



FACULDADE DE MEDICINA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Mestrado Integrado em Medicina Dentária
Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

**Avaliação de dois sistemas de limas mecanizadas na instrumentação de
canais curvos**

Beatriz da Conceição Louro

Orientadora: Doutora Siri Folques Vicente de Paulo

Coorientador: Professor Doutor Manuel Marques Ferreira

Coimbra, julho de 2021

Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra, Portugal

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Avaliação de dois sistemas de limas mecanizadas na instrumentação de canais curvos

Louro B¹, Ferreira M², Paulo S³

¹ Aluno(a), Mestrado Integrado em Medicina Dentária, Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra, Portugal

² Professor Associado com Agregação. Instituto de Endodontia, Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra; Centro de Investigação em Meio Ambiente, Genética e Oncobiologia (CIMAGO), Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra; Coimbra Institute for Clinical and Biomedical Research (iCBR), Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra; Clinical Academic Center of Coimbra (CACCC), Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra.

³ Assistente Convidada. Instituto de Endodontia, Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra; Centro de Investigação em Meio Ambiente, Genética e Oncobiologia (CIMAGO), Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra; Coimbra Institute for Clinical and Biomedical Research (iCBR), Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra; Clinical Academic Center of Coimbra (CACCC), Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra.

Área de Medicina Dentária, Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra, Portugal

Av. Bissaya Barreto, Blocos de Celas

3000-075 Coimbra, Portugal

Tel.: +351 239 484 183

Fax.: +351 239 402 910

E-mail: beatriz_louro@hotmail.com

Índice

Resumo.....	1
Palavras-chave	2
<i>Abstract</i>	3
<i>Keywords</i>	4
Introdução	5
Materiais e Métodos	7
Seleção de dentes	7
Preparação químico-mecânica dos canais.....	8
Análise de Imagem	9
Análise estatística	10
Resultados	11
Desgaste do canal	11
Transporte do canal	13
Centralização do canal	15
Discussão.....	17
Conclusão	21
Agradecimentos	22
Referências Bibliográficas	23
Anexos	27

Resumo

Introdução:

A terapêutica endodôntica tem como objetivo a remoção dos tecidos pulparem infetados e uma conformação canalar que permita uma obturação adequada, e conseqüente bom prognóstico. O objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho das limas mecanizadas em rotação contínua ProTaper Next e TruNatomy (Dentsply Sirona Maillefer, Ballaigues, Suíça) através do desgaste, do transporte do canal e da capacidade de centralização, em canais curvos, com recurso ao CBCT.

Materiais e Métodos:

Foram selecionados 43 molares mandibulares humanos, nos quais foram preparadas 67 raízes. Estas foram divididas consoante o grau de curvatura (reta, moderada e severa) e distribuídas aleatoriamente por 2 grupos experimentais, de acordo com o sistema usado: ProTaper Next (PTN) e TruNatomy (TN). No grupo da PTN, os canais foram instrumentados com a lima K10 e com as limas *ProGlider*, X1 e X2 do sistema. No grupo da TN, os canais foram instrumentados com a lima K10 e com as limas *Orifice Modifier*, *Glider* e *Prime* do sistema. A irrigação com NaOCl a 2,5% foi realizada em ambos os grupos, entre cada instrumento. As imagens de Tomografias Computorizadas de Feixe Cônico foram obtidas antes e após instrumentação das amostras para analisar o desgaste, o transporte e a centralização do canal no terço apical (a 3mm do ápice) e médio (a 5mm do ápice). Os valores foram medidos com o programa Image J e os resultados analisados estatisticamente com $p < 0,05$.

Resultados:

No terço apical, nas curvaturas moderadas, a PTN apresentou uma tendência para maior desgaste do canal, maior transporte na direção externa da curvatura e melhor capacidade de centralização comparativamente à TN ($p > 0,05$). Nas curvaturas severas, a PTN mostrou maior desgaste do canal ($p = 0,038$), uma tendência para maior transporte na direção externa da curvatura e melhor capacidade de centralização comparativamente à TN ($p > 0,05$).

No terço médio, nas curvaturas moderadas, a PTN mostrou maior desgaste do canal ($p = 0,017$) e menor capacidade de centralização comparativamente à TN ($p > 0,05$). Nas curvaturas severas, na PTN verificou-se uma tendência para maior desgaste do canal ($p = 0,056$) e menor capacidade de centralização comparativamente à TN ($p > 0,05$).

Discussão/ Conclusão:

Relativamente à TN, a PTN apresentou maior desgaste em canais com curvaturas moderadas e severas e uma tendência para um maior transporte em canais curvos. Relativamente à capacidade de centralização, houve uma tendência de maior centralização da PTN no terço apical e da TN no terço médio, sem diferenças estatisticamente significativas entre os dois sistemas.

Palavras-chave

Instrumentação mecanizada, canais curvos, TruNatomy, Protaper Next, desgaste do canal

Abstract

Introduction:

Endodontic therapy is aimed to remove the infected pulp tissues and the canal conformation that allows an adequate obturation and, consequently, a good prognosis. The objective of this work was to compare the performance of the continuous rotation mechanized files ProTaper Next and TruNatomy (Dentsply Sirona Maillefer, Ballaigues, Switzerland) through canal wear, transportation and centering ability in curved canals, using CBCT.

Materials and methods:

Forty-three human mandibular molars were selected, from which 67 roots were prepared. These were divided according to the degree of curvature (straight, moderate and severe) and randomly distributed into 2 experimental groups, according to the instrumentation system used: ProTaper Next (PTN) and TruNatomy (TN). In the PTN group, the canals were instrumented with a K10 file and with the ProGlider, X1 and X2 files of the system. In the TN group, the canals were instrumented with the K10 file and with Orifice Modifier, Glider and Prime files of the system. Irrigation with 2.5% NaOCl was performed in both groups, between each instrument. Cone-Beam Computed Tomography images were obtained before and after instrumentation of the samples to analyze canal wear, transportation and centering ability in the apical (at 3mm from the apex) and middle (at 3mm from the apex) third. Values were measured using the Image J program and the results were statistically analyzed with $p < 0.05$.

Results:

In the apical third, in moderate curvatures, PTN showed a tendency towards greater canal wear, greater transportation in the external direction of the curvature and better centering ability compared to a TN ($p > 0.05$). In severe curvatures, a PTN showed greater canal wear ($p = 0.038$), a tendency towards greater transportation in the external direction of the curvature, and a better centering ability compared to a TN ($p > 0.05$).

In the middle third, in moderate curvatures, PTN showed greater canal wear ($p = 0.017$) and a lower centering ability compared to TN ($p > 0.05$). In severe curvatures, in PTN there was a tendency for greater canal wear ($p = 0.056$) and a lower centering ability compared to TN ($p > 0.05$).

Discussion / Conclusion:

Regarding TN, PTN showed greater wear in canals with moderate and severe curvatures and a tendency towards greater transportation in curved canals. Regarding the centering ability,

there was a tendency towards greater centralization of PTN in the apical third and of TN in the middle third, with no statistically significant differences between the two systems.

Keywords

Rotatory instruments, curved root canals, TruNatomy, Protaper Next, shaping ability

Introdução

A terapêutica endodôntica tem como objetivo a remoção dos tecidos pulparem necróticos, vitais ou infetados, de modo a receber o material de obturação, para manter o dente na arcada e restabelecer a sua função.¹

A fase da instrumentação de canais radiculares é uma fase do tratamento endodôntico que visa obter uma adequada desinfecção e preparação do sistema de canais, para posterior obturação com um material inerte.²

De acordo com a literatura, a correta instrumentação deve preservar a morfologia original do canal radicular, sem fragilizar o dente nem deslocar o forâmen apical da sua posição anatómica original, dando uma conicidade progressiva, desde a região apical até cervical.³⁻⁵

A complexidade da anatomia canalar torna cada dente único.³ Para prevenir erros de procedimento, que podem conduzir ao insucesso do tratamento endodôntico, deve-se avaliar pré-operatoriamente a anatomia e complexidade do sistema de canais radiculares bem como o grau de curvaturas.⁶

Em canais curvos, a desinfecção e a instrumentação canalar constitui um desafio ainda maior, pois as curvaturas com diferentes graus podem originar diversos acidentes indesejáveis.^{6,7} Neste tipo de canais existe uma dificuldade acrescida em manter o longo eixo centrado no canal e existe um risco aumentado de desgaste excessivo das paredes do canal, desvios, perfurações, transporte apical, formação de degraus e fratura de limas.⁷⁻⁹ Assim, fatores como a técnica de instrumentação, a flexibilidade e o diâmetro dos instrumentos endodônticos, a localização do forâmen apical e a dureza da dentina, podem influenciar o resultado da instrumentação de canais curvos.⁹

Os canais radiculares possuem curvaturas primárias e secundárias que obrigam a que os instrumentos tenham uma flexibilidade que reduza as forças internas inerentes à própria lima, que tendem a que esta restaure a sua posição original reta.¹⁰ Estas forças fazem com que a lima se desloque para fora do eixo central do canal radicular, causando transporte canalar e levando a desgastes excessivos em algumas áreas do canal, e sub instrumentação noutras.¹⁰

Estudos mostraram que a instrumentação com limas de aço inoxidável pode produzir resultados indesejáveis nos canais, devido à reduzida flexibilidade, levando à procura de novos materiais para o fabrico dos instrumentos endodônticos.¹¹

Para ultrapassar estas limitações, em 1975, surgiram ligas em níquel-titânio (NiTi) para o uso em endodontia.¹¹ Estas têm sofrido uma constante evolução, sendo dos principais

objetivos o aumento da flexibilidade e o corte da dentina do canal radicular o mais uniforme possível.^{8,11} Assim, os instrumentos endodônticos em NiTi revolucionaram a instrumentação, pois tornaram-se mais flexíveis, com maior resistência à fadiga cíclica e por torção, acompanhando anatomias mais adversas e levando a preparações mais centradas.^{10,12,13}

Dentro das novas gerações de limas mecanizadas faz parte o sistema de rotação contínua ProTaper Next (PTN; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Estas limas são fabricadas em *M-Wire*, uma liga em NiTi que passa por um processo térmico, aumentando a flexibilidade e resistência à fratura cíclica. Adicionalmente, apresentam uma seção transversal retangular excêntrica que, em rotação contínua, reduz os pontos de contato com as paredes do canal, diminuindo assim a fadiga do instrumento.^{10,13}

Mais recentemente, foi desenvolvido o sistema de limas TruNatomy (TN; Dentsply Sirona Maillefer, Ballaigues, Suíça), também utilizado em rotação contínua. Estas limas de NiTi possuem propriedades super-elásticas devido a um processo térmico realizado após fabrico, têm uma seção transversal em paralelogramo excêntrico e um diâmetro máximo de 0,8mm, comparativamente com os instrumentos como a PTN que têm 1,2mm. Este sistema de limas é referido pelo próprio fabricante, e por alguns autores, como um sistema que permite preservar a estrutura dentária e a geometria do canal, especialmente em canais curvos, devido à sua conicidade variável, maior flexibilidade e processo térmico usado no seu fabrico que leva a que, quando removidas de um canal, as limas possam parecer ligeiramente curvas, porque o metal demonstra menor memória relativamente às ligas de NiTi ou *M-Wire* convencionais.¹⁴⁻¹⁶

Para comparar a eficiência dos sistemas de instrumentação mecanizada, e as diferentes técnicas usadas na instrumentação, têm sido utilizados vários métodos, tais como a sobreposição radiográfica, tomografia computadorizada de feixe cónico (CBCT) e a microtomografia computadorizada.^{17,18}

Considerando que as limas TN são recentes no mercado, existindo poucos estudos sobre estes instrumentos, o objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho das limas de instrumentação mecanizada em rotação contínua Protaper Next e TruNatomy através do desgaste, do transporte do canal e da capacidade de centralização em canais curvos, com recurso ao uso do CBCT.

A hipótese nula é que não existem diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos (PTN e TN) no desgaste, no transporte e na capacidade de centralização do canal, após instrumentação mecanizada, em canais radiculares com curvaturas moderadas e severas.

Materiais e Métodos

Seleção de dentes

Foram selecionados 43 dentes correspondendo a 67 raízes de molares mandibulares humanos extraídos por razões não relacionadas com este estudo.

Após a remoção dos restos de tecidos moles e detritos aderidos aos mesmos, os dentes foram colocados durante uma hora em hipoclorito de sódio a 5% e conservados em soro fisiológico, no frigorífico, para posterior utilização.

Dentes com raízes com fissuras e/ou fraturas pré-identificadas, nódulos pulpares, reabsorção interna, tratamento endodôntico prévio e ápices abertos foram excluídos.

Os dentes foram numerados e incluídos em silicone *putty* (Aquasil Soft Putty, Denstply), de modo a serem radiografados com a técnica retroalveolar, no sentido vestibulo-lingual. A divisão das raízes foi realizada de acordo com o método de Schneider.¹⁹ Segundo este método, o grau de curvatura foi determinado por 2 linhas. A primeira linha foi traçada paralela ao longo eixo do canal e a segunda linha desde o forâmen apical até cruzar com a primeira linha no ponto onde o canal deixou de seguir o longo eixo do dente. O ângulo formado foi medido através do programa ImageJ, como apresentado na figura 1. Assim, as raízes foram divididas em 'retas' (curvaturas menores que 10°), 'moderadas' (curvaturas de 10° a 25°) e 'severas' (curvaturas maiores que 25°), permitindo que a avaliação dos resultados fosse efetuada em função do grau de curvatura.¹⁹

Nas raízes dos dentes foram realizadas marcas a 3mm e a 5mm do ápice com *gutta percha* aquecida, local onde seriam feitas as medições, antes e após a instrumentação. Os dentes foram divididos em dois grupos e incluídos em 4 plataformas em silicone *putty* (Aquasil Soft Putty, Denstply). As imagens de CBCT foram realizadas com o *scanner* i-CAT Vision™ (Imaging Sciences International, Hatfield, Pensilvânia, EUA) na mesma posição e com os mesmos parâmetros de exposição antes e depois da instrumentação, com o campo de visão de 8 x 8 cm e resolução de 0,125 *voxel* com um tempo de aquisição igual a 26,9 segundos. O corte axial foi realizado com uma espessura de 0,13 mm.

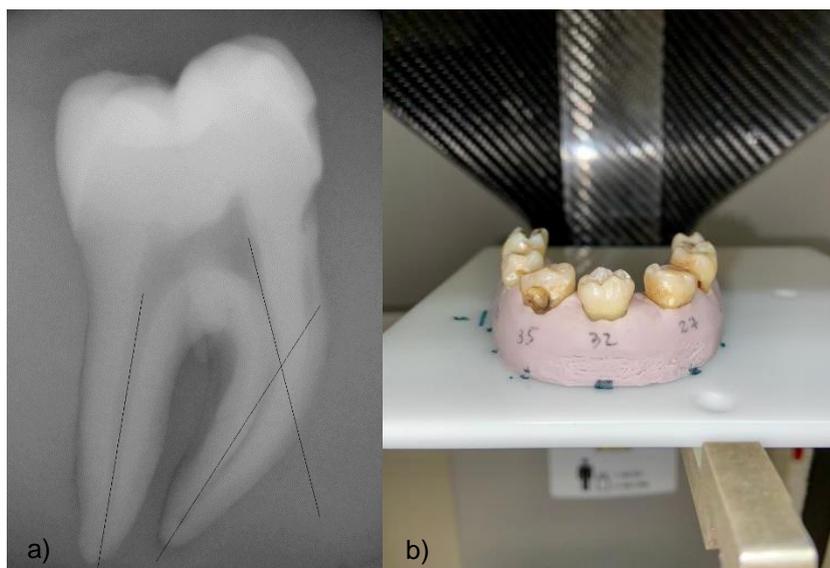


Figura 1: a) Medição das curvaturas das raízes segundo o método de Schneider¹⁸; b) Posicionamento dos dentes para realização do CBCT.

Preparação químico-mecânica dos canais

A preparação da cavidade de acesso endodôntico foi iniciada com uma broca diamantada esférica em turbina, foi confirmada a permeabilidade do canal e foram realizados os desgastes compensatórios. O comprimento do canal radicular foi determinado pela visibilidade da ponta de uma lima K10 (Dentsply Maillefer, Suíça) no ápice e o seu stop ajustado. O comprimento do canal radicular foi medido com o auxílio de uma régua endodôntica e a odontometria de trabalho (CT) foi determinada subtraindo 0,5 mm ao comprimento do canal.

Durante a instrumentação foi realizada a irrigação do canal com hipoclorito de sódio (NaOCl) a 2,5%, entre cada instrumento e foi feita a permeabilização com uma lima K10 (CT+0,5mm) e a limpeza das limas com uma gaze húmida. O gel à base de EDTA (Glyde, Denstply Maillefer Ballaigues, Suíça) foi usado como lubrificante de canais.

Antes de iniciar a instrumentação dos canais radiculares, estes foram novamente permeabilizados com uma lima K10 (CT+0,5mm).

Para proceder à instrumentação mecanizada foi utilizado o motor elétrico (X-Smart; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) a 250 rpm em rotação contínua, com um torque de 2 Ncm, no grupo 1 (PTN) e a 400 rpm, com um torque de 1,6 Ncm, no grupo 2 (TN).

No grupo 1, na instrumentação com o sistema ProTaper Next (PTN; Denstply Maillefer, Ballaigues, Suíça), os canais foram inicialmente instrumentados manualmente com as limas K10 e mecanicamente com a lima *ProGlider* (016/0.02) ao CT, de modo a confirmar a

reprodutibilidade do *glidepath*. Em seguida, os canais foram instrumentados na seguinte sequência: X1 (017/0.04) e X2 (025/0.06) ao CT.

No grupo 2, na instrumentação mecanizada com o sistema TruNatomy (TN; Denstply Maillefer, Ballaigues, Suíça), após instrumentação manual com a lima K10 ao CT, foi utilizada a lima *Orifice Modifier* (20/0.08) para instrumentar o terço coronário, em seguida, foi criado um *glidepath* com a lima TruNatomy *Glider* (17/0.02) ao CT e, por fim, o canal foi instrumentado com a lima TruNatomy *Prime* (26/0.04) ao CT.

No final da instrumentação foi verificada a permeabilização apical e os canais foram irrigados com 2ml de NaOCl a 2,5%.

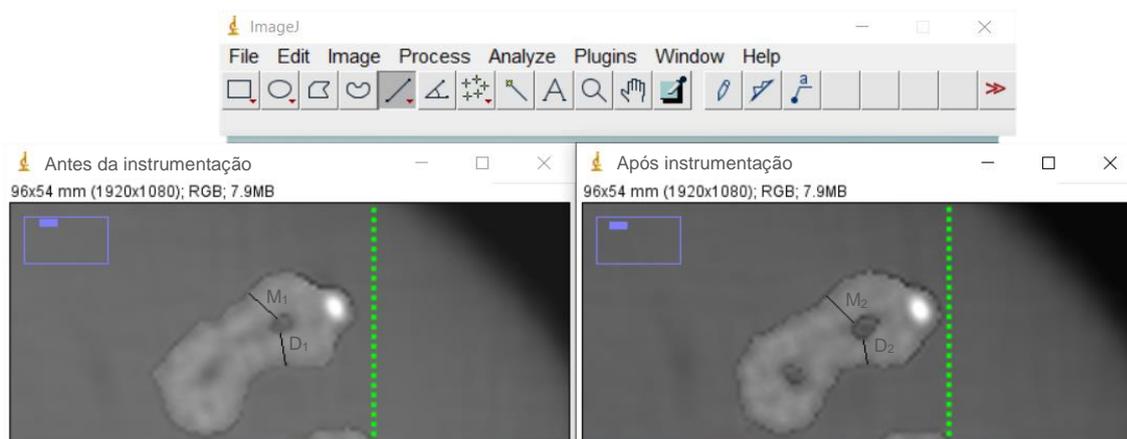


Figura 2: Medições das distâncias antes e depois da instrumentação, segundo o método de Gambill *et al.*¹¹

Análise de Imagem

Para avaliar as diferenças na dimensão canalar antes e depois da instrumentação foi utilizado o método descrito por Gambill *et al.*¹¹ Assim, foram medidas as distâncias mais curtas desde a parede do canal não instrumentado à parede externa da raiz nas direções mesial (M_1) e distal (D_1), comparando-as com as mesmas medições nas imagens com os canais instrumentados, sendo que M_2 corresponde à medição na parte mesial e D_2 na parte distal após a instrumentação. As medições foram realizadas através do programa Image J, como apresentado na figura 2. Os valores foram medidos a 2 comprimentos diferentes a partir do ápice dos canais radiculares, a 3mm (terço apical) e a 5mm (terço médio) do ápice.

As secções transversais a estes 2 níveis foram avaliadas de acordo com as seguintes equações:

Desgaste total méso-distal (MD) do canal = $(M_1 - M_2) + (D_1 - D_2)$ (quanto maior o valor, maior é o desgaste MD do canal);

Transporte do canal = $(M_1 - M_2) - (D_1 - D_2)$ (um valor igual a 0 indica que não houve transporte, um valor positivo indica que o transporte do canal ocorreu na direção da curvatura externa da raiz e um valor negativo indica que houve transporte do canal na direção da curvatura interna da raiz);

Capacidade de centralização do canal =
= $(M_1 - M_2) / (D_1 - D_2)$, se $(D_1 - D_2) > (M_1 - M_2)$ ou
= $(D_1 - D_2) / (M_1 - M_2)$, se $(M_1 - M_2) > (D_1 - D_2)$
(ocorre uma centralização perfeita quando o valor do quociente é 1 e a capacidade do instrumento se manter centrado no canal piora quanto mais próximo de 0 é a relação).

Os dados obtidos em milímetros (mm) foram registados numa tabela do Microsoft Excel (Microsoft Corp, Redmond, WA) e verificados.

Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada usando o *software* IBM® SPSS® 27.0 (IBM Corporation, Armonk, Nova Iorque, EUA) e a representação gráfica dos dados foi efetuada recorrendo ao *software* GraphPad Prism 8.0. Os resultados foram expressos em mm sob a forma de média \pm erro padrão no desgaste do canal e sob a forma de mediana (mínimo; máximo) no transporte e centralização do canal. Inicialmente foram analisadas a normalidade da distribuição e a homogeneidade de variâncias segundo os testes de *Shapiro-Wilk* e o teste de *Levene*, respetivamente. No caso da distribuição das variáveis quantitativas ser normal utilizaram-se testes paramétricos: teste t *student* para comparação entre as limas PTN e TN. No caso de ausência de normalidade, usaram-se testes não paramétricos: teste de *Mann-Whitney* para comparação de 2 amostras independentes e o teste de *Kruskal-Wallis* para comparação de 3 amostras independentes. As comparações múltiplas entre condições foram realizadas com recurso ao teste de *Games-Howell* na presença de variâncias não presumidas, ou pelo teste de *Tukey*, em caso contrário. Foi considerada uma significância de 0,05.

Resultados

Desgaste do canal

Aos 3mm,

- nos canais retos, a PTN apresentou valores de desgaste de $0,183\pm 0,026$ e a TN de $0,200\pm 0,056$, sem diferença estatisticamente significativa ($p=0,794$);

- nas curvaturas moderadas, apesar da PTN apresentar tendência para um maior desgaste do canal ($0,186\pm 0,037$) comparativamente com a TN ($0,109\pm 0,021$), não existe diferença estatisticamente significativa ($p=0,124$);

- nas curvaturas severas, o desgaste apresenta diferença com significado estatístico entre as limas PTN ($0,214\pm 0,021$) e TN ($0,155\pm 0,018$), ($p=0,038$).

Aos 5mm,

- nos canais retos, a TN apresentou tendência para um maior desgaste relativamente à PTN ($0,214\pm 0,059$ vs $0,142\pm 0,051$), sem diferença estatisticamente significativa ($p=0,394$);

- nas curvaturas moderadas, a PTN apresentou um maior desgaste relativamente à TN, com diferença estatisticamente significativa ($0,218\pm 0,030$ vs $0,120\pm 0,022$), ($p=0,017$);

- nas curvaturas severas, a PTN apresentou tendência para um maior desgaste do canal ($0,226\pm 0,027$) comparativamente com a TN ($0,158\pm 0,022$), sem diferença estatisticamente significativa ($p=0,056$).

A tabela 1 apresenta o desgaste do canal aos 3 e 5mm após instrumentação com PTN e TN e a figura 3 permite observar a variação dos resultados.

Tabela 1: Média e erro padrão do desgaste total méso-distal (em milímetros) aos 3 e 5 mm após instrumentação de canais com curvaturas retas, moderadas e severas com os sistemas de instrumentação mecanizada PTN e TN.

		Desgaste total (mm)					
Nível da raiz	Curvatura da raiz / Sistema de limas	Retas		Moderadas		Severas	
		3 mm	PTN	0,183 ± 0,025	p=0,794	0,186 ± 0,037	p=0,124
	TN	0,200 ± 0,056	0,109 ± 0,021	0,155 ± 0,018			
5 mm	PTN	0,142 ± 0,051	p=0,394	0,218 ± 0,030	p=0,017	0,226 ± 0,027	p=0,056
		TN		0,214 ± 0,059		0,120 ± 0,022	

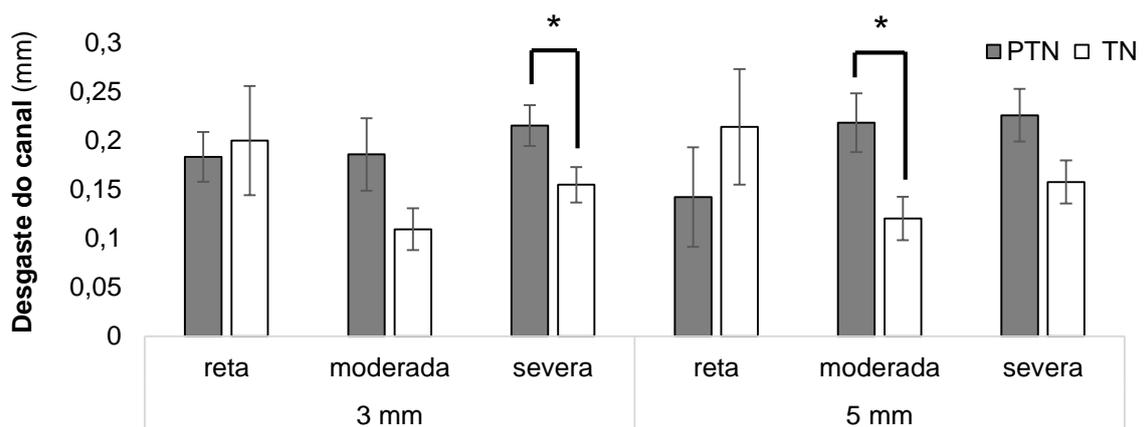


Figura 3: Média e erro padrão do desgaste total méso-distal (em milímetros) aos 3 e 5 mm após instrumentação de canais com curvaturas retas, moderadas e severas com os sistemas de instrumentação mecanizada PTN e TN; *p<0,05 entre os grupos PTN e TN.

Transporte do canal

Aos 3mm,

- nos canais retos, a TN apresentou uma maior tendência para o transporte do canal para o lado interno da curvatura de $[(- 0,057) (- 0,171; 0,019)]$ comparativamente com a PTN de $[(- 0,009) (-0,080; 0,128)]$, sem diferença estatisticamente significativa ($p=0,164$);

- nas curvaturas moderadas, a PTN apresentou um transporte do canal para o lado externo da curvatura de $[0,060 (- 0,123; 0,369)]$, tendencialmente maior do que o apresentado pela TN, de $[0,012 (- 0,184; 0,164)]$, sem diferença estatisticamente significativa ($p=0,075$);

- nas curvaturas severas, a PTN demonstrou um transporte do canal para o lado externo da curvatura de $[0,056 (- 0,251; 0,238)]$, tendencialmente maior do que o apresentado pela TN de $[0,045 (- 0,083; 0,280)]$, sem diferença estatisticamente significativa ($p=0,991$).

Aos 5mm,

- nos canais retos, o transporte do canal com a PTN foi de $[0,025 (- 0,060; 0,104)]$ para o lado externo da curvatura e da TN foi de $[(- 0,076) (- 0,246; 0,014)]$ para o lado interno da curvatura, não existindo diferença estatisticamente significativa ($p=0,103$);

- nas curvaturas moderadas, ambas apresentaram um transporte do canal para o lado interno da curvatura. As limas PTN de $[(- 0,021) (- 0,283; 0,333)]$ e as TN de $[(- 0,022) (- 0,159; 0,115)]$, sem diferença estatisticamente significativa ($p=0,910$);

- nas curvaturas severas, o transporte do canal com a PTN foi de $[(- 0,039) (- 0,317; 0,300)]$ para o lado interno da curvatura e da TN foi de $[0,036 (- 0,150; 0,145)]$ para o lado externo da curvatura, não existindo diferença estatisticamente significativa ($p=0,787$).

Na tabela 2, está representado o transporte do canal aos 3 e 5mm entre as limas PTN e TN, nas curvaturas reta, moderada e severa e a figura 4 permite observar a distribuição dos valores.

Tabela 2: Valores de mediana (mínimo; máximo) do transporte do canal na direção externa (valores positivos) e interna (valores negativos) da curvatura da raiz aos 3 e 5mm após instrumentação de canais com curvaturas retas, moderadas e severas com os sistemas de instrumentação mecanizada PTN e TN.

Transporte do canal (mm)

Nível da raiz	Curvatura da raiz		Sistema de limas				
	Retas	Moderadas	Severas				
3 mm	PTN	-0,009 (-0,080; 0,128)	p=0,164	0,060 (-0,123; 0,369)	p=0,075	0,056 (-0,251; 0,238)	p=0,991
	TN	-0,057 (-0,171; 0,019)		0,012 (-0,184; 0,164)		0,045 (-0,083; 0,280)	
5 mm	PTN	0,025 (-0,060; 0,104)	p=0,103	-0,021 (-0,283; 0,333)	p=0,910	-0,039 (-0,317; 0,300)	p=0,787
	TN	-0,076 (-0,246; 0,014)		-0,022 (-0,159; 0,115)		0,036 (-0,150; 0,145)	

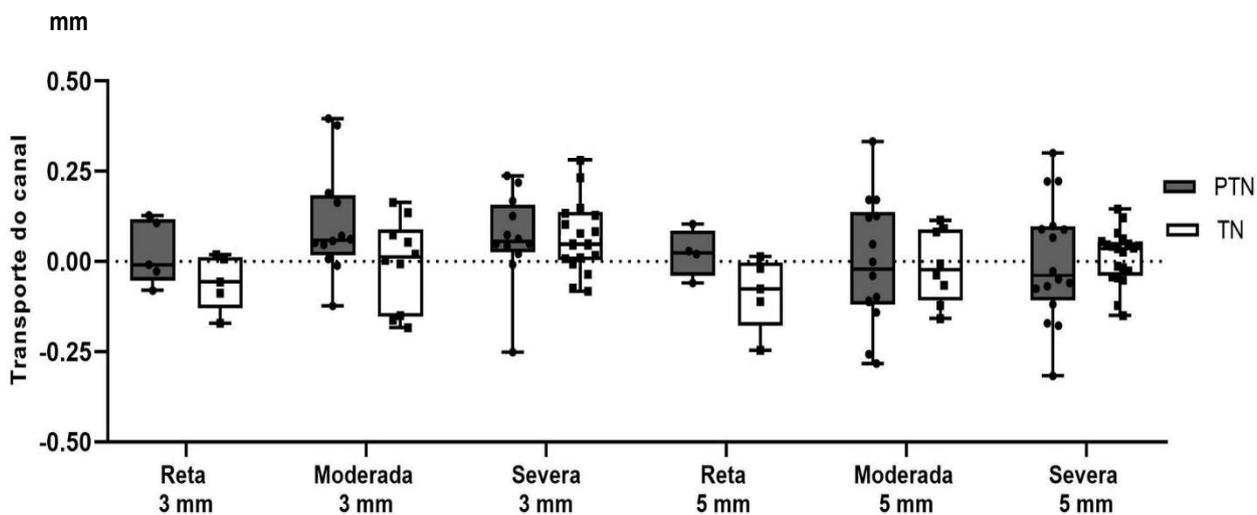


Figura 4: Valores de transporte do canal (em milímetros) na direção externa (valores positivos) e interna (valores negativos) da curvatura da raiz aos 3 e 5mm após instrumentação de canais com curvaturas retas, moderadas e severas com os sistemas de instrumentação mecanizada PTN e TN ($p>0,05$); as caixas especificam a mediana e o intervalo interquartis.

Centralização do canal

Aos 3mm,

- nos canais retos, a TN apresentou uma maior tendência de centralização [0,406 (0,207; 0,951)] relativamente à PTN [0,357 (0,245; 0,905)], sem diferença estatisticamente significativa ($p=0,969$);

- nas curvaturas moderadas, a PTN apresentou uma maior tendência de centralização [0,301 (0,041; 0,811)] relativamente à TN [0,088 (0,013; 0,922)], sem diferença estatisticamente significativa ($p=0,114$);

- nas curvaturas severas, a PTN apresentou uma maior tendência de centralização [0,452 (0,012; 0,920)] relativamente à TN [0,252 (0,007; 0,922)], sem diferença estatisticamente significativa ($p=0,385$).

Aos 5mm,

- nos canais retos, canais com curvaturas moderadas e canais com curvaturas severas, a TN apresentou uma maior tendência de centralização, sem significado estatístico, relativamente à PTN, apresentando os seguintes valores:

- TN [0,367 (0,016; 0,537)] vs PTN [0,269 (0,063; 0,844)] nos canais retos ($p=0,874$);

- TN [0,229 (0,025; 0,700)] vs PTN [0,091 (0,000; 0,992)], nas curvaturas moderadas ($p=0,339$);

- TN [0,364 (0,099; 0,821)] vs PTN [0,268 (0,022; 0,695)], nas curvaturas severas ($p=0,119$).

Na tabela 3, está representado a capacidade de centralização do canal (valores entre 0 e 1) aos 3 e 5mm entre as limas PTN e TN, nas curvaturas reta, moderada e severa e a figura 5 permite observar a distribuição dos resultados.

Tabela 3: Valores de mediana (mínimo; máximo) da capacidade de centralização do canal (valores de 0 a 1) aos 3 e 5mm após instrumentação de canais com curvaturas retas, moderadas e severas com os sistemas de instrumentação mecanizada PTN e TN.

		Centralização do canal					
Nível da raiz	Curvatura da raiz / Sistema de limas	Retas		Moderadas		Severas	
		3 mm	PTN	0,357 (0,245; 0,905)	p=0,969	0,301 (0,041; 0,811)	p=0,114
	TN	0,406 (0,207; 0,951)		0,088 (0,013; 0,922)		0,252 (0,007; 0,922)	
5 mm	PTN	0,269 (0,063; 0,844)	p=0,874	0,091 (0,000; 0,992)	p=0,339	0,268 (0,022; 0,695)	p=0,119
	TN	0,367 (0,016; 0,537)		0,229 (0,025; 0,700)		0,364 (0,099; 0,821)	

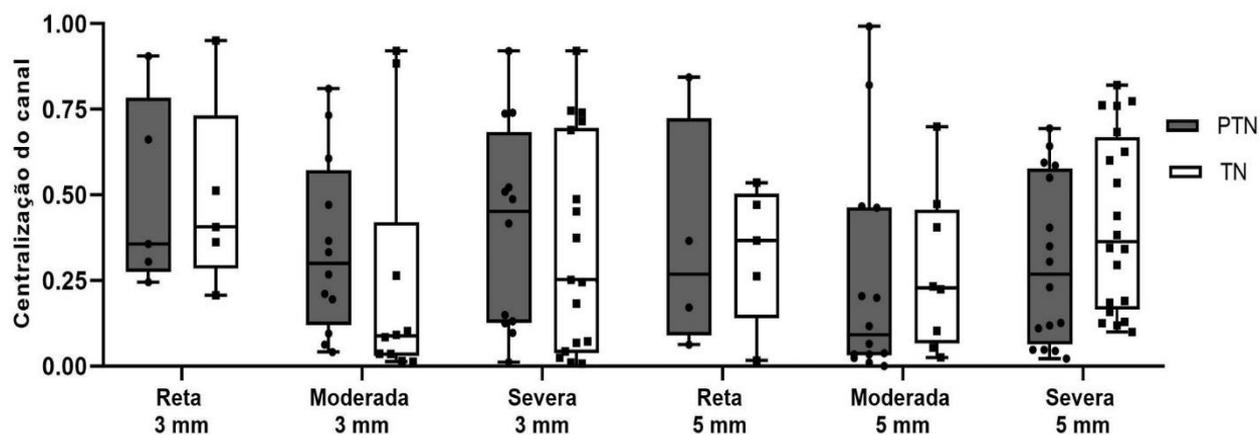


Figura 5: Valores de capacidade de centralização do canal aos 3 e 5 mm após instrumentação de canais com curvaturas retas, moderadas e severas com os sistemas de instrumentação mecanizada PTN e TN ($p > 0,05$); os valores variam de 0 a 1, onde 1 a lima está centrada no canal; as caixas especificam a mediana e o intervalo interquartis.

As amostras da PTN e TN foram inicialmente validadas quanto à sua homogeneidade para as mesmas curvaturas ($p > 0,05$).

Durante a instrumentação houve a fratura de duas limas, uma lima PTN X2 e uma TN Prime.

Discussão

A preservação da anatomia original do canal permite alcançar melhores resultados e favorecer o prognóstico de um dente com tratamento endodôntico.¹ Assim, a instrumentação mecanizada com limas em NiTi veio colmatar muitas das limitações da instrumentação manual.²⁰ Através da instrumentação mecanizada passou a ser possível uma abordagem de anatomias mais desafiantes, dada a sua flexibilidade, resistência à fratura e capacidade revolucionária de corte, alcançadas através das propriedades inovadoras dos instrumentos como o tipo de liga, o *design* da secção transversal e o grau de conicidade.²⁰

Nos últimos anos, apesar das diversas gerações de limas que surgiram, os fabricantes continuaram a aprimorar as características e tipo de ligas para facilitar uma abordagem mais eficaz dos canais curvos, prevenindo os riscos que surgem durante a instrumentação.²⁰ Dentro dos novos sistemas, surgiu a TruNatomy (Dentsply Sirona Maillefer, Ballaigues, Suíça), um novo sistema de limas mecanizadas para melhorar o desempenho, levar a uma maior conservação de estrutura dentária e a um maior respeito pela anatomia.¹⁶ Segundo o fabricante, as limas TN possuem uma maior flexibilidade e resistência à fadiga cíclica, permitem um melhor desempenho e eficiência, com mais espaço para desbridamento e remoção de detritos.¹⁶ Assim, este estudo pretendeu confirmar os benefícios destas limas relativamente às limas comumente utilizadas como a PTN, de modo a perceber se estas novas limas oferecem vantagens relativamente às já existentes.

As limas TN são fabricadas numa liga de NiTi com um tratamento térmico especial após fabrico, apresentam um diâmetro máximo de 0,8mm, uma conicidade variável e uma secção transversal em forma de paralelogramo excêntrico.¹⁶ Além disso, estas operam a uma velocidade maior e com menor torque.¹⁶ As PTN, por outro lado, possuem um diâmetro máximo de 1,2mm, com uma conicidade variável e uma secção transversal retangular excêntrica.²¹ Apesar das diferenças nestes dois sistemas de limas, estas apresentam diâmetros apicais de 0,17, 0,25 e 0,30 mm nas limas PTN X1, X2 e X3, respetivamente, semelhantes aos 0,17, 0,26 e 0,36 mm nas limas TN *Small*, *Prime* e *Medium*, respetivamente, permitindo uma comparação das suas características de instrumentação.²² Embora com conicidades diferentes, a lima TN *Prime* (26/0.04) e a lima PTN X2 (25/0.06) foram usadas neste trabalho, para comparação dos dois sistemas, por possuírem um diâmetro em D0 semelhante, tal como reportado noutros estudos.^{23,24}

No nosso estudo foram usados molares inferiores humanos porque, testar instrumentos endodônticos em dentina natural permite recriar as condições clínicas mais reais quando comparadas com canais artificiais padronizados.²⁵ Pelo mesmo motivo, para uma

melhor simulação, foram mantidas as coroas, onde a interferência da dentina cervical origina tensões nas limas durante a instrumentação do canal radicular.²⁶

Na determinação da curvatura dos canais radiculares foi utilizado o método de Schneider¹⁹, através do programa Image J, e as medições foram realizadas e confirmadas por 2 avaliadores independentes. As raízes foram distribuídas aleatoriamente pelos grupos, com uma média de curvaturas semelhante, e os canais retos foram usados como controlo.

Relativamente ao método radiográfico optou-se pela imagem obtida com o uso de CBCT, pois este permite uma avaliação tridimensional precisa e reprodutível das dimensões canulares antes e após a instrumentação e sem haver destruição das amostras.²⁷ Esta técnica consegue superar as limitações da radiografia retroalveolar, possibilitando a análise de imagens tridimensionais, sem sobreposição anatômica e distorção de imagem e uma melhor análise da morfologia dos canais radiculares.⁶

As medições obtidas através das imagens com CBCT foram recolhidas aos 3 e 5mm, representando os terços apicais e médios dos canais radiculares, respetivamente, onde geralmente há uma maior vulnerabilidade de acidentes iatrogénicos devido às curvaturas existentes.¹⁸

Neste trabalho foi avaliada a quantidade de dentina removida, sendo considerado um parâmetro importante, dado que, quando removida em excesso, pode predispor os dentes à fratura radicular.²⁸

A PTN, comparativamente à TN, apresentou maior desgaste nos canais com curvatura severa, no terço apical, e nos canais com curvatura moderada, no terço médio. Revelou ainda uma tendência de maior desgaste nas curvaturas moderadas, no terço apical, e nas severas, no terço médio. A diferença de conicidades entre as limas TN *Prime* (26/0.04) e a PTN X2 (25/0.06) pode explicar o desgaste mais conservador da TN, dado que esta apresenta um diâmetro menor aos 3 e 5 mm comparativamente à PTN.¹⁶ Contudo nos canais retos, usados como controlo, o que se verificou foi aos 3mm um desgaste do canal de $0,183 \pm 0,026$ na PTN e de $0,200 \pm 0,056$ na TN e aos 5mm de $0,142 \pm 0,051$ na PTN e de $0,214 \pm 0,059$ na TN, o que mostra que essa desigualdade de diâmetros não corresponde a uma diferença de desgaste acentuada como apresentada nos canais curvos.

No terço apical dos canais curvos, as limas demonstraram um transporte do canal para o lado externo da curvatura, tendencialmente maior na PTN do que na TN. As diferenças no transporte do canal entre as limas PTN e TN podem ser justificadas pela maior flexibilidade da lima TN e da sua capacidade de adaptação ao canal.¹⁶

A PTN e a TN apresentaram razões de centralização inferiores a 1, o que significa que para ambos os grupos ocorreram desvios do eixo central do canal após instrumentação.

No terço apical dos canais curvos, a PTN exibiu uma centralização tendencialmente maior do que a TN, contrariamente ao verificado nos canais retos com valores muito semelhantes entre as limas. No terço médio, a TN revelou uma maior tendência de centralização comparativamente à PTN.

Sabendo que a capacidade de centralização foi calculada através da razão do menor valor de desgaste numa das direções do canal pelo maior valor de desgaste para a direção oposta, verificou-se que com a TN se obteve uma mediana baixa, como no terço apical em curvaturas moderadas de 0,088. Tal pode ser explicado pela existência de valores extremamente baixos de desgaste de um dos lados do canal que, ao aplicar a fórmula correspondente à capacidade de centralização: $(M_1 - M_2) / (D_1 - D_2)$, se $(D_1 - D_2) > (M_1 - M_2)$ ou $(D_1 - D_2) / (M_1 - M_2)$, se $(M_1 - M_2) > (D_1 - D_2)$, esses valores menores constituem o numerador desta razão e, assim, o resultado também é um valor muito baixo que não corresponde necessariamente a uma descentralização do canal, mas sim ao facto do desgaste ser muito conservador num dos lados do canal.

De acordo com o único estudo publicado e encontrado na literatura, que avalia PTN e TN na sua capacidade de transporte e centralização do canal, entre outras limas, este revela que os sistemas PTN e TN causaram transporte e capacidade de centralização semelhantes a todos os níveis, sem diferenças estatisticamente significativas aos 3 e 5mm.²³ No presente estudo, no entanto, foram encontradas algumas diferenças, apesar de também sem significado estatístico.

Avaliando a PTN e a TN com outros sistemas de limas, Kabil *et al.*, mostraram menor transporte do canal aos 5mm destes dois sistemas comparativamente ao sistema Reciproc Blue. Além disso, comparativamente ao Reciproc Blue, a PTN causou um menor transporte e maior capacidade de centralização.²³

Existem diversos estudos, que compararam a PTN com outros sistemas de limas. O estudo de Yuan *et al.* revelou que o sistema PTN teve menor transporte do que o Wave One na direção da curvatura principal, no terço apical.²⁹ No estudo de Elnaghy *et al.*, comparativamente ao sistema TRUShape, a PTN mostrou significativamente menor transporte e uma maior capacidade de centralização, nos terços médios e apicais ($p < 0,05$).³⁰ Tal como Tavanafar *et al.* revelaram que os canais instrumentados com PTN estavam mais centrados do que os com Wave One ou ProTaper Universal ($p < 0,05$), além disso, aos 5mm a PTN causou significativamente menor transporte do canal do que a Wave One ($p = 0,022$), neste estudo foram usados canais simulados em blocos de resina, severamente curvos.³¹ Pelo contrário, Huang *et al.*, revelaram que a PTN teve significativamente menor capacidade de centralização a 3mm do ápice quando comparada ao sistema HyFlex™ CM e HyFlex™

EDM ($p < 0,05$), este estudo também foi realizado em blocos de resina com canais radiculares curvos simulados.³²

A divergência de resultados pode ser explicada pelas diferentes metodologias utilizadas, tais como o método de avaliação, o tipo de dente, o facto de ser dente natural ou em bloco de acrílico, a comparação da PTN com sistemas de rotação recíproca e a técnica de instrumentação.²⁶ No nosso trabalho realizámos a instrumentação com dois sistemas em rotação contínua, para possibilitar a comparação dos dois tipos de limas nas mesmas condições.

Neste trabalho foram utilizados os cálculos descritos por Gambill *et al.*²⁶, tal como referido por outros estudos que também compararam sistemas de limas através da determinação do desgaste antes e após a instrumentação, possibilitando avaliar através de cortes transversais o desgaste total, o transporte e a capacidade de centralização da lima no canal.^{18,30,32-35}

Neste estudo ocorreu a fratura de um instrumento da PTN e um da TN. A fratura dos instrumentos em NiTi que pode ocorrer durante a instrumentação, pode dever-se a razões complexas e multifatoriais, tais como o uso repetido das mesmas limas, a experiência do operador, o *design* e propriedades do instrumento e a anatomia do canal radicular.²⁰

Segundo Wu *et al.*³⁶, um transporte apical maior ou igual a 0,3mm pode comprometer a qualidade da selagem apical em canais curvos. Aplicando esta informação a este trabalho, pode-se depreender que a TN não causou um transporte maior ou igual a 0,3mm em nenhum canal, pelo que se pode considerar um sistema de limas mecanizadas seguro.

Os resultados do presente estudo levam a rejeitar a hipótese nula, que não existem diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos (PTN e TN) no que respeita ao desgaste após instrumentação mecanizada no terço apical em curvaturas severa e no terço médio em curvaturas moderadas, dado que existem diferenças com significado estatístico entre a PTN e a TN ($p < 0,05$).

A hipótese nula pode ser aceite relativamente ao desgaste do canal no terço apical em curvaturas moderadas e no terço médio em curvaturas severas, tal como no transporte e centralização do canal com curvaturas moderadas e severas no terço apical e médio, uma vez que não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre a PTN e TN ($p > 0,05$).

Conclusão

Dentro das limitações do estudo, a PTN, relativamente à TN, causou maior desgaste nas curvaturas moderadas e severas aos 3 e 5mm, apesar de só ter apresentado diferenças estatisticamente significativas no terço apical de canais severos e no terço médio de canais moderados.

Quanto ao transporte e centralização do canal, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas, no entanto, a PTN, comparativamente à TN, apresentou tendência para um maior transporte do canal na direção externa da curvatura e uma melhor capacidade de centralização nos canais com curvaturas moderadas e severas, no terço apical. No terço médio, a TN mostrou uma tendência para uma maior capacidade de centralização em todos os canais relativamente à PTN.

Para uma melhor compreensão das propriedades mecânicas deste novo sistema de limas TN e da sua influência na instrumentação de canais radiculares são necessários mais estudos futuros e com amostras mais robustas.

Agradecimentos

À minha orientadora, Doutora Siri Folques Vicente de Paulo, pela total disponibilidade, simpatia, entrega, ajuda e partilha de conhecimentos fundamentais durante toda a realização deste trabalho.

Ao meu coorientador, Professor Doutor Manuel Marques Ferreira, pela dedicação, simpatia, orientação e partilha de conhecimentos essenciais à concretização deste estudo.

À Doutora Ana Margarida Abrantes, à Doutora Salomé Pires Lourenço e ao Ricardo Teixo pela gentileza e ajuda necessária para a elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos e familiares pelo apoio incondicional ao longo de toda esta etapa.

Referências Bibliográficas

1. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: A review. *J Endod.* 2004 Aug;30(8):559–67.
2. Patnana A, Chugh A. Endodontic management of curved canals with protaper next: A case series. *Contemp Clin Dent.* 2018 Jun 1;9(5):S168–72.
3. Tomson PL, Simon SR. Contemporary Cleaning and Shaping of the Root Canal System. *Prim Dent J;* 2016 May 1;5(2):46–53.
4. van der Vyver PJ, Paleker F, Vorster M, de Wet FA. Root Canal Shaping Using Nickel Titanium, M-Wire, and Gold Wire: A Micro-computed Tomographic Comparative Study of One Shape, ProTaper Next, and WaveOne Gold Instruments in Maxillary First Molars. *J Endod.* 2019;45(1):62–7.
5. Estrela C, Bueno MR, Sousa-Neto MD, Pécora JD. Method for determination of root curvature radius using cone-beam computed tomography images. *Braz Dent J.* 2008;19(2):114–8.
6. Balani P, Niazi F, Rashid H. A brief review of the methods used to determine the curvature of root canals. *J Restor Dent.* 2015;3(3):57.
7. de Albuquerque MS, Nascimento AS, Gialain IO, de Lima EA, Nery JA, de Souza Araujo PR, de Menezes RF, Kato AS, Braz R. Canal transportation, Centering ability, and Dentin removal after instrumentation: A micro-CT evaluation. *J Contemp Dent Pract.* 2019;20(7):806–11.
8. Elias W, Kubiak K, Poncyłjusz W, Surdacka A. Root Canal Transportation after Root Canal Preparation with ProTaper Next, WaveOne Gold, and Twisted Files. *J Clin Med.* 2020 Nov 14;9(11):3661.
9. Ansari I, Maria R. Managing curved canals. *Contemp Clin Dent.* 2012 Apr;3(2):237-41.
10. Huang Z, Quan J, Liu J, Zhang W, Zhang X, Hu X. A microcomputed tomography evaluation of the shaping ability of three thermally-treated nickel-titanium rotary file systems in curved canals. *J Int Med Res.* 2019;47(1):325–34.
11. Gambill JM, Alder M, Rio CE. Comparison of Nickel-Titanium and Stainless Steel Hand-File Instrumentation Using Computed Tomography. *J Endod.* 1996;22(7):369–75.
12. Ferreira MM, Rebelo D, Caramelo F, Carrilho E, Loureiro M. In vitro evaluation of wear and canal transportation using reciprocating instruments : RECIPROC ® vs WaveOne ® files. *Rev Port Estomatol Med Dentária e Cir Maxilofac.* 2013;54(3):117–23.

13. Venino PM, Citterio CL, Pellegatta A, Ciccarelli M, Maddalone M. A Micro – computed Tomography Evaluation of the Shaping Ability of Two Nickel-titanium Instruments , HyFlex EDM and ProTaper Next. *J Endod.* 2017;43(4):628–32.
14. Vyver PJ Van Der, Vorster M, Peters OA. Minimally invasive endodontics using a new single-file rotary system. *Int Dent - African ed.* 2019;9(4):6–20.
15. Mustafa R, Al Omari T, Al-Nasrawi S, Al Fodeh R, Dkmak A, Haider J. Evaluating In Vitro Performance of Novel Nickel-Titanium Rotary System (TruNatomy) Based on Debris Extrusion and Preparation Time from Severely Curved Canals. *J Endod.* 2021;47(6):976–81.
16. TruNatomy [Internet]. [cited 2021 Jun 16]. Available from: <https://www.dentsplysirona.com/en/explore/endodontics/trunatomy.html>
17. Pedrinha VF, Brandão JM da S, Pessoa OF, Rodrigues P de A. Influence of File Motion on Shaping, Apical Debris Extrusion and Dentinal Defects: A Critical Review. *Open Dent J.* 2018;12(1):189–201.
18. 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.
19. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1971;32(2):271–5.
20. Haapasalo M, Shen Y. Evolution of nickel-titanium instruments: from past to future. *Endod Top.* 2013;29(1):3–17.
21. ProTaper Next Rotary Files | Dentsply Sirona [Internet]. [cited 2021 Jun 26]. Available from: <https://www.dentsplysirona.com/en-us/categories/endodontics/protaper-next-rotary-files.html>
22. Peters OA, Arias A, Choi A. Mechanical Properties of a Novel Nickel-titanium Root Canal Instrument: Stationary and Dynamic Tests. *J Endod.* 2020;46(7):994–1001.
23. Kabil E, Katić M, Anić I, Bago I. Micro–computed Evaluation of Canal Transportation and Centering Ability of 5 Rotary and Reciprocating Systems with Different Metallurgical Properties and Surface Treatments in Curved Root Canals. *J Endod.* 2021 Mar 1;47(3):477–84.
24. Riyahi AM, Bashiri A, Alshahrani K, Alshahrani S, Alamri HM, Al-Sudani D. Cyclic Fatigue Comparison of TruNatomy, Twisted File, and ProTaper Next Rotary Systems. *Int J Dent.* 2020 Feb 26;2020
25. Setzer FC, Kwon TK, Karabucak B. Comparison of apical transportation between two

- rotary file systems and two hybrid rotary instrumentation sequences. *J Endod.* 2010;36(7):1226–9.
26. Hartmann MSM, Barletta FB, Camargo Fontanella VR, Vanni JR. Canal Transportation after Root Canal Instrumentation: A Comparative Study with Computed Tomography. *J Endod.* 2007;33(8):962–5.
 27. Hashem AAR, Ghoneim AG, Lutfy RA, Foda MY, Omar GAF. Geometric analysis of root canals prepared by four rotary NiTi shaping systems. *J Endod.* 2012;38(7):996–1000.
 28. Pasqualini D, Alovisi M, Cemenasco A, Mancini L, Paolino DS, Bianchi CC, et al. Micro-computed tomography evaluation of ProTaper next and BioRace shaping outcomes in maxillary first molar curved canals. *J Endod.* 2015 Oct 1;41(10):1706–10.
 29. Yuan G, Yang G. Comparative evaluation of the shaping ability of single-file system versus multi-file system in severely curved root canals. *J Dent Sci.* 2018 Mar 1;13(1):37–42.
 30. Elnaghy AM, Al-Dharrab AA, Abbas HM, Elsaka SE. Evaluation of root canal transportation, centering ratio, and remaining dentin thickness of TRUShape and ProTaper Next systems in curved root canals using micro-computed tomography. *Quintessence Int.* 2017;48(1):27–32.
 31. Tavanafar S, Gilani PV, Saleh AM SE. Shaping Ability of ProTaper Universal , ProTaper NEXT and WaveOne Primary in Severely Curved Resin Blocks. *J Contemp Dent Pract.* 2019 Mar 1;20(3):363–9.
 32. Huang Z, Quan J, Liu J, Zhang W, Zhang X, Hu X. A microcomputed tomography evaluation of the shaping ability of three thermally-treated nickel-titanium rotary file systems in curved canals. *J Int Med Res.* 2019 Jan;47(1):325–34.
 33. Capar ID, Ertas H, Ok E, Arslan H, Ertas ET. Comparative study of different novel nickel-titanium rotary systems for root canal preparation in severely curved root canals. *J Endod.* 2014;40(6):852–6.
 34. Drukteinis S, Peciuliene V, Dummer PMH, Hupp J. Shaping ability of BioRace, ProTaper NEXT and Genius nickel-titanium instruments in curved canals of mandibular molars: a MicroCT study. *Int Endod J.* 2019 Jan 1;52(1):86–93.
 35. Turkistani AK, Gomaa MM, Shafei LA, Alsofi L, Majeed A, Alshwaimi E. Shaping Ability of HyFlex EDM and ProTaper Next Rotary Instruments in Curved Root Canals : A Micro-CT Study. *J Contemp Dent Pract.* 2019 Jun 1;20(6):680–5.
 36. Wu M, Fan B, Wesselink PR. Leakage Along Apical Root Fillings in Curved Root

Canals . Part I : Effects of Apical Transportation on Seal of Root Fillings. J Endod.
2000;26(4):210-6.

Anexos

Anexo I – Tabela com valores do desgaste total méso-distal da ProTaper Next (PTN) e TruNatomy (TN) aos 3 mm em curvaturas retas, moderadas e severas

Anexo II – Tabela com valores do desgaste total méso-distal da ProTaper Next (PTN) e TruNatomy (TN) aos 5 mm em curvaturas retas, moderadas e severas

Anexo III – Tabela com valores do transporte do canal da ProTaper Next (PTN) e TruNatomy (TN) aos 3 mm em curvaturas retas, moderadas e severas

Anexo IV – Tabela com valores do transporte do canal da ProTaper Next (PTN) e TruNatomy (TN) aos 5 mm em curvaturas retas, moderadas e severas

Anexo V – Tabela com valores da capacidade de centralização do canal da ProTaper Next (PTN) e TruNatomy (TN) aos 5 mm em curvaturas retas, moderadas e severas

Anexo VI – Tabela com valores da capacidade de centralização do canal da ProTaper Next (PTN) e TruNatomy (TN) aos 5 mm em curvaturas retas, moderadas e severas

Anexo VII – Tabela com média e desvio padrão das curvaturas retas, moderadas e severas da ProTaper Next (PTN) e TruNatomy (TN)

Anexo I

Desgaste total méso-distal (mm)

$(M_1 - M_2) + (D_1 - D_2)$

3 mm (terço médio)

Curvatura reta		Curvatura Moderada		Curvatura Severa	
PTN	TN	PTN	TN	PTN	TN
0,27	0,365	0,045	0,098	0,325	0,117
0,132	0,177	0,213	0,058	0,137	0,196
0,181	0,279	0,128	0,024	0,141	0,129
0,133	0,045	0,338	0,076	0,339	0,196
0,201	0,134	0,153	0,139	0,244	0,245
		0,124	0,198	0,285	0,049
		0,186	0,184	0,204	0,15
		0,069	0,098	0,119	0,194
		0,292		0,183	0,083
		0,067		0,162	0,211
		0,43		0,217	0,137
				0,228	0,266
					0,047
					0,148

Anexo II

Desgaste total mésio-distal (mm)

$(M_1 - M_2) + (D_1 - D_2)$

5 mm (terço médio)

Curvatura reta		Curvatura Moderada		Curvatura Severa	
PTN	TN	PTN	TN	PTN	TN
0,224	0,309	0,151	0,034	0,414	0,261
0,068	0,252	0,12	0,15	0,383	0,047
0,041	0,254	0,297	0,177	0,177	0,029
0,236	0,041	0,385	0,121	0,124	0,253
		0,11	0,194	0,151	0,086
		0,136	0,06	0,341	0,079
		0,259	0,106	0,187	0,177
		0,421		0,222	0,161
		0,122		0,236	0,204
		0,101		0,093	0,157
		0,297		0,104	0,118
		0,195		0,233	0,025
		0,245		0,109	0,064
				0,33	0,168
				0,286	0,226
					0,054
					0,113
					0,34
					0,257
					0,336

Anexo III

Transporte do canal (mm)

(M₁-M₂) - (D₁-D₂)

3 mm (terço apical)

Curvatura Reta		Curvatura Moderada		Curvatura Severa	
PTN	TN	PTN	TN	PTN	TN
0,128	0,007	0,046	0,054	0,049	0,103
0,107	0,019	0,052	0,02	0,043	0,017
-0,08	-0,171	0,071	0,074	0,021	0,077
-0,009	-0,057	0,062	0,164	0,238	0,008
-0,027	-0,088	0,164	0,135	0,219	0,045
		0,057	0,004	0,168	0,045
		0,19	-0,006	0,049	0,148
		0,007	-0,163	0,063	0,134
		0,378	-0,184	0,126	0,083
		0,396	-0,15	0,074	0,232
		-0,011		-0,251	0,28
		-0,123		-0,009	0,128
					0,01
					-0,074
					-0,035
					-0,083
					-0,007

Anexo IV

Transporte do canal (mm)

$(M_1-M_2) - (D_1-D_2)$

5 mm (terço médio)

Curvatura Reta		Curvatura Moderada		Curvatura Severa	
PTN	TN	PTN	TN	PTN	TN
0,104	0,014	0,126	0,091	0,09	0,049
0,029	-0,111	0,171	0,115	0,066	0,037
0,02	-0,076	0,333	0,082	0,089	0,063
-0,06	-0,246	0,122	-0,006	0,223	0,026
	-0,019	0,048	-0,122	0,099	0,145
		0,171	-0,159	0,3	0,079
		-0,141	-0,038	0,222	0,121
		-0,112	-0,066	-0,069	0,046
		-0,109		-0,075	0,044
		-0,257		-0,119	0,042
		-0,04		-0,171	0,055
		-0,099		-0,178	0,035
		-0,283		-0,06	-0,013
		-0,001		-0,317	-0,043
				-0,027	-0,026
				-0,05	-0,017
					-0,122
					-0,052
					-0,046
					-0,15

Anexo V

Centralização do canal
 $(M_1-M_2) / (D_1-D_2)$, se $(D_1-D_2) > (M_1-M_2)$ ou $(D_1-D_2) / (M_1-M_2)$, se $(M_1-M_2) > (D_1-D_2)$
3 mm (terço apical)

Curvatura Reta		Curvatura Moderada		Curvatura Severa	
PTN	TN	PTN	TN	PTN	TN
0,3568	0,3619	0,2679	0,0357	0,1492	0,0426
0,2453	0,4063	0,0629	0,0909	0,0124	0,2524
0,3052	0,2072	0,0952	0,0133	0,1310	0,0067
0,9053	0,5128	0,2116	0,2646	0,0968	0,1829
0,6625	0,9510	0,1957	0,0146	0,1250	0,2455
		0,0412	0,0843	0,7380	0,0683
		0,6071	0,0366	0,5222	0,0106
		0,4713	0,1018	0,7407	0,0725
		0,7333	0,8846	0,4167	0,0248
		0,3661	0,9216	0,4878	0,4876
		0,3333		0,9204	0,7463
		0,8108		0,5099	0,4519
					0,9216
					0,6897
					0,7154
					0,3750
					0,7407

Anexo VI

Centralização do canal

$(M_1-M_2) / (D_1-D_2)$, se $(D_1-D_2) > (M_1-M_2)$ ou $(D_1-D_2) / (M_1-M_2)$, se $(M_1-M_2) > (D_1-D_2)$

5 mm (terço médio)

Curvatura Reta		Curvatura Moderada		Curvatura Severa	
PTN	TN	PTN	TN	PTN	TN
0,0625	0,0160	0,0342	0,1029	0,1185	0,1190
0,1714	0,4714	0,0345	0,0536	0,0447	0,2951
0,3659	0,5366	0,1994	0,0254	0,1100	0,0994
0,8438	0,3667	0,0382	0,2245	0,2306	0,1295
	0,2632	0,2047	0,2326	0,0219	0,1905
		0,1167	0,7000	0,0481	0,1852
		0,0000	0,4740	0,0476	0,1586
		0,0100	0,4058	0,1260	0,1250
		0,0241		0,6429	0,6839
		0,0656		0,6947	0,8210
		0,4631		0,4048	0,6013
		0,4667		0,3053	0,5357
		0,8216		0,5860	0,3417
		0,9919		0,5946	0,7739
				0,3506	0,4390
				0,5500	0,6259
					0,3452
					0,7617
					0,7603
					0,3827

Anexo VII

		Curvaturas (graus)					
		Retas		Moderadas		Severas	
Sistema de limas	Nível da raiz	PTN	TN	PTN	TN	PTN	TN
		3mm	2,8±3,43	0,0±0,00	19,1±5,76	21,3±5,83	35,9±3,57
5mm	3,5±3,50	0,0±0,00	21,9±5,33	21,4±5,21	35,7±3,79	38,6±4,31	