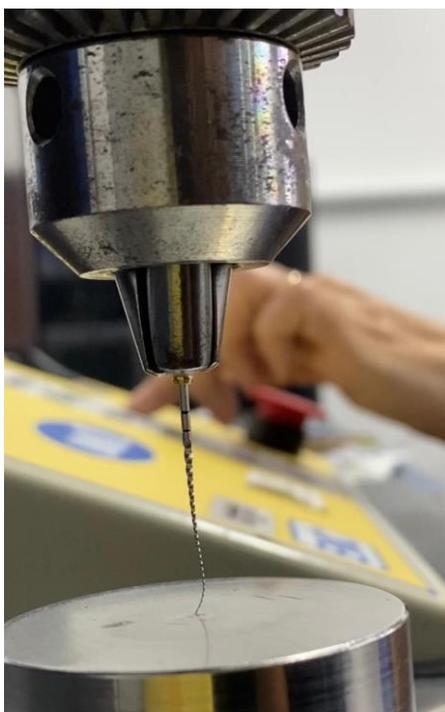


Figura 3. Aparato para ensaio de flambagem

4.5 ENSAIO DE CAPACIDADE DE CORTE

Os instrumentos foram ensaiados em blocos de osso artificial com densidade similar a dentina, medindo 5 x 5 x 15 mm. Os motores foram acionados na velocidade preconizada pelo fabricante para cada sistema. O contra ângulo foi acoplado à célula de carga na máquina de ensaio universal EMIC DL 200MF que registrou a força para avançar 10 mm no interior de um canal feito no bloco com dimensões equivalentes a um instrumento manual tipo K #10. A máquina realizou o movimento vertical com uma taxa de deslocamento constante de 15 mm/min.



Figura 4. Aparato para ensaio de capacidade de corte

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os grupos testados foram submetidos ao testes de normalidade de Shapiro-Wilk. Após a realização deste teste foi realizado o teste de ANOVA complementado com o teste *pos hoc* de Student-Newman-Keuls para os três ensaios mecânicos realizados. O nível de significância utilizado foi de 5%.

5. RESULTADOS

5.1 MEV

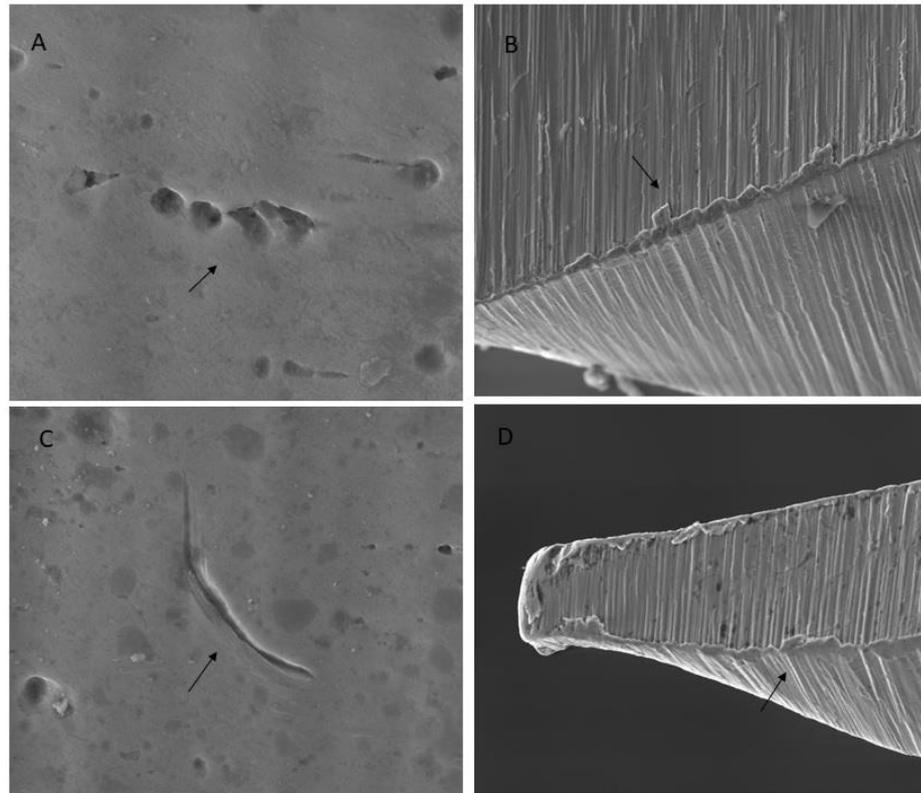


Figura 5. Superfície de acabamento de instrumentos. Podem se observar marcas de usinagens ao longo eixo dos instrumentos. Setas nas imagens A e B indicam defeitos na usinagem e nas imagens B e D rebarbas na aresta lateral

5.2 ENSAIOS MECÂNICOS

5.2.1 Flexão em 45°

Os resultados foram registrados em força e podem ser observados na tabela 1. Não houve diferença estatisticamente significativa da força empregada para flexão entre os instrumentos Pathfile e Glide Mk.

Tabela 1. Valores de força (gf) determinadas pelo ensaio de flexão em 45°

Instrumento	Flexão em 45° (gf)
Pathfile	53,55 ± 2,71 ^A
Proglider	137,09 ± 5,40 ^B
Glide MK	54,37 ± 2,58 ^A

*letras sobrescritas iguais indicam não que houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p > 0,05$).

5.2.2 Flambagem

Os resultados foram registrados em força e podem ser observados na tabela

2. Não houve diferença estatisticamente significativa da força empregada para flambagem entre os instrumentos PathFile e Proglider.

Tabela 2. Valores da força no ensaio de flambagem

Instrumento	Flambagem (gf)
Pathfile	57,64 ± 4,12 ^A
Proglider	56,92 ± 4,74 ^A
Glide MK	45,14 ± 5,99 ^B

*letras sobrescritas iguais indicam não que houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p > 0,05$).

5.2.3 Capacidade de Corte

Os resultados foram registrados em força e podem ser observados na tabela

3. Não houve diferença estatisticamente significativa da força empregada para flambagem entre os instrumentos PathFile e Proglider.

Tabela 3. Valores da força na capacidade de corte

Instrumento	Corte (gf)
Pathfile	116,09 ± 12,43 ^A
Proglider	93,28 ± 9,37 ^B
Glide MK	94,95 ± 10,84 ^B

*letras sobrescritas iguais indicam não que houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p > 0,05$).

6. DISCUSSÃO

Durante a instrumentação, presença de rebarbas encontradas nas arestas dos instrumentos pode influenciar no preparo mecânico e ocasionar o desprendimento de material do corpo do instrumento. Mesmo que não ocorra uma fratura do instrumento no interior do conduto, remanescentes metálicos podem ficar no interior do conduto juntamente com debris de instrumentação. Outro fator importante é que esses defeitos podem reduzir a capacidade de corte dos instrumentos, além de servir como concentradores de tensão que levam a fratura precoce.

A flexibilidade em flexão de um instrumento pode ser definida como a deformação elástica sofrida quando o mesmo é submetido a uma força aplicada perpendicular na sua extremidade (LOPES *et al.*, 2008). Ela também está relacionada ao tratamento termomecânico, geometria, composição química, comprimento e sessão transversal (TURPIN *et al.*, 2000; TRIPI *et al.*, 2006; AL-HADLAQ *et al.*, 2010; GAO *et al.*, 2010). Todos os instrumentos estudados possuem a mesma secção transversal quadrangular, contudo podemos dizer que o fator que influenciou na flexibilidade dos instrumentos está ligado à sua conicidade.

A conicidade das limas ProGlider muda progressivamente de 2% a 8% ao longo dos 18mm de superfície de corte (KIRCHHOFF *et al.*, 2015), isso explica sua menor flexibilidade. Já os instrumentos de Pathfile possuem uma conicidade contínua de 2% (KIRCHHOFF *et al.*, 2015) com isso o mesmo apresentou maior grau de flexibilidade seguido da lima GlidePath.

Estudos mostram que preparos mais centralizados são feitos com instrumentos com maior grau de flexibilidade (ESPOSITO & CUNNINGHAM, 1995; GERGI *et al.*, 2010). Então se um instrumento possuir maior flexibilidade, menor

será a possibilidade de intercorrências como um desvio apical durante o tratamento SCR (ELIAS & LOPES, 2007).

A flambagem é a deformação elástica apresentada por um instrumento endodôntico quando submetido a uma força compressiva na direção de seu eixo (axial) (ELIAS & LOPES, 2007). Nos testes de resistência à flambagem não houve diferença estatisticamente significativa entre os sistemas PathFile e ProGlider, que apresentaram maior rigidez ($p > 0,05$), ou seja mais resistente a flambagem. Enquanto os instrumentos *Glide Path* MK foram os menos resistente à flambagem ($p < 0,05$), característica que pode estar ligada ao tratamento térmico especial que o fabricante informa que o instrumento possui. Quando o instrumento apresenta boa resistência á flambagem significa que apresenta a capacidade de avançar apicalmente de forma segura e com eficiência, especialmente em canais atresicos (LOPES *et al.*, 2012; ELNAGHY & ELSAKA, 2015). É importante ressaltar que quanto menor o comprimento do instrumento, menores serão as suas chances de flambar (LOPES & SIQUEIRA JUNIOR, 2015).

A capacidade de corte de um instrumento de canal radicular depende de diferentes parâmetros, como desenho transversal, ângulos helicoidais e de inclinação, propriedades metalúrgicas e tratamentos de superfície dos instrumentos (ALENAZY *et al.*, 2018; HA *et al.*, 2019). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os instrumentos ProGlider e GlidePath Mk, as duas apresentaram desempenho de corte iguais e melhores que a Path File. Apesar do instrumento ProGlider apresentar liga M-wire, ele apresenta desenho distinto com conicidade de 8% na cervical o que acaba sobrepondo a vantagem do tratamento térmico da liga.

Pequenas variações no design de instrumentos têm um efeito significativo nas propriedades físicas e mecânicas das limas tais como eficiência de corte, resistência torcional e flexibilidade (MISERENDINO, 1991).

Um outro fator que também limita a capacidade de corte dos instrumentos está relacionada a usinagem das limas de NiTi, pois é um procedimento complexo que forma geralmente superfícies com alta concentração de defeitos tais como rebarbas, cavidades, riscos de usinagem, que podem comprometer a habilidade de corte e, potencialmente, facilitar a corrosão do instrumento (MARTINS *et al.*, 2002; BAHIA, 2004)

7. CONCLUSÕES

Baseado na metodologia aplicada e nos resultados obtidos conclui-se:

- que os instrumentos PathFile (liga convencional) e *Glide Path* Mk (liga M-Wire) são os mais flexíveis;
- os instrumentos que mais resistiram a flambagem foram os PathFile e ProGlider;
- e os instrumentos ProGlider e *Glide Path* Mk apresentaram melhor desempenho na capacidade de corte.

Porém, mais estudos complementares precisam ser feitos em relação a composição química e outras características dos instrumentos *Glide Path* Mk para podermos justificar seu bom empenho nos ensaios.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alenazy MS, Mosadomi HA, Al-Nazhan S, Rayyan MR (2018). Clinical considerations of nanobiomaterials in endodontics: A systematic review. *Saudi Endodontic Journal* 8, 163-169.

Al-Hadlaq SM, Aljarbou FA, Althumairy RI (2010). Evaluation of cyclic flexural fatigue of M-wire nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 36, 305-307.

Aquino MB, Lima DAM, Câmara AC, Aguiar CM (2015). Avaliação comparativa da centralização do preparo biomecânico em canais instrumentados pelos sistemas Reciproc e MTwo. *In: Anais do 15o. Encontro de Extensão da Universidade Federal de Pernambuco.*

Aryanpour S, Van Nieuwenhuysen JP, D'Hoore W (2000). Endodontic retreatment decision: no consensus. *Int Endod J* 33, 208-218.

Bahia MGA (2004). Resistência à fadiga e comportamento em torção de instrumentos endodônticos ProFile. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Metalúrgica e de Minas, Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Minas Gerais.

Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, Pasqualini D (2012). Canal Shaping with WaveOne Primary Reciprocating Files and ProTaper System: A Comparative Study. *J Endod* 38, 505-509.

Cassim I, van der Vyver PJ (2013). The importance of glide path preparation in endodontics: a consideration of instruments and literature. *Saudi Endodontic Journal* 68, 322, 324-327.

Darcey J, Taylor C, Roudsari RV, Jawad S, Hunter M (2015). Modern endodontic principles part 3: Preparation. *Dent Update* 42, 810-822.

De Deus G (1992). *Endodontia*. Rio de Janeiro: Medsi.

Dhingra A, Neetika B (2014). Glide Path in endodontics. *Endodontology* 1, 217-222.

Elias CN, Lopes HP (2007). *Materiais dentários*. Ensaios mecânicos. Rio de Janeiro: Santos Editora.

Elnaghy AM, Elsaka SE (2015). Evaluation of the mechanical behaviour of PathFile and ProGlider pathfinding nickel–titanium rotary instruments. *Int Endod J* 48, 894-901.

Esposito PT, Cunningham C (1995). A comparison of canal preparation with nickeltitanium and stainless steel instruments. *J Endod* 21, 173-176.

Gao Y, Shotton V, Wilkinson K (2010). Effects of raw material and rotational speed on the cyclic fatigue of ProFile Vortex rotary instruments. *J Endod* 36, 1205-1209.

Gergi R, Rjeily JA, Sader J, Naaman A (2010). Comparison of canal transportation and centering ability of twisted files, Pathfile-ProTaper system, and stainless steel hand K-files by using computed tomography. *J Endod* 36, 904-907.

Gunes B, Yeter K (2018). Effects of different glide path files on apical debris extrusion in curved root canals. *J Endod*, 44, 1191-1194.

Ha JH, De-Deus G, Versluis A, Kwak SW, Kim HC (2019). Safe pseudoelastic limit range under torsional loading with Reciproc Blue. *Int Endod J* 52, 244-249.

Iandolo A, Iandolo G, Malvano M, Pantaleo G, Simeone M (2016). Modern technologies in Endodontics. *Giornale Italiano di Endodonzia*. Società Italiana di Endodonzia 30, 2-9.

Jodway B, Hulsmann MA (2006). A comparative study of root canal preparation with NiTiTEE and K3 rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 39, 71-80.

Kim HC, Yum J, Hur B, Cheung GS (2010). Cyclic fatigue and fracture characteristics of ground and twisted nickel-titanium Rotary files. *J Endod* 36, 147-152.

Kirchhoff AL, Chu R, Mello I, Garzon AD, dos Santos M, Cunha RS (2015). Glide path management with single-and multiple-instrument rotary systems in curved canals: a micro-computed tomographic study. *J Endod* 41, 1880-1883.

Lee JY, Kwak SW, Ha JH, Abu-Tahun IH, Kim HC (2019). Mechanical Properties of Various Glide Path Preparation Nickel-titanium Rotary Instruments. *J Endod* 45, 199-204.

Leonardo MR (2005). *Endodontia*. Tratamento de canais radiculares. Princípios técnicos e biológicos. 2^a ed. São Paulo: Artes Médicas.

Lopes HP, Elias CN, Amaral G, Matheus TCU, Moreira E JL, Mangelli M (2008). Resistência à flambagem de instrumentos endodônticos empregados no cateterismo de canais radiculares atresiadados. *Rev Bras Odontol* 65, 12-17.

Lopes HP, Elias CN, Mangelli M, Lopes WS, Amaral G, Souza LC, Siqueira Junior JF (2012). Buckling resistance of pathfinding endodontic instruments. *J Endod* 38, 402-404.

Lopes HP, Siqueira Junior JF (2010). *Endodontia*. Biologia e técnica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Lopes HP, Siqueira Junior JF (2015). *Endodontia*. Biologia e técnica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Lopes WSP, Vieira VTL, Silva EJNL, Silva MCD, Alves FRF, Lopes HP, Pires FR (2020). Bending, buckling and torsional resistance of rotary and reciprocating glide path instruments. *Int Endod J* 53, 1689-1695.

Martins RC, Bahia MGA, Buono VTL (2002). Surface analysis of ProFile instruments by scanning electron microscopy and X-ray energydispersive energy spectroscopy: a preliminary study. *Int Endod J* 35, 848-853.

Miserendino LJ (1991). Instruments, materials and devices. In: Cohen S, Burns RC (eds). *Pathways of the pulp*. 5th ed. St. Louis: Mosby Year Book, 377-413.

Patiño PV, Biedma BM, Liébana CR, Cantatore G, Bahillo JG (2005). The influence of a manual glide path on the separation rate of NiTi rotary instruments. *J Endod* 31, 114-116.

Pedullà E, Grande NM, Plotino G, Gambarini G, Rapisarda E (2013). Influence of continuous or reciprocating motion on cyclic fatigue resistance of 4 different nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 39, 258-261.

Pereira HSC, Silva EJNL, Coutinho Filho TSC (2012). Movimento recíprocante em endodontia: revisão de literatura. *Rev Bras Odontol* 69, 246-249.

Plotino G, Giansiracusa Rubini A, Grande NM, Testarelli L, Gambarini G (2014). Cutting efficiency of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments. *J Endod* 40, 1228-1230.

Puentes CG, Jaime A, Versiani M (2017). Evolução dos Instrumentos Endodônticos: das limas manuais ao movimento recíprocante. In: de Deus, Silva E, Souza E,

Versiani M, Zuolo M (eds). *O movimento recíprocante na endodontia*. São Paulo: Santos, 50-64.

Razcha C, Zacharopoulos A, Anestis D, Mikrogeorgis G, Zacharakis G, Lyroudia K (2020). Micro-Computed Tomographic Evaluation of Canal Transportation and Centering Ability of 4 Heat-Treated Nickel-Titanium Systems. *J Endod* 46, 675-681.

Rodrigues E, De-Deus G, Souza E, Silva EJ (2016). Safe mechanical preparation with reciprocation movement without glide path creation: Result from a pool of 673 root canals. *Braz Dent J* 27, 22-27.

Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH (2000). Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod* 26, 161-165.

Schäfer E (1999). Relationship between design features of endodontic instruments and their properties. Part 1. Cutting efficiency. *J Endod* 25, 52-55.

Schäfer E, Erler M, Dammaschke T (2006). Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *J Endod* 39, 203-212.

Schäfer E, Oitzinger M (2008). Cutting efficiency of five different types of rotary NickelTitanium instruments. *J Endodontics* 34, 198-200.

Schilder H (1974). Cleaning and Shaping the Root Canal. *Dent Clin North Am* 18, 269-296.

Semaan FS, Fagundes FS, Haragushiku G, Leonardi DP, Baratto Filho F (2009). Endodontia mecanizada: a evolução dos sistemas rotatórios contínuos. *RSBO* 6, 297-309.

Serene TP, Adams JD, Saxena A (1995). *Nickel-Titanium instruments*. Applications in endodontics. Saint Louis: Ishiyaku EuroAmerica.

Stewart JT, Lafkowitz S, Appelbaum K, Hartwell G (2010). Distortion and breakage of Liberator, EndoSequence, and ProFile systems in severely curved roots of molars. *J Endod* 36, 729-731.

Thompson SA (2000). An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J* 33, 297-310.

Tripi TR, Bonaccorso A, Condorelli GG (2006). Cyclic fatigue of different nickeltitanium endodontic rotary instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 102, 106-114.

Turpin YL, Chagneau F, Vulcain JM (2000). Impact of two theoretical cross-sections on torsional and bending stresses of nickel-titanium root canal instrument models. *J Endod* 26, 414-417.

Uslu G, Özyürek T, Yılmaz K, Gündoğar M (2017). Cyclic fatigue resistance of R-Pilot, Hyflex EDM and PathFile nickel-titanium glide path files in artificial canals with double (S-shaped) curvature. *Int Endod J* 51, p. 584-589.

Vilas-Boas RC, Alcalde MP, Guimarães BM, Ordinola-Zapata R, Bueno CAE, Duarte MAH (2013). Reciproc: comparativo entre a cinemática recíproca e rotatória em canais curvos. *Rev Odontol Bras Central* 22, 164-168.

Violich DR, Chandler NP (2010). The smear layer in endodontics: a review. *Int Endod J* 43, 2-15.

Vorster M, van der Vyver P, Paleker F. (2018). Influence of glide path preparation on the canal shaping times of WaveOne Gold in curved mandibular molar canals. *J Endod* 44, 853-855.

Wagle S, Mezbah A (2017). Endodontic Glide Path: A review. *J Dent Sci* 2, 13-16.

Walia HM, Brantley WA, Gerstein H (1988). An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *J Endod* 14, 346-351.

Wan J, Rasimick BJ, Musikant BL, Deutsch AS (2010). Cutting efficiency of 3 different instrument designs used in reciprocation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 109, 82-85.

West JD (2010). The endodontic Glidepath: Secret to rotary safety. *Dent Today* 29, 90-93.

Yguel-Henry S, von Stebut J (1994). Cutting efficiency loss of root canal instruments due to bulk plastic deformation, surface damage, and wear. *J Endod* 20, 367-372.

Yılmaz K, Uslu G, Gündoğar M, Özyürek T, Grande NM, Plotino G (2018). Cyclic fatigue resistances of several nickel-titanium glide path rotary and reciprocating instruments at body temperature. *Int Endod J* 51, 924-930.

Yin X, Cheung GS, Zhang C, Masuda YM, Kimura Y, Matsumoto K (2010). Micro-computed tomographic comparison of nickel-titanium rotary versus traditional instruments in C-shaped root canal system. *J Endod* 36, 708-712.

Zheng L, Ji X, Li C, Zuo L, Wei X (2018). Comparison of glide paths created with K-files, PathFiles, and the ProGlider file, and their effects on subsequent WaveOne preparation in curved canals. *BMC Oral Health* 18, 152.