

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

LARISSA BARBOSA BORGES DE ARAÚJO

**Impacto da cinemática na eficiência e segurança de um
instrumento mecanizado no glide path do segundo canal
mésio-vestibular de molares superiores**

BAURU
2021

LARISSA BARBOSA BORGES DE ARAÚJO

Impacto da cinemática na eficiência e segurança de um instrumento mecanizado no glide path do segundo canal méso-vestibular de molares superiores

Dissertação constituída por artigo apresentada à Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências no Programa de Ciências Odontológicas Aplicadas, na área de concentração Endodontia.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Hungaro Duarte

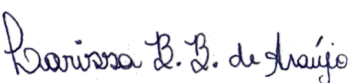
BAURU
2021

De Araújo, Larissa Barbosa Borges
Impacto da cinemática na eficiência e segurança
de um instrumento mecanizado no glide path do
segundo canal méso-vestibular de molares
superiores. -- Bauru, 2021.
48 p. : il. ; 31 cm.

Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de
Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo,
2021.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Hungaro
Duarte

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a
reprodução total ou parcial desta dissertação, por processos
fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

Assinatura: 

Data: 13/10/2021

Comitê de Ética da FOB-USP
Protocolo nº: 4.716.078
Data: 17/05/2021

ERRATA

FOLHA DE APROVAÇÃO

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, pois dele veio toda a minha coragem, força e sabedoria para tornar tudo isso possível.

Dedico também aos meus pais Káthia e Wermenson, e a minha irmã Luana, do fundo do meu coração e com toda a minha gratidão por tudo o que fizeram para que hoje eu possa estar concluindo o maior sonho da minha vida. Obrigada por todo o apoio, carinho e amor incondicional que sempre me deram. Eu amo vocês mais do que tudo.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marco Antonio Hungaro Duarte pela oportunidade de ser orientada por um professor que tanto admiro desde a minha graduação. Obrigada por toda a ajuda, toda a disponibilidade, todo o conhecimento compartilhado e pelo privilégio de aprender todos os dias com o senhor.

Aos excelentes professores do departamento de Endodontia da FOB-USP que contribuíram de alguma forma para a minha formação e tanto me inspiraram no meu amor pela profissão, meu muito obrigado pelo conhecimento compartilhado e pelas experiências obtidas, Prof. Dr. Rodrigo Ricci Vivan, Profa. Dra. Flaviana Bombarda, Prof. Dr. Clovis Bramante, Prof. Dra. Talita Tartari, Prof. Dr. Roberto Brandão Garcia, Prof. Dr. Norberti Bernardineli.

Agradeço a todos os funcionários das dependências da faculdade, em especial ao Edimauro de Andrade e Suely Regina Bettio, obrigado por toda ajuda.

A todos os meus colegas e amigos que cultivei durante minha trajetória, em especial minha turma de mestrado: Gabryella Nascimento, Paulo Jara, German Diaz.

Agradeço a minha grande amiga e colega que tanto me inspira como pesquisadora, Talita Tartari. Com você aprendi imensamente durante o meu mestrado, desde o conhecimento científico a grandes lições sobre vida e carreira. Obrigada por todo o aprendizado e experiência científica que me proporcionou ao permitir acompanhá-la durante a sua pesquisa de pós-doutorado.

À Faculdade de Odontologia de Bauru – FOB-USP, onde desenvolvi minha formação acadêmica. Obrigado por todas as oportunidades.

Às funcionárias da Pós-Graduação e da Clínica de Pós-Graduação. O trabalho de vocês é responsável pela eficiência e qualidade da pós-graduação da FOB-USP.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Agradeço à CAPES pelo financiamento para o desenvolvimento deste trabalho com a concessão da bolsa de mestrado.

“Os sonhos não determinam o lugar onde iremos chegar, mas produzem a força necessária para tirar-nos do lugar em que estamos. ”

Augusto Cury

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de diferentes cinemáticas na eficiência e segurança de preparação do glide path em canais méso-vestibular 2 utilizando o instrumento Pro Design Logic 15.03, bem como a resistência torcional destes instrumentos em função da cinemática após as preparações de glide path. Foram utilizados 36 molares superiores contendo o canal MV2 que foram distribuídos em 4 grupos (n=9) de acordo com a cinemática utilizada para a preparação do glide path com o instrumento Pro Design Logic 15.03, sendo: RC: Rotação Contínua a 350 rpm e torque de 1 N.cm; REC150: Movimento Reciprocante 150°/30° a 400rpm; REC90: Movimento Reciprocante 90°/30° a 500rpm e OGP: Movimento Optimum Glide Path. Foram contabilizados o tempo que o instrumento demandou para o preparo do glide path, assim como a frequência absoluta e percentual dos canais em que foi possível atingir o comprimento total de trabalho. Analisou-se também a distância atingida pelo instrumento no interior do canal, sendo considerado 0 quando atingido o comprimento total de trabalho, e para os canais em que isto não foi possível, mediu-se a diferença entre a ponta do instrumento e o forame apical. A frequência absoluta e percentual de instrumentos fraturados durante a preparação também foi avaliada. O teste de torção (3630-1;1992) foi realizado em instrumentos Pro Design Logic 15.03 novos e naqueles utilizados na preparação do glide path para avaliar a influência da cinemática na resistência torcional dos mesmos. Os dados foram comparados estatisticamente empregando nível de significância de 5%. Os resultados mostraram que não houve diferenças significantes entre os grupos com relação ao tempo gasto para a preparação do glide path, a frequência absoluta de canais em que se conseguiu o alcance do comprimento total de trabalho, a distância atingida pelos instrumentos, assim como o número de instrumentos fraturados durante o procedimento. A comparação entre grupos não mostrou diferenças significativas na força máxima de torção entre os instrumentos. O grupo RC apresentou uma redução significativa no ângulo de rotação máximo em relação aos grupos de instrumentos novos, REC90 e OGP. O grupo REC150 não apresentou diferença significativa com relação ao grupo RC, bem como não obteve sua deflexão angular alterada de forma significativa em relação aos instrumentos novos. Os grupos REC90 e OGP também não apresentaram diferenças significativas nos valores de deflexão angular em relação aos instrumentos novos. Concluiu-se que o tipo de cinemática não afetou a eficiência e taxa de sucesso

da preparação de glide path utilizando o instrumento Pro Desgin Logic 15.03. O movimento de rotação contínua gera mais estresse torcional nos instrumentos de glide path diminuindo a sua segurança, enquanto os movimentos recíprocos de angulações 150°/30, 90°/30° e o OGP se comportaram de maneira semelhante na fadiga torcional destes instrumentos.

Palavras-chave: Endodontia. Preparo de canal radicular. Instrumentos Odontológicos.

ABSTRACT

Impact of kinematics in the efficiency and safety of a mechanized instrument in the glide path of the second mesiobuccal of maxillary molars

The aim of this study was to evaluate the influence of different kinematics on the efficiency and safety glide path preparation in second mesiobuccal canal (MB2) using the Pro Design Logic 15.03 instrument, as well as the torsional strength of these instruments as a function of kinematics after glide path preparations. 36 maxillary molars containing the MB2 canal were used and distributed into 4 groups (n=9) according to the kinematics used to prepare the glide path with pathfinding Pro Design Logic 15.03, being: RC: Continuous Rotation at 350 rpm and torque of 1 N.cm; REC150: Reciprocation Movement 150°/30° at 400rpm; REC90: Reciprocation Movement 90°/30° at 500rpm and OGP: Optimum Glide Path Movement. The time required by the instrument to prepare the glide path was recorded, as well as the absolute frequency and percentage of canals in which it was possible to reach the total length of work. The distance reached by the instrument inside the canal was also analyzed, being considered 0 when the total working length was reached, and for the canals where this was not possible, the difference between the instrument tip and the apical foramen was measured. The absolute and percentage frequency of fractured instruments during preparation was also evaluated. The torsion test (3630-1;1992) was performed on new Pro Design Logic 15.03 instruments and on those used in the glide path preparation to evaluate the kinematics influence on their torsional strength. Data were compared statistically using a significance level of 5%. The results showed that there were no significant differences between the groups regarding the time taken to prepare the glide path, the absolute frequency of canals in which the total working length was reached, the distance reached by the instruments, as well as the number of instruments fractured during the procedure. The comparison between groups did not show significant differences in the maximum torsional force between the instruments. The RC group showed a significant reduction in the maximum rotation angle compared to the new instrument groups, REC90 and OGP. The REC150 group did not present a significant difference in relation to the RC group, and its angular deflection did not significantly change compared to the new instruments. The REC90 and OGP groups also did not present significant differences in the angular deflection

values in relation to the new instruments. It was concluded that the type of kinematics did not affect the efficiency and success rate of the glide path preparation using the Pro Design Logic 15.03 instrument. The continuous rotation movement generates more torsional stress on pathfindings instruments, decreasing their safety, while the reciprocating movements of 150°/30, 90°/30° angles and the OGP behaved similarly in the torsional fatigue of these instruments.

Keywords: Endodontics. Root Canal Preparation. Dental Instruments.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Tempo necessário (s) para a preparação do glide path, frequência absoluta e percentual dos instrumentos para atingir o comprimento total de trabalho usando diferentes cinemáticas e número e porcentagem de instrumentos fraturados durante a preparação do glide path.....	29
Tabela 2 -	Mínima, mediana e máxima dos valores da distância em (mm) da ponta do instrumento ao forame apical.....	29
Tabela 3 -	Média e desvio padrão da resistência à torção (N.cm) e ângulo de deflexão (°) dos instrumentos submetidos ao teste de torção após a preparação do glide path utilizando diferentes cinemáticas.....	30

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

NiTi	Níquel-Titânio
MV	Mésio-vestibular
MV2	Mésio-vestibular 2
ACTT	Atingir comprimento total de trabalho
Micro CT	Microtomografia computadorizada
NaOCl	Hipoclorito de sódio
H	Horário
AH	Anti-horário

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	ARTIGO	22
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
	REFERÊNCIAS	45

1

Introdução

1- INTRODUÇÃO

Um dos principais objetivos durante o preparo do canal radicular é o aumento da sua conicidade, preservando a trajetória original do canal (1). Isto porque, erros de preparação estão associados a dificuldades em fornecer limpeza e obturação adequadas, aumentando as chances de falha do tratamento (2). O glide path é considerado uma etapa clínica fundamental para a negociação de canais radiculares, pois cria um trajeto em seu interior que facilita o acesso à região apical para a posterior preparação com instrumentos de maior conicidade (3). Em endodontia, a preparação de um glide path é alcançada quando um instrumento pode entrar pelo orifício do canal radicular deslizando passivamente ao longo das paredes dentinárias até o forame apical (4, 5).

A preparação de um glide path após a exploração e negociação do canal com limas manuais de menor diâmetro foi amplamente recomendada para melhorar a segurança e eficiência dos instrumentos de níquel-titânio (NiTi), com o objetivo de diminuir a incidência de fratura dos mesmos, e reduzir os erros de modelagem durante a preparação dos canais radiculares (6, 7). Foi demonstrado que criação de um glide path reduz as forças de atrito aplicadas aos instrumentos de conicidades maiores subsequentes, pois o diâmetro do canal passa a ser pelo menos igual à ponta do instrumento utilizado para a preparação do glide path (8).

Convencionalmente, o glide path foi realizado com limas manuais de aço inoxidável (9), entretanto, há alguns anos instrumentos de NiTi acionados por motor com diâmetros e conicidades menores têm sido desenvolvidos exclusivamente para esta etapa, e a sua utilização tem sido amplamente recomendada (10, 11). Em comparação com a técnica manual, a preparação do glide path mecanizado apresentou diversos benefícios como a preservação da anatomia original do canal diminuindo a incidência de desvios e transportes (12, 13), a redução do tempo gasto para a sua preparação, diminuição da incidência de fratura dos instrumentos (8, 14) e do risco de extrusão de detritos (15, 16) e menor incidência de dor pós-operatória (17, 18).

Enquanto avança mecanicamente até o comprimento de trabalho, o instrumento de glide path é amplamente submetido a tensões no interior do canal (10). Por segurança, estes instrumentos devem possuir maior resistência à carga de torção. Uma fratura por torção ocorre quando a ponta do instrumento é imobilizada no interior

do canal e uma carga de rotação é aplicada à extremidade oposta de forma que esta carga exceda a resistência à fratura por torção do instrumento (19). Isto pode ocorrer principalmente na preparação de canais estreitos, quando o instrumento é suscetível a altas cargas de torção (20).

Nos últimos anos, diversos estudos demonstraram que a eficiência clínica e a resistência à fratura de instrumentos endodônticos podem ser melhorados através da variação na cinemática utilizada (21, 22). As questões operacionais dos movimentos rotatório e recíprocante têm sido estudadas para auxiliar na modelagem do canal radicular e para determinar a resistência à fadiga dos instrumentos de NiTi. Sabe-se que o movimento recíprocante promove maior resistência à fadiga cíclica e reduz o estresse torcional, além de se mostrar mais seguro do que o movimento rotatório em canais constrictos, pois reduz o risco do travamento da ponta do instrumento no interior do canal, e conseqüentemente, a sua fratura (23, 24). A possibilidade de variar a angulação do movimento recíprocante também apresenta benefícios. Um estudo mostrou que a diminuição da angulação do movimento, 90° no sentido anti-horário e 45° no sentido horário, resultou em um aumento da resistência à fadiga cíclica com menos transporte e uma preparação mais centrada (25).

Recentemente, a J. Morita Company (J. Morita MFG. Corp, Kyoto, Japão) desenvolveu um novo movimento recíprocante, o Optimum Glide Path (OGP), disponível em seu novo motor sem fio, o TriAuto ZX2 (J. Morita, Kyoto, Japão), com o objetivo de criar um glide path e garantir a patência foraminal. Este movimento simula o movimento de força equilibrada, onde aplica uma oscilação simétrica no sentido horário (H) e anti-horário (AH), seguida de uma oscilação assimétrica, na qual o ângulo anti-horário é maior que o ângulo horário (26).

Os instrumentos de glide path acionados por motor são principalmente suscetíveis à fadiga por torção (3), e atualmente, faltam informações sobre como o tipo de cinemática influencia a preparação do glide path, e qual o risco de fratura destes instrumentos em função do movimento utilizado para o procedimento.

No tratamento endodôntico, a complexidade anatômica dos sistemas de canais radiculares representa um grande desafio para o clínico. Sabe-se que a manutenção da anatomia original do canal, sem causar iatrogenias é essencial para o sucesso do tratamento (27), no entanto, há grande tendência, principalmente em canais estreitos e com curvatura, ao transporte e a erros como desvios, perfurações e degraus (1). Em molares superiores, o canal méso-vestibular 2 (MV2) possui uma anatomia complexa,

frequentemente apresenta-se como um canal constricto e curvo onde a preparação do glide path representa uma tarefa desafiadora (28).

As técnicas utilizadas por instrumentos de glide path em movimentos rotatórios e reciprocantes têm sido avaliadas para realizar a negociação do canal radicular (10, 29, 30). Entretanto, não há um estudo que avaliou o impacto do tipo de cinemática na segurança e efetividade de preparação do glide path em um canal que apresenta uma complexa anatomia e dificuldade de negociação. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da cinemática na eficiência e segurança do glide path em canais MV2, assim como a resistência torcional em função da cinemática utilizada para os instrumentos Pro Design Logic 15.03.

2

Artigo

2- ARTIGO

O artigo presente nesta dissertação foi escrito de acordo com as instruções e diretrizes do Journal of Endodontics para a submissão de artigos.

Impacto da cinemática na eficiência e segurança de um instrumento mecanizado no glide path do segundo canal méso-vestibular de molares superiores

Larissa B. B. de Araújo¹, Pedro H. S. Calefi¹, Murilo P. Alcalde¹, Giulio Gavini², Rodrigo R. Vivan¹, Marco A. H. Duarte¹.

¹ Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Odontológicos, Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, Bauru, São Paulo

² Departamento de Odontologia Restauradora, Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

Título Rápido: Segurança e eficiência no glide path do canal MV2

Reconhecimento

Os autores negam qualquer conflito de interesse.

RESUMO

Introdução: Este estudo avaliou a influência de diferentes cinemáticas na eficiência e segurança de preparação do glide path em canais MV2 utilizando o instrumento Pro Design Logic 15.03, bem como a resistência torcional destes instrumentos em função da cinemática após as preparações de glide path.

Metodologia: Foram utilizados 36 molares superiores contendo o canal MV2 que foram distribuídos em 4 grupos (n=9) de acordo com a cinemática utilizada para a preparação do glide path com o instrumento Pro Design Logic 15.03, sendo: RC: Rotação Contínua a 350 rpm e 1 N.cm; REC150: Movimento Reciprocante 150°/30° a 400rpm; REC90: Movimento Reciprocante 90°/30° a 500rpm e OGP: Movimento Optimum Glide Path. Foram contabilizados o tempo que o instrumento demandou para o preparo do glide path e a frequência absoluta dos canais em que foi possível atingir o comprimento total de trabalho. Analisou-se também a distância atingida pelo instrumento no interior do canal e a taxa de instrumentos fraturados durante a preparação. O teste de torção foi realizado em instrumentos Pro Design Logic 15.03 novos e naqueles utilizados na preparação do glide path.

Resultados: Os resultados mostraram que não houve diferenças significantes entre os grupos com relação ao tempo gasto para a preparação do glide path, a frequência absoluta de canais em que se conseguiu o alcance do comprimento total de trabalho, a distância atingida pelos instrumentos, assim como o número de instrumentos fraturados durante o procedimento. Não houve diferenças significativas na força máxima de torção entre os grupos. O grupo RC apresentou uma redução significativa no ângulo de rotação máximo em relação aos grupos de instrumentos novos, REC90 e OGP.

Conclusão: O tipo de cinemática não afetou a eficiência e taxa de sucesso da preparação de glide path utilizando o instrumento Pro Design Logic 15.03. O movimento de rotação contínua gera mais estresse torcional nos instrumentos de glide path, enquanto os outros movimentos se comportaram de maneira semelhante na fadiga torcional destes instrumentos.

Palavras-chave: Endodontia. Preparo de canal radicular. Instrumentos Odontológicos.

INTRODUÇÃO

Melhores resultados no tratamento endodôntico são alcançados com a preservação da forma original do canal radicular, que pode também ser previsivelmente preparado quando os instrumentos seguem o trajeto original do mesmo, respeitando a anatomia (1, 2). O Glide path do canal radicular é obtido quando uma lima de diâmetro 10 ou maior pode entrar pelo orifício do canal radicular deslizando passivamente até o forame apical (3, 4).

A realização do glide path visa o aumento da segurança no preparo dos canais radiculares, aumentando a eficiência e reduzindo a tensão dos instrumentos mecanizados de Níquel-Titânio (NiTi), reduzindo as chances de fratura e possíveis erros durante a modelagem dos canais (5, 6). A preparação de um glide path com instrumentos acionados por motor apresentou mais benefícios quando comparado com a técnica manual utilizando limas tradicionais de aço inoxidável. O glide path mecanizado promoveu redução significativa do transporte do canal (7, 8), menor risco de fratura dos instrumentos (5, 9), redução do risco de extrusão de detritos do canal (10, 11) e redução de dor pós-operatória (12, 13).

Os instrumentos de NiTi utilizados no glide path são principalmente suscetíveis à fadiga por torção por serem utilizados para negociar um canal previamente não preparado, principalmente em canais constrictos, onde o instrumento é submetido a altas cargas de torção (14, 15). Diversos estudos avaliaram técnicas utilizadas por instrumentos mecanizados na preparação do glide path (16, 17), entretanto, ainda há poucas informações sobre como a cinemática utilizada no glide path impactam na segurança dos instrumentos mecanizados.

Um sistema complexo de canais radiculares é encontrado na raiz méso-vestibular (MV) de molares superiores, onde geralmente apresenta variações anatômicas em relação ao número e configuração dos canais. Um desafio constantemente encontrado é a localização e negociação do canal méso-vestibular 2 (MV2) (18). Uma vez localizado, este canal apresenta características que tornam a sua exploração e negociação uma tarefa desafiadora, pois consiste em um canal constricto e curvo que pode frequentemente apresentar calcificações, além de possuir uma inclinação méso-vestibular em direção ao assoalho pulpar (19) e curvaturas abruptas na porção coronal (20).

Existem diversos tipos de instrumentos de NiTi especificamente projetados para a realização de glide path com diferentes tamanhos apicais, processos de fabricação, designs, ligas e cinemática de movimento (11, 21). O instrumento Pro Design Logic 15.03 (Easy Equipamentos Odontológicos), é um instrumento de glide path que apresenta uma ponta com tamanho 10 e conicidade 0,03, fabricado a partir da liga de NiTi CM-Wire, possuindo um design de secção transversal quadrangular.

As técnicas empregadas por instrumentos de glide path em movimentos rotatórios e reciprocantes têm sido avaliadas para realizar a negociação do canal radicular (16, 17, 22). Entretanto, não há um estudo que avaliou o impacto do tipo de cinemática na segurança e efetividade de preparação do glide path em um canal que apresenta complexa anatomia e dificuldade de negociação. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da cinemática na eficiência e segurança do glide path em canais MV2, assim como a resistência torcional em função da cinemática utilizada para os instrumentos Pro Design Logic 15.03. As hipóteses nulas testadas foram de que:

As diferentes cinemáticas utilizadas para o glide path não afetam o tempo de realização do procedimento e o êxito do glide path em canais MV2;

As diferentes cinemáticas utilizadas no glide path não interferem nas propriedades torcionais do instrumento mecanizado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Cálculo amostral

O cálculo da amostra foi realizado usando o G* Power v3.1 para Mac (Heinrich Heine, Universität Düsseldorf), selecionando o teste Wilcoxon-Mann Whitney da família do teste T. Foram utilizados os dados de um estudo anterior (23) e estabelecido o tamanho do efeito no presente estudo (= 1,48). Um erro do tipo alfa de 0,05, um poder beta de 0,8 e uma razão N2/N1 de 1 também foram estipulados. Um total de 07 amostras por grupo foram indicadas como o tamanho ideal necessário para notar diferenças significativas. Considerando o risco de fratura do instrumento, o tamanho da amostra foi aumentado em 20%. Um total de 9 canais MV2 foram utilizados para cada grupo.

Seleção e grupos de espécimes de dentes

Após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa institucional (protocolo: 4.716.078, CAAE: 46099021.2.0000.5417), 36 molares superiores extraídos foram selecionados utilizando os seguintes critérios: raízes íntegras, formação radicular completa e ausência de tratamento endodôntico. Radiografias periapicais digitais foram utilizadas para medir o ângulo e os raios de curvatura das raízes méso-vestibulares, de acordo com o método proposto por Gu et al. (24). Por meio destas radiografias, foram selecionadas apenas raízes méso-vestibulares que continham o canal MV2 independente ao canal méso-vestibular, terminando como dois forames separados, e que apresentavam curvaturas entre 10° e 20° e $3 < r \leq 5$ raios de curvatura. Os dentes foram armazenados em frascos plásticos individuais etiquetados contendo solução de timol 0,1% até o uso.

Antes da preparação do glide path, os dentes selecionados foram pareados anatomicamente por meio de microtomografia computadorizada (Micro CT) (SkyScan 1174; Bruker-micro-CT, Kontich, Bélgica) a 50 kV e 800 μ A, resolução isotrópica de 16,82 μ m e rotação de 360° em torno do eixo vertical com uma etapa de rotação de $0,8^\circ$. As imagens obtidas foram reconstruídas com um software (NRecon v1.6.9; Bruker-micro-CT), que forneceu imagens da anatomia interna das secções axiais dos canais em formato BMP.

Os dentes foram então distribuídos aleatoriamente em 4 grupos experimentais (n=9) de acordo com a cinemática utilizada para a preparação do glide path, sendo eles:

Grupo RC: movimento de rotação contínua a 350 rpm e torque de 1-Ncm

Grupo REC150: movimento recíprocante com 150° no sentido horário e 30° no sentido anti-horário a 400 rpm

Grupo REC90: movimento recíprocante com 90° horário e 30° anti-horário a 500 rpm

Grupo OGP: movimento Optimum Glide Path (OGP) a 300 rpm e ângulo de rotação de 90°

Procedimentos experimentais de glide path

Todos os procedimentos experimentais foram realizados por um único endodontista previamente treinado. Após completar os procedimentos de acesso da

cavidade, o canal MV2 foi localizado com auxílio de uma ponta ultrassônica Finder (Helse Dental Technology, Santa Rosa do Viterbo, São Paulo, Brasil). Para verificar sua localização, uma sonda endodôntica tamanho 47 foi utilizada, e a exploração inicial dos canais radiculares foi realizada com limas K (Dentsply Maillefer) tamanho 8 e 10 para determinar o comprimento total de trabalho do canal MV2, e também o ângulo de inserção correto para os instrumentos a nível do orifício. O comprimento total de trabalho foi estabelecido quando a lima K 10 era visualizada no forame apical com aumento de 8x em microscópio cirúrgico (DF Vasconcelos, São Paulo, Brasil). A irrigação foi realizada com solução de hipoclorito de sódio a 2,5% (NaOCl) fornecida com agulha NaviTip Gauge. 30 (Ultradent Products, Inc, South Jordan, UT, EUA).

Cada dente foi então montado em um aparelho específico (IM do Brasil, São Paulo, SP, Brasil) que simulava o alvéolo alveolar, e o glide path foi realizado nos grupos de acordo com o movimento preconizado para cada um, utilizando o instrumento Pro Design Logic 15.03. Cada instrumento foi utilizado em até 3 canais MV2, e em seguida foi descartado. Todos os instrumentos foram limpos em solução salina, em um aparelho de limpeza ultrassônica (Gnatus, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil) por 3 minutos antes do uso. A técnica de preparação do glide path foi realizada conforme descrito anteriormente por De-Deus et al. (17). Os instrumentos de pathfinding foram usados com um movimento suave para dentro e para fora com cerca de 2mm de amplitude até atingir o comprimento total de trabalho (ACTT). Os instrumentos foram mantidos em toda a extensão de trabalho e o forame apical foi inspecionado em um microscópio cirúrgico com aumento de 40x para confirmar se o instrumento foi capaz de ACTT. Após três movimentos de bicada, os instrumentais foram limpos e os canais irrigados com 2ml de hipoclorito de sódio 2,5%. Esta etapa foi repetida até que os instrumentos pudessem ACTT, foram feitas três tentativas de ACTT nos grupos até encontrar resistência.

O tempo necessário para ACTT foi registrado com cronômetro (em segundos), excluindo-se a etapa de irrigação. A distância alcançada pelo instrumento no interior do canal foi registrada, sendo considerado 0 quando ACTT e para os canais em que o instrumento encontrou resistência após 3 tentativas, foi medido por meio de radiografia periapical digital a diferença entre a ponta do instrumento e o forame apical. Foi também contabilizado o número de canais em que ACTT foi possível, assim como o número de instrumentos fraturados durante a preparação do glide path.

Teste de Torção

Os instrumentos Pro Design Logic 15.03 utilizados para a preparação do glide path foram utilizados para estabelecer os valores médio de torque e deflexão angular máximas necessários até a sua ruptura. Outros 8 instrumentos Pro Design Logic 15.03 novos foram incorporados como grupo controle. O teste de torção foi realizado com base na especificação da International Organization for Standardization ISO 3630-1 (1992), usando uma máquina de torção (Análogica, Belo Horizonte, Brasil) descrita anteriormente em outros estudos (21, 25).

Antes do teste, os cabos de todos os instrumentos foram retirados e três milímetros da ponta do instrumento foram presos a um mandril de latão para evitar deslizamento, e a outra extremidade do instrumento foi presa em um outro mandril conectado a um motor. A velocidade de rotação do motor foi ajustada em 2 rpm no sentido horário para todos os grupos. Os valores de torque foram avaliados medindo-se a força exercida em uma pequena célula de carga por um braço de alavanca ligado ao eixo de torção. O ângulo de rotação foi medido por um transdutor resistivo conectado a um controlador de processo. A força máxima de torção e a rotação angular para a fratura foram medidas.

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov. Para o tempo de glide path e para os ensaios mecânicos foram utilizados os testes de Anova e Tukey para as comparações entre os grupos. Para a comparação da distância em que o instrumento ficou do ápice foram utilizados os testes de Kruskal-Wallis e Dunn. O nível de significância adotado foi de 5%.

RESULTADOS

A média e o desvio padrão do tempo de preparação do glide path, bem como a frequência absoluta e percentual dos grupos em que foi possível ACTT, e dos instrumentos fraturados são apresentados na Tabela 1. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos ($P > 0,05$).

Tabela 1 – Tempo necessário em segundos para a preparação do glide path, frequência absoluta e percentual dos instrumentos de glide path para atingir o comprimento total de trabalho (ACTT) usando diferentes cinemáticas e número e porcentagem de instrumentos fraturados durante a preparação do glide path

Grupos	Tempo (s) média ± (DP)	ACTT n (%)	Fratura n (%)
RC	27,56 (± 11,0) ^a	8 (77,8)	0
REC150	21,11 (± 15,30) ^a	8 (77,8)	0
REC90	26,67 (± 9,32) ^a	8 (77,8)	0
OGP	35,89 (± 15,91) ^a	8 (77,8)	1 (11,1)

Letras minúsculas sobrescritas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os movimentos.

Nos canais em que o instrumento encontrou resistência no interior do canal e não conseguiu completar o glide path, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos em relação à distância entre a ponta do instrumento e o forame apical ($P > 0,05$; Tabela 2).

Tabela 2 - Mínima (Min), mediana (Med) e máxima (Max) dos valores da distância em (mm) da ponta do instrumento ao forame apical.

Grupos	Distância (mm) Med (Min – Máx)
RC	0 (0 - 2,380) ^a
REC150	0 (0 - 5,000) ^a
REC90	0 (0 - 0,740) ^a
OGP	0 (0 - 5,400) ^a

Letras minúsculas sobrescritas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os movimentos.

A média e o desvio padrão do torque e da deflexão angular máxima dos instrumentos Pro Design Logic 15.03 utilizados para a preparação do glide path com diferentes cinemáticas e o grupo controle com estes instrumentos sem uso são apresentados na Tabela 3. A comparação entre grupos não mostrou diferenças significativas na força máxima de torção entre os instrumentos ($P > 0,05$). Em relação ao ângulo de rotação, o grupo dos instrumentos utilizados em rotação contínua (RC), apresentaram uma redução significativa em relação aos grupos de instrumentos novos, REC90 e OGP ($P < 0,05$). O grupo REC150 não apresentou diferença significativa com relação ao grupo RC, bem como não obteve sua deflexão angular alterada de forma significativa em relação aos instrumentos novos ($P > 0,05$). Os grupos REC90 e OGP também não apresentaram diferenças significativas nos valores de deflexão angular em relação aos instrumentos novos ($P > 0,05$).

Tabela 3 – Média e desvio padrão da resistência à torção (N.cm) e ângulo de deflexão (°) dos instrumentos submetidos ao teste de torção após a preparação do glide path utilizando diferentes cinemáticas

Grupos	Torque (Ncm) média ± DP	Deflexão angular (°) ± DP	média
NOVOS	0,32 ± 0,07 ^a	629,4 ± 140,2 ^a	
RC	0,36 ± 0,05 ^a	342,8 ± 25,30 ^b	
REC150	0,43 ± 0,13 ^a	493,9 ± 110,9 ^{a,b}	
REC90	0,40 ± 0,17 ^a	560,7 ± 129,4 ^a	
OGP	0,40 ± 0,08 ^a	672,7 ± 62,07 ^a	

Letras minúsculas sobrescritas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os movimentos.

DISCUSSÃO

A realização do Glide Path previamente a instrumentação dos canais radiculares permitir uma maior segurança no preparo com instrumentos de NiTi acionados por motor (26, 27), reduzindo a possibilidade de erros operacionais e o risco de fratura do instrumento, principalmente em canais constrictos (28). O presente estudo avaliou o impacto de diferentes cinemáticas em relação ao tempo necessário para completar o glide path, sucesso na capacidade de atingir o comprimento total de trabalho, taxa de fratura do instrumento utilizado e as propriedades torcionais deste instrumento após a preparação do glide path.

A escolha do canal MV2 de primeiros e segundos molares superiores para este estudo se deu pelas dificuldades impostas por suas características anatômicas. Apresenta-se como um canal constricto, com um trajeto tortuoso de inclinações e curvaturas que tornam a preparação de glide path neste canal uma manobra desafiadora (19, 20). Além disso, o preparo de canais radiculares estreitos aumenta o risco de fratura dos instrumentos por estresse torcional (29), gerado pelas tensões impostas nas paredes do canal (17).

A metodologia utilizada para a realização do glide path foi semelhante à relatada por De Deus et al(17). Para este estudo, foram selecionados molares superiores com o canal MV2 independente com a configuração tipo IV de Vertucci. Utilizando um micro-TC, as amostras foram pareadas e o volume do canal radicular foi calculado e analisado estatisticamente para selecionar dentes com volumes semelhantes, reduzindo assim possíveis vieses.

Com relação ao tempo gasto no glide path, a frequência absoluta e o percentual de sucesso para ACTT, todos os movimentos obtiveram resultados semelhantes, não apresentando diferenças significativas ($P > 0,05$), portanto a primeira hipótese nula

deste estudo foi aceita. Embora não seja significativo, o movimento REC150 obteve uma diferença de 14s a menos em relação ao movimento OGP na realização do glide path, uma diferença que clinicamente apresenta-se como algo favorável quando leva-se em consideração a dificuldade de negociação de canais MV2.

O OGP é um movimento recíprocante desenvolvido recentemente pela J. Morita Company (J. Morita MFG. Corp, Kyoto, Japão) para criar um glide path e garantir a patência foraminal. Este movimento tem como objetivo simular o movimento de força equilibrada (30), onde aplica uma oscilação simétrica no sentido horário (H) e anti-horário (AH), seguida de uma oscilação assimétrica, na qual o ângulo anti-horário é maior que o ângulo horário. Existem três opções predefinidas nas quais o operador pode escolher: 90°, 180° e 240°.

Poucos estudos avaliaram o impacto da cinemática utilizada no glide path com relação ao tempo de preparação e o sucesso na capacidade de ACTT. De acordo com os resultados obtidos por Alcalde et al(22)., o instrumento de glide path Sequence Rotary File em rotação contínua exigiu significativamente menos tempo para ACTT do que o X1 Blue File utilizado em cinemática recíprocante, ambos possuem diâmetro 15 e conicidade 0,04. Os resultados do presente estudo, parecem estar mais relacionados às características do instrumento Pro Design Logic 15.03 utilizado, pois sua conicidade menor (0,03) resulta em uma menor área de contato entre o instrumento e as paredes dentinárias (31), isto por sua vez pode facilitar o avanço do instrumento em direção ao ápice, o que explicaria os resultados semelhantes para ACTT com as diferentes cinemáticas utilizadas.

Apesar de alguns autores sugerirem que o movimento recíprocante auxilia os instrumentos a avançarem em direção ao forame apical sem um glide path realizado (17, 32), os valores da frequência absoluta e percentual para alcançar o comprimento de trabalho com as diferentes cinemáticas foram semelhantes, não apresentando diferenças significativas ($P > 0,05$). Para os canais em que não foi possível ACTT, por meio de radiografias digitais periapicais foi avaliado a que distância o instrumento ficou do comprimento total de trabalho. A Tabela 2, mostrou os valores da mínima, mediana e a máxima dessa distância entre os grupos, que não diferiram significativamente entre si ($P > 0,05$), o que aponta que o tipo de movimento também não influenciou no alcance do comprimento total de trabalho.

No presente estudo, optou-se por padronizar o instrumento utilizado com o objetivo de avaliar apenas a influência das diferentes cinemáticas na preparação do

glide path. Para todos os grupos houve apenas 1 instrumento fraturado, que ocorreu no grupo OGP, tendo maior relação com a característica anatômica do canal radicular em questão, que apresentava grande dificuldade para o avanço do instrumento, resultando em um esforço maior na tentativa de alcançar o comprimento de trabalho, até o momento em que ocorreu a fratura do mesmo. Os valores semelhantes entre os grupos com relação à fratura podem ser explicados pelo desenho experimental do estudo, no qual utilizou-se as limas K 08 e 10 previamente ao emprego do instrumento mecanizado, o que já foi relatado em outro estudo como uma etapa fundamental para a diminuição do risco de fratura dos instrumentos de glide path acionados por motor (17). Além disso, a baixa conicidade do instrumento Pro Design Logic 15.03 resulta em uma flexibilidade maior, o que também pode contribuir para a baixa taxa de fratura destes instrumentos durante a preparação do glide path (33).

Neste estudo, foi avaliada a resistência à fadiga torcional (força máxima e ângulo de rotação) para a fratura dos instrumentos após o uso clínico simulado na realização do glide path em diferentes cinemáticas. Os testes de torção foram realizados de acordo com a especificação ISO Standard 3630-1 utilizada em estudos prévios (21, 25). Para o estudo, 3mm da ponta foram fixados, e a rotação foi feita no sentido horário. A especificação de 3mm para a ponta foi adotada porque o instrumento é mais suscetível à fratura neste ponto do que em 5mm (34), e pela exigência do padrão ISO 3630-1.

Para a comparação, outros 8 instrumentos novos foram incluídos para o controle, adicionando um novo grupo (NOVOS). Com relação ao torque máximo, os grupos não apresentaram diferenças significativas entre os movimentos utilizados ($P > 0,05$). Na deflexão angular, o grupo dos instrumentos utilizados em rotação contínua (RC) apresentaram uma redução significativa em relação aos grupos de instrumentos novos, REC90 e OGP ($P < 0,05$), o que mostra que esta cinemática produz maiores alterações no instrumento, gerando maior estresse torcional em sua estrutura, portanto a segunda hipótese nula foi rejeitada. Este resultado corrobora com os achados de outros estudos (22, 35), uma vez que o instrumento ao trabalhar em rotação contínua não realiza a reversão da direção de rotação e dessa forma não permite a liberação das tensões acumuladas no seu longo eixo (36). O grupo REC150 não apresentou diferença significativa com relação ao grupo RC, entretanto também não obteve sua deflexão angular alterada de forma significativa em relação aos instrumentos novos ($P > 0,05$). Os instrumentos dos grupos REC90 e OGP também

não apresentaram diferenças significativas nos valores de deflexão angular em relação aos instrumentos novos ($P>0,05$).

Embora não seja significativo, o movimento OGP apresentou um valor maior para deflexão angular em comparação aos outros grupos, preservando um melhor valor de forma discreta até mesmo em relação aos instrumentos novos. Este resultado pode ser atribuído à progressão angular do movimento OGP que para completar um ciclo, o arquivo se move sequencialmente a 180° H, 180° AH, 180° H e então 270° AH. Isto corrobora com estudos anteriores que mostraram que a distribuição da tensão no instrumento está relacionada ao ângulo de rotação e ao seu incremento angular após cada ciclo (37, 38).

Poucos estudos estão disponíveis com relação ao movimento OGP. No entanto, dois estudos encontraram excelentes resultados tanto na resistência à fadiga do instrumento Vortex Blue 35.06 quando comparado com a rotação contínua (38), quanto na força de torção gerada pelo movimento OGP quando comparado com a rotação contínua utilizando dois instrumentos de glide path (39). Estes resultados sugerem que o movimento OGP aumenta a segurança e a vida útil dos instrumentos de glide path.

CONCLUSÃO

Em conclusão, dentro das limitações deste estudo, o tipo de cinemática não impactou na eficiência e taxa de sucesso do glide path utilizando o instrumento Pro Design Logic 15.03. O movimento de rotação contínua gerou maior estresse torcional no instrumento durante o glide path, enquanto os movimentos reciprocantes de angulações $150^\circ/30^\circ$, $90^\circ/30^\circ$ e o OGP se comportaram de maneira semelhante na fadiga torcional do instrumento.

REFERÊNCIAS

1. OA Peters. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. J Endod 2004;30:559-67.
2. CJ Ruddle, P Machtou, JD West. Endodontic canal preparation: innovations in glide path management and shaping canals. Dent Today 2014;33:1-7.

3. JD West. The endodontic Glidepath: "Secret to rotary safety". *Dent Today* 2010;29:90-3.
4. G Plotino, V Nagendrababu, F Bukiet, et al. Influence of Negotiation, Glide Path, and Preflaring Procedures on Root Canal Shaping-Terminology, Basic Concepts, and a Systematic Review. *J Endod* 2020;46:707-29.
5. E Berutti, G Cantatore, A Castelucci, et al. Use of nickel-titanium rotary PathFile to create the glide path: comparison with manual preflaring in simulated root canals. *J Endod* 2009;35.
6. PV Patiño, BM Biedma, CR Liébana, et al. The influence of a manual glide path on the separation rate of NiTi rotary instruments. *J Endod* 2005;31.
7. D Pasqualini, CC Bianchi, DS Paulino, et al. Computed micro-tomographic evaluation of glide path with nickel-titanium rotary PathFile in maxillary first molars curved canals. *J Endod* 2012;38:389-93.
8. RC Hartmann, OA Peters, JAP de Figueiredo, et al. Association of manual or engine-driven glide path preparation with canal centring and apical transportation: a systematic review. *Int Endod J* 2018;51:1239-52.
9. M D'Amaro, M Baldi, R Petricca, et al. Evaluation of a new nickel-titanium system to create the glide path in root canal preparation of curved canals. *J Endod* 2013;39:1581-4.
10. JH Ha, SK Kim, SW Kwak, et al. Debris extrusion by glide-path establishing endodontic instruments with different geometries. *J Dent Sci* 2016;11:136-40.
11. HS Topçuoğlu, S Düzgün, F Akpek, et al. Influence of a glide path on apical extrusion of debris during canal preparation using single-file systems in curved canals. *Int Endod J* 2016;49:599-603.
12. M Adıgüze, K Yılmaz, P Tüfenkçi. Comparison of postoperative pain intensity after using reciprocating and continuous rotary glide path systems: a randomized clinical trial. *Restor Dent Endod* 2019;44.
13. A Dagna, R El Abed, S Hussein, et al. Comparison of apical extrusion of intracanal bacteria by various glide-path establishing systems: an in vitro study. *Restor Dent Endod* 2017;42:316-23.
14. A Arias, R Singh, OA Peters. Differences in torsional performance of single- and multiple-instrument rotary systems for glide path preparation. *Odontology* 2016;104:192-8.
15. G Gambarini, G Plotino, G Sannino, et al. Cyclic fatigue of instruments for endodontic glide path. *Odontology* 2015;103:56-60.

16. C Keskin, Ö Sivas Yilmaz, U Inan, et al. Postoperative pain after glide path preparation using manual, reciprocating and continuous rotary instruments: a randomized clinical trial. *Int Endod J* 2019;52:579-87.
17. G De-Deus, FG Belladonna, EM Souza, et al. Scouting Ability of 4 Pathfinding Instruments in Moderately Curved Molar Canals. *J Endod* 2016;42:1540-4.
18. HM Fogel, MD Peikoff, WH Christie. Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar: a clinical study. *J Endod* 1994;20:135-7.
19. EJ Neaverth, LM Kotler, RF Kaltenbach. Clinical investigation (in vivo) of endodontically treated maxillary first molars. *J Endod* 1987;13:506-12.
20. JC Kulild, DD Peters. Incidence and configuration of canal systems in the mesiobuccal root of maxillary first and second molars. *J Endod* 1990;16:311-7.
21. MP Alcalde, MAH Duarte, CM Bramante, et al. Torsional fatigue resistance of pathfinding instruments manufactured from several nickel-titanium alloys. *Int Endod J* 2018;51:697-704.
22. MP Alcalde, MAH Duarte, PHS Calefi, et al. Evaluation of type of kinematics on glide path procedures and torsional fatigue resistance after preparation of moderately curved canals. *Braz Oral Res* 2021;35.
23. F Paleker, PJ van der Vyver. Glide Path Enlargement of Mandibular Molar Canals by Using K-files, the ProGlider File, and G-Files: A Comparative Study of the Preparation Times. *J Endod* 2017;43:609-12.
24. Y Gu, Q Lu, P Wang, et al. Root canal morphology of permanent three-rooted mandibular first molars: Part II--measurement of root canal curvatures. *J Endod* 2010;36:1341-6.
25. RP Pereira, MP Alcalde, MAH Duarte, et al. A laboratory study of the scouting ability of two reciprocating glide path instruments in mesial root canals of extracted mandibular molars. *Int Endod J* 2021;54:1166-74.u
26. E Berutti, DS Paolino, G Chiandussi, et al. Root canal anatomy preservation of WaveOne reciprocating files with or without glide path. *J Endod* 2012;38:101-4.
27. AM Elnaghy, SE Elsaka. Evaluation of root canal transportation, centering ratio, and remaining dentin thickness associated with ProTaper Next instruments with and without glide path. *J Endod* 2014;40:2053-6.
28. B Sattapan, GJ Nervo, JE Palamara, et al. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod* 2000;26:161-5.

29. Y Shen, HM Zhou, YF Zheng, et al. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod* 2013;39:163-72.
30. JB Roane, CL Sabala, MG Duncanson. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. *J Endod* 1985;11:203-11.
31. HP Lopes, CN Elias, M Mangelli, et al. Buckling resistance of pathfinding endodontic instruments. *J Endod* 2012;38:402-4.
32. M Adiguzel, P Tufenkci. Comparison of the ability of Reciproc and Reciproc Blue instruments to reach the full working length with or without glide path preparation. *Restor Dent Endod* 2018;43:1-7.
33. RC Wycoff, DW Berzins. An in vitro comparison of torsional stress properties of three different rotary nickel-titanium files with a similar cross-sectional design. *J Endod* 2012;38:1118-20.
34. ID Capar, ME Kavar, H Ertas, et al. Comparison of the cyclic fatigue resistance of 5 different rotary pathfinding instruments made of conventional nickel-titanium wire, M-wire, and controlled memory wire. *J Endod* 2015;41:535-8.
35. MF daFrota, CG Espir, FL Berbert, et al. Comparison of cyclic fatigue and torsional resistance in reciprocating single-file systems and continuous rotary instrumentation systems. *J Oral Sci* 2014;56:269-75.
36. P Varela-Patiño, A Ibañez-Párraga, B Rivas-Mundiña, et al. Alternating versus continuous rotation: a comparative study of the effect on instrument life. *J Endod* 2010;36:157-9.
37. CS Shin, YH Huang, CW Chi, et al. Fatigue life enhancement of NiTi rotary endodontic instruments by progressive reciprocating operation. *Int Endod J* 2014;47:882-8.
38. G G, L P, G M, et al. Classification and cyclic fatigue evaluation of new kinematics for endodontic instruments. *Aust Endod J* 2019;45:154-62.
39. G G, E A, DAS K, et al. Optimum glide path motion is safer than continuous rotation of files in glide path preparation. *Aust Endod J* 2021:1-5.

3

Considerações
finais

3- CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo avaliar o impacto de diferentes cinemáticas em relação ao tempo necessário para completar o glide path, sucesso na capacidade de atingir o comprimento total de trabalho, taxa de fratura do instrumento utilizado no glide path de canais MV2.

A preparação de canais estreitos aumenta o risco de fratura dos instrumentos devido à falha torcional (31). Enquanto um instrumento de glide path avança no comprimento de trabalho, principalmente em canais constrictos, ele é submetido às tensões por torções (10). A escolha do canal MV2 para o presente estudo, se deu pela dificuldade de negociação apresentada pelo mesmo, em função da complexidade de suas características anatômicas (32).

Todos os movimentos obtiveram resultados semelhantes em relação ao tempo gasto na preparação do glide path e na frequência absoluta e o percentual de sucesso para atingir o comprimento total de trabalho (ACTT) ($P > 0,05$). No entanto, o movimento REC150 apresentou uma diferença de 14s a menos em relação ao movimento OGP para a realização do glide path, que embora não seja significativa, esta diferença quando considerada clinicamente, representa uma condição favorável diante da dificuldade frequentemente apresentada para a negociação do canal MV2 (33).

O instrumento de glide path Pro Design Logic 15.03 (Easy Equipamentos Odontológicos) escolhido para a realização do presente trabalho possui um diâmetro de número 15 e conicidade de 0,03. Idealmente, os instrumentos utilizados para negociação de canais radiculares estreitos e curvos, devem ser de diâmetros menores e possuir propriedades mecânicas que permitam a sua progressão no sentido apical com segurança e eficiência (34). Em um estudo que avaliou a influência da cinemática utilizada para o glide path em relação ao tempo gasto e o sucesso em atingir o comprimento total de trabalho (30), foi revelado um menor tempo de realização do glide path para o movimento de rotação contínua em comparação ao movimento recíprocante. Neste estudo, tanto o instrumento utilizado para rotação contínua quanto o utilizado para o movimento recíprocante, possuíam características idênticas, com diâmetro 15 e conicidade 0,04. Os resultados do presente estudo, não estão de acordo com o resultado de Alcalde et al.(30), no entanto, isto pode estar mais relacionado à conicidade de 0,03 do instrumento Pro Design Logic 15.03 utilizado, pois sabe-se que uma conicidade reduzida resulta em uma menor área de contato entre o instrumento

e as paredes dentinárias (35), isto por sua vez pode facilitar o avanço do instrumento em direção ao ápice, o que explicaria os resultados semelhantes deste estudo com relação ao tempo gasto na preparação do glide path e a capacidade de ACTT com as diferentes cinemáticas utilizadas.

Na avaliação do número de instrumentos fraturados durante a preparação do glide path nos grupos, apenas 1 fratura foi registrada. Esta ocorreu no grupo OGP como resultado da dificuldade apresentada pelo canal radicular no avanço do instrumento, o que revela que a fratura teve mais relação com a característica anatômica do canal do que qualquer outro fator. Os valores semelhantes entre os grupos com relação à fratura podem ser explicados pelo desenho experimental do estudo, no qual utilizou-se as limas K 08 e 10 previamente ao emprego do instrumento mecanizado, o que já foi relatado em outro estudo como uma etapa fundamental para a diminuição do risco de fratura dos instrumentos de glide path acionados por motor (10). Além disso, a baixa conicidade do instrumento Pro Design Logic 15.03 resulta em uma flexibilidade maior, o que também pode contribuir para a baixa taxa de fratura destes instrumentos durante a preparação do glide path (20).

Os valores da resistência à torção de limas de glide path são tão importantes quanto aqueles de outras limas modeladoras utilizadas no preparo do canal radicular, pois tendem a ser mais baixos para limas com diâmetros menores (22, 36), principalmente quando utilizados em canais radiculares com curvaturas (37). Neste estudo, foi avaliada a resistência à fadiga torcional (força máxima e ângulo de rotação) para a fratura dos instrumentos após o uso clínico simulado na realização do glide path em diferentes cinemáticas. Para a comparação, outros 8 instrumentos novos foram incluídos para o controle, adicionando um novo grupo (NOVOS). Com relação ao torque máximo, os grupos não apresentaram diferenças significativas entre os movimentos utilizados ($P > 0,05$). Na deflexão angular, o grupo dos instrumentos utilizados em rotação contínua (RC) apresentaram uma redução significativa em relação aos grupos de instrumentos novos, REC90 e OGP ($P < 0,05$), o que mostra que esta cinemática produz maiores alterações no instrumento, gerando maior estresse torcional em sua estrutura.

Muitos autores (38-40), consideram que o principal parâmetro que influencia a falha torcional dos instrumentos endodônticos é a deflexão angular na falha e não o torque máximo. Isto porque, no uso clínico, a deflexão angular na falha (a quantidade de rotações que um instrumento pode suportar até a falha) pode servir como fator de

segurança em relação à fratura por torção. Quanto maior a deflexão angular na falha que um instrumento pode suportar, maior será a deformação elástica e plástica antes de atingir a falha de torção (35, 38). Segundo Lopes et al.(41), esse comportamento atua como um fator de segurança, pois o torque aplicado permanecerá abaixo da resistência torcional e a ocorrência de deformação plástica (deformações das espirais de corte) observada após a retirada do instrumento do canal alerta sobre o risco de fratura.

Os resultados encontrados para a deflexão angular deste estudo, está de acordo com os achados de outros estudos (30, 42), uma vez que o instrumento ao trabalhar em rotação contínua não realiza a reversão da direção de rotação e dessa forma não permite a liberação das tensões acumuladas no seu longo eixo (43).

Embora não seja significativo, o movimento OGP apresentou um valor maior para deflexão angular em comparação aos outros grupos, preservando um melhor valor, de forma discreta, até mesmo em relação aos instrumentos novos. Este resultado pode ser atribuído à progressão angular do movimento OGP que para completar um ciclo, o arquivo se move sequencialmente a 180°H, 180° AH, 180° H e então 270° AH, o que sugere esta cinemática pode aumentar a segurança dos instrumentos de glide path durante a preparação. Isto corrobora com estudos anteriores que mostraram que a distribuição da tensão no instrumento está relacionada ao ângulo de rotação e ao seu incremento angular após cada ciclo (26, 44).

Estudos anteriores encontraram excelentes resultados tanto na resistência à fadiga do instrumento Vortex Blue 35.06 quando comparado com a rotação contínua (26), quanto na força de torção gerada pelo movimento OGP quando comparado com a rotação contínua utilizando dois instrumentos de glide path (44). Estes resultados sugerem que o movimento OGP aumenta a segurança e a vida útil dos instrumentos de glide path por reduzir o estresse nas paredes do canal radicular, o que pode ser atribuído à progressão angular do movimento OGP.

Tendo em vista que este estudo foi realizado em condições laboratoriais, mais estudos são necessários para confirmar os achados do presente estudo. Dentro das limitações do estudo, o tipo de cinemática não impactou na eficiência e taxa de sucesso do glide path utilizando o instrumento Pro Design Logic 15.03. O movimento de rotação contínua utilizado para o instrumento de glide path, esteve associado à menor expectativa de vida útil e ao menor número de rotações suportadas até a sua

falha, enquanto os movimentos recíprocos de angulações $150^\circ/30$, $90^\circ/30^\circ$ e o OGP se comportaram de maneira semelhante na fadiga torcional do instrumento.

4

Referências

REFERÊNCIAS

1. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004;30(8):559-67.
2. Gorni FG, Gagliani MM. The outcome of endodontic retreatment: a 2-yr follow-up. *J Endod.* 2004;30(1):1-4.
3. Alcalde MP, Duarte MAH, Bramante CM, Tanomaru M Filho, Vasconcelos BC, Só MVR, et al. Torsional fatigue resistance of pathfinding instruments manufactured from several nickel-titanium alloys. *Int Endod J.* 2018;51(6):697-704.
4. West JD. The endodontic Glidepath: "Secret to rotary safety". *Dent Today.* 2010;29(9):90-3.
5. Plotino G, Nagendrababu V, Bukiet F, Grande NM, Veetil SK, De-Deus G, et al. Influence of Negotiation, Glide Path, and Preflaring Procedures on Root Canal Shaping-Terminology, Basic Concepts, and a Systematic Review. *J Endod.* 2020;46(6):707-29.
6. Elnaghy AM, Elsaka SE. Evaluation of root canal transportation, centering ratio, and remaining dentin thickness associated with ProTaper Next instruments with and without glide path. *J Endod.* 2014;40(12):2053-6.
7. Dhingra A, Manchanda N. Modifications in Canal Anatomy of Curved Canals of Mandibular First Molars by two Glide Path Instruments using CBCT. *J Clin Diagn Res.* 2014;8(11):13-7.
8. Berutti E, Cantatore G, Castelluci A, Chiandussi G, Pera F, Migliaretti G, et al. Use of nickel-titanium rotary PathFile to create the glide path: comparison with manual preflaring in simulated root canals. *J Endod.* 2009;35(3):408-12.
9. Berutti E, Negro AR, Lendini M, Pasqualini D. Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary instruments. *J Endod.* 2004;30(4):228-30.
10. De-Deus G, Belladonna FG, Souza EM, Alves VO, Silva EJ, Rodrigues E, et al. Scouting Ability of 4 Pathfinding Instruments in Moderately Curved Molar Canals. *J Endod.* 2016;42(10):1540-4.
11. Hartmann RC, Peters OA, De Figueiredo JAP, Rossi-Fedele G. Association of manual or engine-driven glide path preparation with canal centring and apical transportation: a systematic review. *Int Endod J.* 2018;51(11):1239-52.
12. Pasqualini D, Bianchi CC, Paolino DS, Mancini L, Cemenasco A, Cantatore G, et al. Computed micro-tomographic evaluation of glide path with nickel-titanium rotary PathFile in maxillary first molars curved canals. *J Endod.* 2012;38(3):389-93.

13. Paleker F, Van der Viver PJ. Comparison of Canal Transportation and Centering Ability of K-files, ProGlider File, and G-Files: A Micro-Computed Tomography Study of Curved Root Canals. *J Endod.* 2016;42(7):1105-9.
14. D'Amario M, Baldi M, Petricca R, De Angelis F, El Abed R, D'Arcangelo C. Evaluation of a new nickel-titanium system to create the glide path in root canal preparation of curved canals. *J Endod.* 2013;39(12):1581-4.
15. Topçuoğlu HS, Düzgün S, Akpek F, Topçuoğlu G, Aktı A. Influence of a glide path on apical extrusion of debris during canal preparation using single-file systems in curved canals. *Int Endod J.* 2016;49(6):599-603.
16. Ha JH, Kim SK, Kwak SW, El Abed R, Bae YC, Kim HC. Debris extrusion by glide-path establishing endodontic instruments with different geometries. *J Dent Sci.* 2016;11(2):136-40.
17. Dagna A, El Abed R, Hussain S, Abu-Tahun IH, Visai L, Bertoglio F, et al. Comparison of apical extrusion of intracanal bacteria by various glide-path establishing systems: an in vitro study. *Restor Dent Endod.* 2017;42(4):316-23.
18. Adıgüzel M, Yılmaz K, Tüfenkçi P. Comparison of postoperative pain intensity after using reciprocating and continuous rotary glide path systems: a randomized clinical trial. *Restor Dent Endod.* 2019;44(1):1-9.
19. Lopes HP, Elias CN, Siqueira JF, Soares RG, Souza LC, Oliveira JC, et al. Mechanical behavior of pathfinding endodontic instruments. *J Endod.* 2012;38(10):1417-21.
20. Wycoff RC, Berzins DW. An in vitro comparison of torsional stress properties of three different rotary nickel-titanium files with a similar cross-sectional design. *J Endod.* 2012;38(8):1118-20.
21. Castelló-Escrivá R, Alegre-Domingo T, Faus-Matoses V, Román-Richon S, Faus-Llácer VJ. In vitro comparison of cyclic fatigue resistance of ProTaper, WaveOne, and Twisted Files. *J Endod.* 2012;38(11):1521-4.
22. Gambarini G, Plotino G, Sannino G, Grande NM, Giansiracusa A, Piasecki L, et al. Cyclic fatigue of instruments for endodontic glide path. *Odontology.* 2015;103(1):56-60.
23. Karatas E, Arslan H, Kırıcı DÖ, Alsancak M, Çapar ID. Quantitative evaluation of apically extruded debris with Twisted File Adaptive instruments in straight root canals: reciprocation with different angles, adaptive motion and continuous rotation. *Int Endod J.* 2016;49(4):382-5.
24. Caballero-Flores H, Nabeshima CK, Binotto E, Machado MEL. Fracture incidence of instruments from a single-file reciprocating system by students in an endodontic graduate programme: a cross-sectional retrospective study. *Int Endod J.* 2019;52(1):13-8.

25. Saber Sel D, Abul El Sadat SM. Effect of altering the reciprocation range on the fatigue life and the shaping ability of WaveOne nickel-titanium instruments. *J Endod.* 2013;39(5):685-8.
26. Gambarini G, Piasecki L, Miccoli G, Gaimari G, DiGiorgio R, Di Nardo R, et al. Classification and cyclic fatigue evaluation of new kinematics for endodontic instruments. *Aust Endod J.* 2019;45(2):154-62.
27. Ruddle CJ, Machtou P, West JD. Endodontic canal preparation: innovations in glide path management and shaping canals. *Dent Today.* 2014;33(7):1-7.
28. Zuolo ML, Carvalo MC, De-Deus G. Negotiability of Second Mesiobuccal Canals in Maxillary Molars Using a Reciprocating System. *J Endod.* 2015;41(11):1913-7.
29. Keskin G, Sivas Yilmaz Ö, Inan U, Özdemir Ö. Postoperative pain after glide path preparation using manual, reciprocating and continuous rotary instruments: a randomized clinical trial. *Int Endod J.* 2019;52(5):579-87.
30. Alcalde MP, Duarte MAH, Calefi PHS, Cruz VM, Vasconcelos BC, Só MVR, et al. Evaluation of type of kinematics on glide path procedures and torsional fatigue resistance after preparation of moderately curved canals. *Braz Oral Res.* 2021;35:1-10.
31. Alves VO, Bueno CE, Cunha RS, Pinheiro SL, Fontana CE, De Martin AS. Comparison among manual instruments and PathFile and Mtwo rotary instruments to create a glide path in the root canal preparation of curved canals. *J Endod.* 2012;38(1):117-20.
32. Görduysus MO, Görduysus M, Friedman S. Operating microscope improves negotiation of second mesiobuccal canals in maxillary molars. *J Endod.* 2001;27(11):683-6.
33. Kulild JC, Peters DD. Incidence and configuration of canal systems in the mesiobuccal root of maxillary first and second molars. *J Endod.* 1990;16(7):311-7.
34. Allen MJ, Glickman GN, Griggs JA. Comparative analysis of endodontic pathfinders. *J Endod.* 2007;33(6):723-6.
35. Lopes HP, Elias CN, Mangelli M, Lopes WS, Amaral G, Souza LC, et al. Buckling resistance of pathfinding endodontic instruments. *J Endod.* 2012;38(3):402-4.
36. Sun SY, Ha JH, Kwak SW, Abed RE, Byeon K, Kim HC. Torsional and cyclic fatigue resistances of glide path preparation instruments: G-file and PathFile. *Scanning.* 2014;36(5):500-6.
37. Capar ID, Kaval ME, Ertas H, Sen BH. Comparison of the cyclic fatigue resistance of 5 different rotary pathfinding instruments made of conventional nickel-titanium wire, M-wire, and controlled memory wire. *J Endod.* 2015;41(4):535-8.

38. Rowan MB, Nicholls JI, Steiner J. Torsional properties of stainless steel and nickel-titanium endodontic files. *J Endod.* 1996;22(7):341-5.
39. Wolcott J, Himel VT. Torsional properties of nickel-titanium versus stainless steel endodontic files. *J Endod.* 1997;23(4):217-20.
40. Kell T, Azarpazhooh A, Peters OA, El-Mowafy O, Tompson B, Basrani B. Torsional profiles of new and used 20/.06 GT series X and GT rotary endodontic instruments. *J Endod.* 2009;35(9):1278-81.
41. Lopes HP, Elias CN, Amaral G, Vieira VT, Moreira EJ, Mangelli M, et al. Torsional properties of pathfinding instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2011;112(5):667-70.
42. Da Frola MF, Espir CG, Berbert FL, Marques AA, Sponchiado-Junior EC, Tanomaru M Filho, et al. Comparison of cyclic fatigue and torsional resistance in reciprocating single-file systems and continuous rotary instrumentation systems. *J Oral Sci.* 2014;56(4):269-75.
43. Varela-Patiño P, Ibañez-Párraga A, Rivas-Mundiña B, Cantatore G, Otero XL, Martín-Biedma B. Alternating versus continuous rotation: a comparative study of the effect on instrument life. *J Endod.* 2010;36(1):157-9.
44. Gavini G, Akisue E, Kawakami DAS, Caldeira CL, Candeiro GTM, Vivan RR, et al. Optimum glide path motion is safer than continuous rotation of files in glide path preparation. *Aust Endod J.* 2021:1-5.