



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

Débora Delai Costa

**EFICÁCIA DE DIFERENTES TÉCNICAS DE RETRATAMENTO
ENDODÔNTICO DE CANAIS RADICULARES CURVOS**

Porto Alegre/RS

2018

Débora Delai Costa

**EFICÁCIA DE DIFERENTES TÉCNICAS DE RETRATAMENTO
ENDODÔNTICO DE CANAIS RADICULARES CURVOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Odontologia.

Área de concentração: Clínica Odontológica/
Endodontia

Linha de Pesquisa: Biomateriais e técnicas terapêuticas em Odontologia

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Patrícia Maria Poli Kopper Móra.

Porto Alegre/RS

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CIP - Catalogação na Publicação

Costa, Débora Delai

Eficácia de diferentes técnicas de retratamento endodôntico de canais radiculares curvos / Débora Delai Costa. -- 2018.

92 f.

Orientadora: Patrícia Maria Poli Kopper Móra.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Odontologia, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Extrusão de debris. 2. Transporte apical. 3. Micro-tomografia computadorizada. 4. Retratamento. 5. Material obturador. I. Poli Kopper Móra, Patrícia Maria, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Débora Delai Costa

**EFICÁCIA DE DIFERENTES TÉCNICAS DE RETRATAMENTO
ENDODÔNTICO DE CANAIS RADICULARES CURVOS**

Esta tese de doutorado foi julgada adequada para a obtenção do título de “**Doutora em Clínica Odontológica**”, Área de Concentração: Endodontia, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Porto Alegre/RS, ____ de _____ de 2018.

Prof. Dr. Cassiano Kuchenbecker Rösing
(Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Odontologia)

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Patrícia Maria Poli Kopper Móra (Orientadora) - UFRGS

Prof. Dr. Ricardo Abreu da Rosa (Titular) - UFRGS

Prof^a. Dr^a. Renata Dornelles Morgental (Titular) - UFSM

Prof. Dr. Carlos Alexandre Souza Bier (Titular) - UFSM

Prof^a. Dr^a. Roberta Kochenborger Scarparo (Suplente) - UFRGS

Que sejamos **pessoas dignas** e capazes de **retribuir à vida** tudo aquilo que ela nos proporciona.

Monja Coen

A Deus, pelo dom da vida e da alegria de viver.

Por me guiar nas minhas escolhas, me acompanhar nos momentos de dificuldade, e por me proporcionar inúmeras alegrias no caminho. Sempre me senti protegida por Deus.

À minha mãe, Mari, pelo exemplo de força e amor irrestritos.

Meu exemplo de vida e minha grande inspiração. Sou abençoada por Deus por nascer em uma família presente e amorosa. Obrigada por não medir esforços para me ajudar a realizar meus sonhos. Por me ensinar com doçura que ser feliz e ter sorte depende apenas de como enxergamos as coisas. Esta conquista é tão minha quanto tua, te amo muito!

Ao meu pai, Luiz Antonio, por me ensinar a importância do SER.

Meu pai íntegro e de caráter sempre guiou a minha formação como ser humano. Uma mão que sempre me apoiou, e estendida sempre me esperou de volta em casa. Agradeço pelas inúmeras conversas sobre a vida e sobre a minha profissão. Obrigada por me ensinar a importância de ser paciente. Obrigada por sempre zelar pela nossa família. Te amo pai!

Ao meu namorado Ingo José Veit Júnior e sua família, por toda cumplicidade e amor.

Amor, em ti encontrei paz e felicidade, e minha vida se tornou mais completa. Você me faz acreditar na existência de pessoas bem-intencionadas. Obrigada por ser quem tu és, por tudo o que faz por nós, e por tudo o que representas na minha vida. Te amo!

Aos meus avós, Luiza e Antonio, e minha dinda Maria Lúcia, por todo carinho.

Vocês fazem parte de inúmeros bons momentos da minha história. Obrigada por todo zelo e amor!

Aos meus avós maternos Aurora (in memorian) e Valdir (in memorian), pelos anos de convivência e ensinamentos.

Muito cedo nos deixaram, mas os exemplos de humildade, a importância da família, do estudo e do trabalho árduo são um grande legado para todos os seus filhos e netos.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À **Profª Drª Patrícia Maria Poli Kopper Móra**, minha orientadora e conselheira, uma pessoa de bom coração que me acolheu e me orientou como aluna e como pessoa. Olho para trás com orgulho da profissional que me tornei e da professora que tive ao meu lado. Eu faria tudo novamente do jeito que fizemos! Obrigada pela confiança e dedicação. Sou muito grata a ti, espero que o fim deste ciclo seja o início de uma amizade duradoura. Conte sempre comigo, já sinto saudades!

Aos **professores de Endodontia da FO-UFRGS**, pelo profissionalismo, disponibilidade e críticas construtivas em prol do meu crescimento profissional.

Aos **Professores Doutores Ricardo A. da Rosa, Renata D. Morgental, Carlos A. S. Bier e Roberta K. Scarparo**, por aceitarem o convite de participar da minha banca, e por serem exemplos de comprometimento à ciência.

Aos **colegas de turma de doutorado, Carolina, Daiana, Paula, Naelka e Otávio**. Obrigada pelos incontáveis bons momentos que passamos juntos, agradeço por ter sido com vocês e já sinto muita saudade dessa fase maravilhosa das nossas vidas, eternizada nos nossos corações! Vocês foram uma turma incrível!

Aos **colegas de pós-graduação**, Mestrado e Doutorado em especial aos que se tornaram amigos muito queridos: **Camila, Júlia, Letícia, Felipe, Alex, Lucas e Ramiro**. Conviver com vocês foi uma bênção e uma grande alegria, obrigada!

À **minha grande amiga Gabrielle Branco Rauber**, com quem eu dividi todos os momentos da pós-graduação. Você é uma irmã que eu escolhi para a minha vida. A gente se compreende de um jeito ímpar! Obrigada por estar sempre ao meu lado.

Às **queridas amigas Ana Fávero e Bruna Furlanetto**, irmãs que a vida me deu, que sempre me acolheram e são grandes amigas, que o tempo e a distância não foram capazes de separar. Obrigada pela amizade fiel e sincera. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS INSTITUCIONAIS

À **Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)**, uma instituição de ponta que é referência no país, onde pude realizar os estágios de docência que me trouxeram uma experiência inenarrável. Foi muito bom poder estudar aqui!

À **Coordenação do Programa de Pós-graduação em Odontologia da FO-UFRGS** e todos os seus laboratórios e funcionários, em especial LABIM e CME, que viabilizaram parte da execução desse trabalho nas suas dependências (Anexos A e B).

À **CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior)**, pela concessão da bolsa de estudos durante todo o período de doutoramento, que tornou viável a execução desse trabalho.

À **Alê, Secretária da Endodontia da UFRGS**. Obrigada pela sua disponibilidade, solicitude e alegria. Desejo muitas felicidades no teu caminho!

Ao **Dr. Thiago Gomes da Silva**, responsável pela aquisição das imagens em Micro-TC, no Laboratório de Análise de Minerais e Rochas da Universidade Federal do Paraná (LAMIR – UFPR) (Anexo C). Obrigada pelo cuidado e atenção com meu trabalho, que não teria sido igual sem a tua ajuda! Que possamos fazer mais trabalhos juntos!

Minha gratidão a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram com esse trabalho e com a minha formação, que me incentivaram a ir em frente, a ser uma pessoa batalhadora e perseverante, buscando ser melhor a cada dia. Levo cada um no coração!

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.”

(Martin Luther King)

COSTA, Débora Delai. **Eficácia de diferentes técnicas de retratamento endodôntico de canais radiculares curvos**. 92f. Tese (Doutorado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre (RS), 2018.

RESUMO

Introdução: Os objetivos deste estudo foram comparar a extrusão apical de debris durante a desobturação com WaveOne Gold, ProTaper retratamento, D-RaCe ou limas manuais; descrever as falhas e/ou fraturas ocorridas nos instrumentos de NiTi; e comparar o WaveOne Gold com os sistemas ProTaper e RaCe em relação à quantidade de material obturador remanescente, transporte apical (TA) e tempo de trabalho após a desobturação e após o reparo de canais radiculares curvos. **Materiais e Métodos:** Quarenta canais méso-vestibulares de molares superiores foram preparados, obturados e divididos em 4 grupos (n=10): WOG) WaveOne Gold Primary e Medium; PTG) ProTaper Retreatmento e ProTaper Next; RCG) D-RaCe e RaCe; e LM) Limas manuais. A extrusão de debris foi determinada subtraindo-se o peso final do peso inicial dos *Eppendorfs*. Os instrumentos de NiTi (n=18) foram analisados em MEV antes e após a desobturação. A quantidade de material obturador remanescente e o TA foram avaliados em micro-TC. O tempo de trabalho foi anotado e comparado. Os dados foram estatisticamente analisados ($\alpha=.05$). **Resultados:** WOG extruiu menos debris do que LM e RCG ($P<.05$), e foi similar ao PTG ($P>.05$). Não houve diferença entre LM, PTG e RCG ($P>.05$). A análise em MEV mostrou, dos 18 instrumentos avaliados, 3 fraturas e 10 deformações. Nas duas etapas avaliadas, WOG apresentou similar ($P>.05$) e menor ($P<.05$) quantidade de material obturador remanescente do que PTG e RCG, respectivamente. A quantidade de material no WOG e RCG foi menor após o reparo ($P<.05$). Na desobturação, WOG teve maior TA em 4mm do que em 2mm ($P<.05$). Em 2mm, o TA do WOG foi menor do que RCG ($P<.05$), e em 4mm foi igual ao PTG e RCG ($P>.05$). Na desobturação, o tempo de trabalho no grupo LM foi maior que nos demais ($P<.05$). No reparo, WOG foi mais rápido do que PTG e RCG ($P<.05$). **Conclusões:** Todos os instrumentos causaram extrusão de debris, sendo que o WOG apresentou os menores valores. Nenhum sistema removeu completamente o material obturador de raízes méso-vestibulares de molares superiores. Considerando os baixos valores de TA obtidos, os instrumentos avaliados foram considerados seguros para desobturação e reparo de canais curvos. A desobturação com LM foi mais lenta do que com os instrumentos de NiTi. O sistema recíprocante foi mais rápido do que os rotatórios no reparo.

Palavras-chave: Transporte Apical. Extrusão de Debris. Micro-tomografia Computadorizada. Retratamento. Material Obturador.

ABSTRACT

Introduction: The aims of this study were to assess the amount of apically extruded debris during filling removal with WaveOne Gold, ProTaper Retreatment, D-RaCe or hand files; to describe failures of NiTi instruments; and to compare WaveOne Gold with ProTaper and RaCe systems regarding remaining filling material, apical transportation (AT) and working time after filling removal and after shaping of curved root canals. **Methods:** Forty mesiobuccal canals of maxillary molars were prepared, filled, and assigned into 4 groups (n=10): WOG) WaveOne Gold Primary and Medium; PTG) ProTaper Retreatment and ProTaper Next; RCG) D-RaCe and RaCe; HF) Hand files. The amount of extruded debris was determined by subtracting the final from the initial Eppendorfs weight. The NiTi instruments (n=18) used for filling removal were analyzed pre and post-operatively by SEM. Micro-CT analysis assessed the residual filling material and AT. Working time was recorded and compared. Data were statistically analyzed ($\alpha=.05$). **Results:** WOG produced less debris compared with HF and RCG ($P<.05$), and similar to PTG ($P>.05$). HF, PTG and RCG showed no difference ($P>.05$). SEM analyses after filling removal showed, from the 18 instruments evaluated, 3 fractures and 10 deformations. In both evaluated steps, WOG had similar ($P>.05$) and less ($P<.05$) amount of filling material as PTG and RCG, respectively. The remaining material in WOG and RCG was lower after shaping ($P<.05$). In filling removal, WOG had higher AT at 4mm than at 2mm ($P<.05$). At 2mm, AT of WOG was lower than RCG ($P<.05$), and at 4mm, was equal to PTG and RCG ($P>.05$). In filling removal, working time in HF group was significantly higher than others ($P<.05$). In shaping step WOG was faster than PTG and RCG ($P<.05$). **Conclusions:** All instruments tested caused debris extrusion, with WOG presenting the lowest values. Neither system could completely remove the filling material of mesiobuccal canals of maxillary molars. Considering the low AT values obtained, the instruments evaluated were safe for filling removal and shaping of curved canals. Filling removal with HF was slower than with the NiTi files. The reciprocating system was faster than the rotary in shaping the root canals.

Key Words: Apical Transportation. Debris Extrusion. Micro-computed Tomography. Retreatment. Root Canal Obturation Material.

LISTA DE FIGURAS

Manuscrito 1:

- Figure 1.* Apparatus used for debris extrusion collection. 45
- Figure 2.* SEM images showing PTR (D1, D2 and D3), WOG and DRR (DR1 and DR2) instruments before (b) and after (a) instrumentation (accelerating Voltage 10.0 kV, magnification X40).**Erro! Indicador não definido.**

Manuscrito 2:

- Figure 1.* Three-dimensional reconstruction of representative micro-CT images of WOG, PTG and RCG. Red: remaining filling material; Green: root canal space..... 62
- Figure 2.* Axial cross-sections images from 1 to 5 mm in WOG, PTG and RCG..... 63

LISTA DE TABELAS

Manuscrito 1:

- Table 1.* Median, 25th and 75th percentiles weight of apically extruded debris (10⁻⁵g). 47
- Table 2.* Working time with the different instruments (s). 47

Manuscrito 2:

- Table 1.* Sequence of instruments used for root canal treatment (shaping) and retreatment (filling removal and shaping), according to the experimental groups: WaveOne (WOG), ProTaper (PTG) and RaCe (RCG). 59
- Table 2.* Mean and standard deviation (\pm SD) of initial filling volume (mm³), final filling volume (mm³), percentage of remaining filling material (%), and working time (s) of each group at filling removal and shaping steps. 61
- Table 3.* Mean and standard deviation (\pm SD) of apical transportation (mm) of each group, at filling removal and shaping steps, considering root canal levels. 63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

#	- Número
CME	- Centro de Microscopia Eletrônica
CT	- Comprimento de trabalho
DRR	- <i>D-RaCe Retreatment</i>
EDTA	- Ácido etilenodiamino tetra-cético
FO	- Faculdade de Odontologia
HF	- <i>Hand files</i>
LABIM	- Laboratório de Bioquímica e Microbiologia Bucal
LAMIR	- Laboratório de Análise de Minerais e Rochas
LM	- Limas manuais
MEV	- Microscopia eletrônica de varredura
micro-TC	- Micro-tomografia computadorizada
ml	- Mililitro
mm	- Milímetro
NaOCl	- Hipoclorito de sódio
NiTi	- Níquel-Titânio
PTG	- ProTaper Group
PTN	- ProTaper Next
PTR	- ProTaper Universal Retreatment
TA	- Transporte apical
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
UFRGS	- Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSM	- Universidade Federal de Santa Maria
WL	- <i>Working Length</i>
WOG	- WaveOne Gold Group
WOM	- WaveOne Gold Medium
WOP	- WaveOne Gold Primary
μm	- Micrometro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1	INSTRUMENTOS DE NÍQUEL – TITÂNIO.....	16
2.2	EXTRUSÃO APICAL DE DEBRIS	19
2.3	AVALIAÇÃO DO VOLUME DE MATERIAL OBTURADOR REMANESCENTE	25
2.4	TRANSPORTE APICAL (TA) NO PREPARO DE CANAIS RADICULARES.....	34
3	PROPOSIÇÕES	40
4	MANUSCRITO 1: VERSÃO EM INGLÊS	41
5	MANUSCRITO 2: VERSÃO EM INGLÊS	55
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
7	CONCLUSÕES	71
	REFERÊNCIAS	72
	APÊNDICES	82
	APENDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	83
	APENDICE B - Termo de doação de dentes humanos	85
	ANEXOS	86
	ANEXO A - Carta de autorização do uso das dependências do Centro de Microscopia Eletrônica (CME) da UFRGS	87
	ANEXO B - Carta de autorização do uso das dependências do Laboratório de Bioquímica e Microbiologia Bucal (LABIM) da UFRGS	88
	ANEXO C - Carta de autorização do uso das dependências do Laboratório de análise de minerais e rochas (LAMIR) da UFPR	89
	ANEXO D - Carta de aprovação da comissão científica e ética da Faculdade de Odontologia da UFRGS	90
	ANEXO E - Carta de aprovação do comitê de ética em pesquisa (CEP) da UFRGS	91
	ANEXO F - Comprovante de submissão do manuscrito 2 ao Periódico Journal of Endodontics	92

1 INTRODUÇÃO

O complexo dentino-pulpar, primariamente envolvido na produção de dentina e na sensibilidade dental, é envolto pelo esmalte na sua porção coronária e pelo cemento na porção radicular. Estes tecidos estão sujeitos à perda da sua integridade, decorrente de lesões cariosas, doença periodontal, procedimentos restauradores, trauma ou trincas (LOVE, 2004) e, nesses casos, pode surgir a necessidade de realizar um tratamento endodôntico.

Sabe-se que o sucesso da terapia endodôntica depende de fatores relacionados ao profissional, ao paciente e ao elemento dental em questão. A ausência de sinais e sintomas, a correta interpretação radiográfica por parte do profissional, sua habilidade e conhecimento, são fatores fundamentais para obter-se êxito no tratamento endodôntico (ESTRELA et al., 2014). Além disso, a compreensão da real condição clínica sistêmica e local do paciente pode interferir no reparo e na obtenção de uma resposta tecidual adequada (ESTRELA et al., 2014). Em relação ao paciente, considera-se relevante a idade, a saúde oral e sistêmica, e a colaboração com o tratamento proposto. E, por fim, existem fatores relacionados ao elemento dental envolvido, como, por exemplo, a grande variedade de anatomia, especialmente nos dentes posteriores, e o tempo, extensão e tipo do processo infeccioso instalado (ESTRELA et al., 2014).

Quando o tratamento endodôntico inicial foi falho por algum desses motivos, pode ser realizada uma reintervenção endodôntica não-cirúrgica, a fim de melhorar a desinfecção e debridamento do sistema de canais radiculares (RUDDLE, 2004). Para tal, a remoção adequada do material obturador é crucial para o sucesso do retratamento (MOLLO et al., 2012), seguida de um novo preparo e obturação adequados, para que a saúde periapical possa ser restabelecida (PAREKH et al., 2014).

Diferentes técnicas têm sido propostas para a realização do retratamento endodôntico, com instrumentos manuais, rotatórios e reciprocantes, com ou sem o uso de solventes. Entretanto independentemente da técnica de escolha, a execução do retratamento endodôntico pode trazer consigo alguns problemas técnicos, tais como a extrusão apical de debris via forame apical, a dificuldade em remover completamente o material obturador e o transporte apical na tentativa de atingir o

comprimento de trabalho.

Durante a realização do retratamento endodôntico, lascas de dentina, microorganismos e seus subprodutos, remanescentes pulpares, material obturador e irrigantes podem ser extruídos para os tecidos perirradiculares. A extrusão desses debris é um fenômeno indesejável que pode induzir a inflamação, dor pós-operatória e atraso do reparo periapical (SIQUEIRA et al., 2002).

Além disso, a falha na remoção completa do material obturador pode comprometer a adequada desinfecção do sistema de canais radiculares, restringindo o acesso dos agentes antimicrobianos a determinadas áreas (SIQUEIRA Jr, 2011). Restos de material obturador pode cobrir áreas nas quais infecções residuais podem ocorrer, e se bactérias permanecerem, especialmente na área apical, existe um considerável risco de que a inflamação perirradicular seja mantida (RICUCCI et al., 2009).

Estudos têm comparado o transporte apical causado por diferentes instrumentos durante o preparo dos canais radiculares, mas poucos avaliam este aspecto em retratamento endodôntico (AYDIN et al., 2009; SGLAM et al., 2016, SEMIEL et al., 2016, NEVARES et al., 2017), especialmente em canais curvos. A remoção dos materiais obturadores e o posterior reparo em canais curvos é mais difícil do que em canais retos (SGLAM et al., 2016), pois acidentes como distorção ou fratura dos instrumentos ocorrem mais facilmente (UNAL et al., 2009).

O uso de instrumentos rotatórios e reciprocantes e as pesquisas em torno de seu desempenho têm discutido essas questões. Tendo em vista que a eficácia das diferentes técnicas de retratamento endodôntico é escassa e controversa na literatura, torna-se oportuno investigar os parâmetros que as qualificam.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 INSTRUMENTOS DE NÍQUEL – TITÂNIO

Os instrumentos de níquel-titânio (NiTi) se tornaram parte importante do instrumental endodôntico nas últimas décadas. A partir de sua introdução no mercado, um novo conceito de retratamento endodôntico foi apresentado, no qual a desobturação do canal radicular é realizada com o auxílio de tais instrumentos com diferentes mecânicas de movimento (YARED, 2008), como os sistemas rotatórios (rotação contínua) e, mais recentemente, os reciprocantes (rotação alternada). Os sistemas reciprocantes realizam um movimento amplo no sentido anti-horário seguido de um movimento curto no sentido horário, o que mantém o instrumento mais centralizado no canal radicular (FRANCO et al., 2011). Este movimento proporciona uma ampla área de contato entre o instrumento e a guta-percha e permite a remoção do material obturador tão efetivamente quanto a remoção realizada pelo movimento de rotação contínua (RIOS et al., 2014).

A liga de NiTi contém 3 fases microestruturais: austenítica, martensítica e a fase R. As características e proporções relativas de cada fase é que determinam as características mecânicas do metal (BRANTLEY, 2001). Além disso, é uma liga que originalmente apresenta superelasticidade e memória de forma, e por causa dessas características, a aplicação de estresse sobre a liga não resulta em proporcional tensão como ocorre nos instrumentos de aço inoxidável (SHEN et al., 2013). O estresse externo transforma a fase autêntica cristalina em martensítica cristalina que pode acomodar maior estresse sem aumentar a tensão. Como resultado, a liga de NiTi apresenta elasticidade, que é definida como a habilidade de retornar à sua forma original após a deformação (YONEYAMA; KOBAYASHI, 2009).

À despeito de suas inquestionáveis características favoráveis, há risco potencial de fratura durante a utilização dos instrumentos de NiTi (PARASHOS; MESSER, 2006). Ainda que ao longo dos anos tenham sido alcançados progressos consideráveis no que tange ao *design* dos instrumentos e nos métodos de manufatura, a fratura intra-canal de instrumentos ainda é considerada um problema, especialmente em canais curvos onde a remoção do fragmento fraturado é mais difícil (SHEN et al., 2009). O comportamento mecânico das ligas de NiTi é

determinado pelas proporções relativas e características das fases micro-estruturais, e essas características podem afetar a sua resistência à fadiga (GUTTMANN; GAO, 2012).

Os canais curvos, especialmente, trazem mais dificuldades na remoção do material obturador. Por isso, diversas técnicas têm sido desenvolvidas, como remoção com limas manuais, instrumentos rotatórios de NiTi, uso de solventes, instrumentos ultrassônicos e lasers. Existem sistemas de instrumentos de NiTi desenvolvidos especificamente para retratamento endodôntico, como o ProTaper Retratamento (Dentsply Maillefer) e D-RaCe (FKG Dentaire). O sistema ProTaper Retratamento compreende 3 instrumentos, D1, D2 e D3, os quais apresentam secção transversal triangular convexa, diferentes conicidades e diâmetros de ponta, e são utilizados em movimento rotatório (GU et al., 2008). O instrumento D1 (30/.09) apresenta ponta ativa e realiza a penetração na massa obturadora (terço coronal), e os instrumentos D2 (25/.08) e D3 (20/.07) removem a massa obturadora dos terços médio e apical, respectivamente (GU et al., 2008). É recomendado pelo fabricante que os dois instrumentos sejam utilizados em velocidade 500 a 700 rpm e torque 2 Ncm.

O sistema D-RaCe consiste em 2 instrumentos: DR1 (#30/.10) e DR2 (25/.04). O instrumento DR1 apresenta ponta ativa assim como o D1 do sistema ProTaper, com a finalidade de facilitar a penetração na massa obturadora, liberando o terço cervical para o DR2, que irá atingir o comprimento de trabalho (RODIG et al., 2012). Segundo o fabricante, é indicado que o instrumento DR1 sejam utilizados com 1000 rpm de velocidade e 1,5 Ncm de torque, e D2 com 600 rpm e 1,5 Ncm de torque. Entretanto, nenhuma dessas técnicas é capaz de remover completamente o material obturador dos canais (SCHIRRMESTER et al., 2006; GU et al., 2008; RODIG et al., 2012; BERNARDES et al., 2016), e por isso, o desenvolvimento de novos instrumentos e técnicas é necessário.

Em 2008, o conceito de “lima única” (YARED, 2008) foi adotado pela Dentsply (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) a fim de produzir um instrumento seguro com movimento recíprocante e identificar um motor que pudesse gerar este movimento. O resultado foi o lançamento do Reciproc (VDW) em 2010 e WaveOne (Dentsply Maillefer) em 2011. Os 2 sistemas foram lançados como métodos automatizados simples, eficientes e previsíveis para o preparo dos canais radiculares e foram bem aceitos pela maioria dos clínicos e especialistas com a esperança de minimizar tempo clínico e investimento (WEBER, 2015). Com o atual

conceito de Endodontia minimamente invasiva, achados da literatura e *feedback* de clínicos que utilizavam o sistema WaveOne desde sua introdução em 2011, a Dentsply lançou um instrumento com ainda melhores propriedades mecânicas e eficiência de corte do que WaveOne: o WaveOne Gold, uma nova geração de instrumentos reciprocantes de uso único que oferece simplicidade e segurança (WEBER, 2015). Ainda que os sistemas reciprocantes não tenham sido desenvolvidos especificamente para retratamento endodôntico, e sim para o preparo dos canais, a premissa de que seu uso possa ser efetivo em retratamento é suportada pela alta habilidade do movimento reciprocante em avançar em direção ao ápice (DE DEUS et al., 2013). Estudos mostram que técnicas reciprocantes de instrumento único são tão efetivas quanto as técnicas rotatórias com múltiplos instrumentos na remoção de material obturador, e com tempo de trabalho menor (ZUOLO et al., 2013; RIOS et al., 2014).

Há 4 instrumentos WaveOne Gold: Small (amarelo, #20/.07), Primary (vermelho, #25/.07), Medium (#35/.06) e Large (#45/.05), disponíveis em 21, 25 e 31mm de comprimento. Os instrumentos possuem 16 mm de parte ativa e 11mm de cabo, com anéis codificados conforme as normas ISO. A conicidade ao longo do instrumento é variável, sua secção transversal é em forma de paralelogramo com duas bordas cortantes com ângulo de 85° em contato com a parede do canal, alternando com secções “fora de centro” patenteada pela Dentsply, onde apenas uma borda cortante fica em contato com a parede do canal (WEBER, 2015). A diminuição da área de contato entre o instrumento e a parede do canal em conjunto com o ângulo helicoidal constante de 24° ao longo da parte ativa diminui a característica de “parafusamento” do instrumento (WEBER, 2015). A sua ponta (guia de penetração) é ogival, redondamente cônica, semi-ativa, a fim de reduzir a massa no centro da ponta e aumentar seu poder de penetração no canal radicular (WEBER, 2015).

O tratamento térmico realizado nos instrumentos é uma das medidas mais importantes para melhorar a microestrutura das ligas de NiTi (FRICK et al., 2005), e nos últimos anos, vários modelos de processamento termo-mecânico e tecnologias de manufatura foram desenvolvidos a fim de otimizar a microestrutura das ligas de NiTi, tais como: HyFlex CM (HyFlex; Coltene Whaledent, Cuyahoga Falls, OH), K3XF (SybronEndo, Orange, CA), ProFile GT Series X (GTX; Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK), ProFile Vortex (Vortex) and Vortex Blue (Dentsply Tulsa

Dental Specialties), Reciproc e Reciproc Blue (VDW, Munich, Germany), TYPHOON Infinite Flex NiTi (TYP CM; Clinician's Choice Dental Products, New Milford, CT), Twisted Files (TFs; SybronEndo, Orange, CA), WaveOne e WaveOne Gold (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland). Os instrumentos WaveOne Gold, utilizados na presente pesquisa, passam por um processo pós-fabricação no qual as limas de NiTi são aquecidas e lentamente resfriadas. Este tratamento térmico é que confere sua coloração dourada, modifica a transformação das temperaturas (início e término da fase austenítica), e confere efeitos positivos nas propriedades do instrumento, tais como o aumento de sua flexibilidade, aumento de sua resistência à fadiga cíclica e diminuição do tempo de trabalho (WEBER, 2015).

2.2 EXTRUSÃO APICAL DE DEBRIS

É sabido que tanto em tratamentos quanto em retratamentos endodônticos, durante a desobturação e reparo dos canais radiculares, apesar de indesejado, pode ocorrer extrusão para os tecidos periapicais de microrganismos e seus subprodutos, materiais obturadores, solução irrigadora, entre outros componentes presentes no canal radicular, através do forame apical. Tal fato pode ocasionar inflamação e dor pós-operatória, além de comprometer o sucesso do tratamento endodôntico (SILVA et al., 2014; SIQUEIRA Jr. et al., 2002). Ainda que haja evidências que indiquem que qualquer técnica utilizada ocasione algum grau de extrusão de debris (TANALP et al., 2006), a quantidade dessa extrusão pode variar de acordo com a técnica empregada e design dos instrumentos (HUANG et al., 2007, BURKLEIN et al., 2013).

Burklein et al. (2012) pesquisaram a quantidade de extrusão de debris na utilização de diferentes sistemas rotatórios e reciprocantes. Para este estudo, foram selecionados 80 incisivos centrais inferiores, os quais foram aleatoriamente divididos em 4 grupos (n=20). Os canais foram instrumentados de acordo com as instruções do fabricante, utilizando 2 sistemas reciprocantes de lima única e 2 sistemas rotatórios, respectivamente: Reciproc (VDW, Munique, Alemanha), WaveOne (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), MTwo (VDW, Munique, Alemanha) e ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). A extrusão apical de debris durante a instrumentação foi coletada em tubos de vidro previamente pesados, utilizando o

método de Myers e Montgomery (1991). Após o término da instrumentação e secagem dos debrís, foi realizada nova pesagem em uma balança de precisão. O tempo de instrumentação também foi avaliado. Como resultado, foi possível observar que os instrumentos reciprocantes produziram mais debrís quando comparados com os dois sistemas rotatórios avaliados. O sistema Reciproc produziu mais debrís do que os demais instrumentos. A instrumentação foi mais rápida quando foi utilizado o Reciproc do que os demais instrumentos. Assim, foi possível concluir que todos os sistemas avaliados ocasionam a extrusão de debrís através do forame apical, entretanto, os sistemas rotatórios produziram menos quantidade de extrusão quando comparados com os sistemas reciprocantes.

Pawar et al. (2017) avaliaram o efeito de limas de patência na extrusão apical de debrís em canais radiculares instrumentados com 3 sistemas de lima única. Sessenta molares inferiores com canais mesiais curvos foram selecionados e aleatoriamente divididos em 3 grupos (n=20). Em 2 grupos, foi realizada a patência com instrumento do tipo K 20/.02. Em seguida, em um grupo foi realizada a instrumentação com o instrumento rotatório OneShape (25/.06) (Grupo 1), e no outro, com o instrumento reciprocante WaveOne (Grupo 2). No terceiro grupo, foi utilizado um instrumento rotatório 20/.04 para realizar a patência e os canais foram instrumentados com Self-adjusting file (SAF) (Grupo 3). Os debrís extrusionados foram coletados em tubos *Eppendorf* pesados previamente e foram armazenados em estufa a 70° C por 5 dias. Os tubos foram pesados novamente, e foi realizada a análise estatística. A média de debrís extrusionados apicalmente (g) foi 0.000651, 0.000823 e 0.000473 para os grupos 1, 2 e 3 respectivamente, com diferença estatisticamente significativa entre eles. Foi possível concluir que a realização de patência com instrumento rotatório 20/.04 associado à instrumentação com SAF produz menor extrusão de debrís em canais mesiais curvos de molares inferiores, quando comparado com a realização de patência com instrumento 20/.02 associado a instrumentação com OneShape e WaveOne.

Western e Dicksit (2017) realizaram uma meta-análise que avaliou a extrusão apical de debrís em 4 diferentes sistemas de instrumentação. O objetivo deste trabalho foi coletar e analisar estudos *in vitro* que quantificaram a extrusão apical de debrís utilizando ProTaper (manual), ProTaper Universal (rotatório), WaveOne (reciprocante) e Self-adjusting file (SAF), e determinar quais os métodos que produziram menor extrusão apical de debrís. Foi realizada uma extensa busca nas

plataformas PubMed, Scopus, Cochrane, LILACS e Google Scholar a partir de Fevereiro de 2016, utilizando os termos “apical debris extrusion, extruded material, and manual/rotary/reciprocating/SAF systems.” De um total de 1352 artigos, foram selecionados 12. Foi observada diferença estatística nas seguintes comparações: SAF<WaveOne, SAF<ProTaper (rotatório). Os autores concluíram que a extrusão de debris através do forame apical está invariavelmente presente em todos os sistemas avaliados. O sistema SAF causou menor extrusão apical quando comparado com os sistemas ProTaper (rotatório) e WaveOne.

Considera-se o estudo da extrusão de debris em casos de retratamento endodôntico igualmente importante ao estudo nos casos de preparo dos canais, já que além de bactérias e lama dentinária provenientes da instrumentação, podem ser extruídos restos de material obturador tanto durante a desobturação quanto durante o reparo. A resposta imunológica do hospedeiro contra a solução irrigadora, debris ou reação a corpo estranho ao material obturador, como guta-percha e cimento, pode provocar dor pós-operatória e episódios de inchaço durante o retratamento endodôntico (MOLLO et al., 2012).

Huang et al. (2007) pesquisaram a quantidade de extrusão apical de debris durante o retratamento endodôntico, utilizando os instrumentos rotatórios ProTaper Universal (Dentsply Maillefer). Quarenta e cinco dentes humanos anteriores foram extraídos, preparados e obturados, e divididos aleatoriamente em 3 grupos (n=15). No grupo 1, o material obturador foi removido com ProTaper Universal específico para retratamento endodôntico; no grupo 2 foram utilizadas limas Hedstroem com clorofórmio, e ProTaper para finalizar o reparo; e, por fim, no grupo 3 foi utilizada a mesma técnica descrita para o grupo 2, mas para o reparo foram utilizadas limas K-flex. Durante todos os procedimentos de reparo dos canais radiculares foi realizada a coleta dos debris extrusionados. A quantidade de debris extrusionados foi comparada entre os grupos. Ainda que todas as técnicas tenham ocasionado a extrusão de debris através do forame apical, o grupo 1 apresentou menor quantidade de extrusão em comparação com os demais grupos. Considerando as limitações de um estudo *in vitro*, os autores concluíram que o sistema ProTaper Universal é uma alternativa viável para o retratamento endodôntico.

Uezu et al. (2010) compararam a ação *in vitro* do sistema ProTaper Universal (Dentsply Maillefer) com o sistema ProTaper específico para retratamento (Dentsply Maillefer) em 30 pré-molares inferiores. Os dentes foram aleatoriamente divididos

em 2 grupos (n=15), preparados de acordo com cada sistema e obturados com a técnica do cone único. Após 7 dias, os dentes foram montados em aparato específico para a coleta dos debrís, e foi realizado o reparo dos canais. Foi possível concluir que ambas as técnicas promoveram extrusão de apical de debrís de forma similar.

Mollo et al. (2012) pesquisaram a efetividade de 2 sistemas de NiTi e limas manuais na remoção de material obturador dos canais radiculares. Sessenta canais de dentes unirradiculares foram preparados e obturados com guta-percha e cimento (Pulp Canal Sealer; Sybron Endo, Orange, CA, USA). Os espécimes foram aleatoriamente divididos em 3 grupos (n=20), e o material obturador foi removido utilizando limas para retratamento MTwo (Grupo 1), R-Endo (Grupo 2), brocas Gates-Glidden e limas tipo K (Grupo 3). Após o retratamento, a eficácia de cada técnica foi avaliada com radiografias que foram digitalizadas e avaliadas em AutoCAD 2004. A porcentagem de material obturador remanescente, o tempo de trabalho, a extrusão de debrís e o número de instrumentos fraturados foram avaliados. Os dados foram estatisticamente analisados através dos testes Kruskal-Wallis e Mann-Whitney. Todas as técnicas deixaram material obturador nos canais radiculares. Os sistemas de NiTi foram significativamente mais rápidos e mais efetivos do que a técnica manual, especialmente nos terços médio e apical. O instrumento R-Endo foi significativamente mais efetivo do que o MTwo na remoção de material dos terços médio e apical. Os instrumentos R-Endo foram associados com menor quantidade de extrusão apical de debrís. Um instrumento MTwo fraturou. Foi possível concluir que os sistemas NiTi são mais efetivos e mais rápidos do que as limas manuais, ainda que todas as técnicas deixem remanescente de material obturador nas paredes dos canais radiculares.

Deonizio et al. (2013) investigaram a influência da patência apical, técnica de remoção do material obturador e limpeza do forame apical em relação a quantidade de debrís extruídos durante o retratamento endodôntico. Quarenta incisivos inferiores foram aleatoriamente divididos em 4 grupos (n=10): GIM, GIIM, GIPT, GIIPT, nomeados de acordo com (I) realizar ou (II) não realizar a patência apical durante o retratamento endodôntico (M>manual; PT=ProTaper). Após a desobturação, os espécimes foram limpos até o forame com os instrumentos #15, #20 e #25, gerando 12 subgrupos: GIM15, GIM20, GIM25, GIIM15, GIIM20, GIIM25, GIPT15, GIPT20, GIPT25, GIIPT15, GIIPT20, GIIPT25. Os debrís foram coletados

em tubos pesados previamente, e as diferenças de peso foram anotadas. Os valores médios encontrados foram (em mg): GIM (0,95), GIIM (0,47), GIPT (0,30) e GIPT (0,32). Não houve diferença estatística entre os grupos e subgrupos. O sistema ProTaper extruiu menor quantidade de debris apicalmente, com ou sem realização de patência. Quantidade adicional de debris foi coletada durante a limpeza do forame, independente do instrumento utilizado, presença ou ausência de patência ou técnica de retratamento.

Silva et al. (2014) avaliaram a quantidade de extrusão apical de debris comparando o sistema ProTaper Universal específico para retratamento (Dentsply Maillefer, Ballaguet, Switzerland) com 2 sistemas reciprocantes, Reciproc (VDW, Munique, Alemanha) e WaveOne (Dentsply Maillefer). Para a realização deste estudo, foram selecionados 45 pré-molares inferiores com um único canal, os quais foram preparados com ProTaper Universal e obturados. Em seguida, os espécimes foram aleatoriamente divididos em 3 grupos (n=15), de acordo com o sistema utilizado para a remoção do material obturador: G1 - ProTaper para retratamento + ProTaper Universal até a lima F4 (40/.06); G2 - Sistema Reciproc R40 (40/.06); G3 - WaveOne Large (40/.08). Os canais foram preparados em recipientes de vidro apropriados para a coleta dos debris extrusionados. Foi possível observar que ainda que todos os sistemas tenham ocasionado a extrusão de debris, o sistema rotatório avaliado (ProTaper para retratamento) produziu uma quantidade maior de debris do que os sistemas reciprocantes (Reciproc e o WaveOne). Os sistemas reciprocantes não apresentaram diferença estatística.

Dincer et al. (2015) compararam a quantidade de debris extruídos apicalmente durante o retratamento endodôntico utilizando instrumentos ProTaper, MTwo, Reciproc e limas manuais. Sessenta incisivos inferiores foram preparados com Reciproc R25 e obturados com guta-percha e cimento AH Plus através da técnica de condensação lateral e vertical. Em seguida, os espécimes foram aleatoriamente divididos em 4 grupos (n=15). No grupo 1, o material obturador foi removido com o sistema ProTaper Retratação, e os instrumentos ProTaper Universal F3 e F4 foram utilizados para o reparo. No grupo 2, o material foi removido com o sistema MTwo Retratação, e os instrumentos MTwo 30/.06, 35/.06 e 40/.06 foram utilizados no reparo. No grupo 3, o material foi removido com Reciproc R25, e o reparo foi realizado com R40. Por fim, no grupo 4 o material foi removido com brocas Gates- Glidden e limas Haedstroem #25, #30 e #35, e o reparo foi

realizado com lima K #40. Tubos de vidro pesados previamente foram utilizados para a coleta dos debrís extruídos. O tempo de trabalho também foi avaliado. O sistema Reciproc produziu uma quantidade significativamente menor de extrusão de debrís do que os outros grupos. Não houve diferença estatística entre os outros grupos. Os grupos ProTaper e Reciproc foram mais rápidos do que MTwo e limas Haedstroem. Os autores concluíram que o uso da lima reciprocante resultou em menor extrusão de debrís quando comparada com os instrumentos rotatórios e limas manuais. O uso de ProTaper e Reciproc requerem menos tempo clínico de retratamento endodôntico do que MTwo e limas K.

Çanakçı et al. (2016) pesquisaram a quantidade de debrís extruídos em retratamento de canais curvos utilizando diferentes sistemas de NiTi: ProTaper Retratamento (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), MTwo Retratamento (VDW, Munique, Alemanha), D-RaCe Retratamento (FKG Dentaire, La-Chaux-de-Fonds, Suíça), R-Endo Retratamento (Micro-Mega, Besançon, França) e Reciproc (VDW). Cem pré-molares inferiores curvos foram preparados com Reciproc R25 (#25/.08) e obturados com guta-percha e AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemanha). Os espécimes foram aleatoriamente divididos em 5 grupos (n=20). O material obturador foi removido com ProTaper Retratamento, MTwo Retratamento, D-RaCe, R-Endo e Reciproc, e o reparo de todos os grupos foi realizado com Reciproc R40 (#40/.06). Os debrís extrusionados foram coletados em tubos *Eppendorf* pesados previamente, e o tempo de trabalho também foi comparado. O grupo Reciproc produziu mais debrís do que os demais sistemas. ProTaper e MTwo produziram estatisticamente mais debrís do que D-RaCe e R-Endo. O grupo Reciproc foi estatisticamente mais rápido do que os demais grupos. Como conclusão deste trabalho, no retratamento endodôntico de canais curvos, o sistema Reciproc extruiu menor quantidade de debrís pelo forame apical do que os demais sistemas de NiTi avaliados. Os sistemas ProTaper e MTwo Retratamento extruíram mais debrís do que D-RaCe e R-Endo. Reciproc foi mais rápido do que os outros sistemas.

Yılmaz e Özyürek (2017) estudaram a extrusão apical de debrís durante o retratamento endodôntico com ProTaper Next (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), Reciproc (VDW, Munique, Alemanha) e Twisted File Adaptive (SybronEndo, Orange, CA), bem como o tempo de instrumentação com estes diferentes sistemas. Noventa incisivos centrais inferiores foram preparados e obturados com guta-percha e cimento AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemanha) através da técnica de

compactação lateral e vertical. Em seguida, os espécimes foram aleatoriamente divididos em 3 grupos (n=30) para a remoção do material obturador com ProTaper Next, Reciproc e Twisted File. Os debrís foram coletados em tubos *Eppendorf* pesados previamente. A quantidade de debrís extrusionados foi Reciproc>Twisted File>ProTaper Next, e Reciproc>ProTaper Next. Em relação ao tempo de trabalho, não houve diferença estatística entre os grupos. Os autores concluíram que, considerando as limitações deste estudo *in vitro*, todos os grupos foram associados com extrusão apical de debrís, de modo que o grupo Reciproc foi o que ocasionou a maior extrusão.

Delai et al. (2018) investigaram a quantidade de debrís extrusionados durante a desobturação com WaveOne Gold, ProTaper Retreatment, D-RaCe e limas manuais, compararam o tempo de trabalho com os diferentes sistemas, e descreveram as falhas dos instrumentos de NiTi. Quarenta canais méso-vestibulares de molares superiores foram preparados com WaveOne Gold Primary, e obturados com guta-percha e AH Plus através da técnica de compactação lateral e vertical. Em seguida, os corpos-de-prova foram aleatoriamente divididos em 4 grupos (n=10). Durante a desobturação dos canais de todos os grupos foi utilizada água destilada como irrigante. Os debrís foram coletados em tubos *Eppendorf* pesados previamente. Os instrumentos foram analisados no pré e pós-operatório em MEV e os instrumentos deformados ou fraturados foram contabilizados e fotografados. O grupo WaveOne Gold produziu menor extrusão de debrís do que o grupo das limas manuais e D-RaCe, e foi similar ao grupo ProTaper Retreatment. Os grupos ProTaper, D-RaCe e limas manuais foram estatisticamente iguais. O tempo de trabalho no grupo das limas manuais foi estatisticamente maior do que nos demais grupos. A análise em MEV mostrou que, dos 18 instrumentos avaliados, houve 3 fraturas e 10 deformações. Foi possível concluir que todos os sistemas avaliados produzem extrusão apical de debrís, corroborando com os demais estudos da literatura. A remoção do material obturador foi mais lenta com limas manuais do que com as limas de NiTi. Todas as limas de NiTi avaliadas no estudo apresentaram deformação ou fratura.

2.3 AVALIAÇÃO DO VOLUME DE MATERIAL OBTURADOR REMANESCENTE

Diversas técnicas são relatadas na literatura com a finalidade de analisar a

quantidade de material obturador remanescente nas paredes dos canais radiculares após o retratamento endodôntico. Dentre elas, destacam-se o corte longitudinal da raiz e avaliação com variados tipos de ampliações, as quais são registradas em fotografias digitais, e, posteriormente, avaliadas através de escores em programas específicos para computador (OLIVEIRA et al., 2006; TAKAHASHI et al., 2009; FARINIUK et al., 2011; ZUOLO et al., 2013; RIOS et al., 2014).

Takahashi et al. (2009) avaliaram, *in vitro*, a efetividade do ProTaper Universal (Dentsply Maillefer) na remoção de guta-percha com e sem solvente. Quarenta dentes anteriores superiores foram preparados e obturados. Em seguida, foram divididos em 4 grupos (n=10): G1- Gates-Glidden e Limas tipo K; G2- Gates-Glidden e Limas tipo K com clorofórmio; G3- ProTaper; G4- ProTaper com clorofórmio. O tempo de instrumentação também foi avaliado. Os dentes foram seccionados longitudinalmente e as duas hemi-seções radiculares foram fotografadas. A área de material obturador remanescente foi calculada no *software* Image Tool 3.0 para Windows. Foi possível concluir que não houve diferença estatística entre as técnicas no que diz respeito à quantidade de material obturador remanescente, entretanto, o sistema rotatório ProTaper Universal foi significativamente mais rápido do que as limas manuais.

Fariniuk et al. (2011) avaliaram a eficácia de 5 instrumentos rotatórios no retratamento endodôntico. O objetivo do estudo foi comparar a eficiência do ProFile, GT, ProTaper, Hero e K3 com a instrumentação manual (Limas tipo K) na remoção do material obturador dos canais radiculares. Para tal, 60 pré-molares inferiores foram preparados com os instrumentos rotatórios GT e foram obturados com guta-percha e AH Plus. Os dentes foram aleatoriamente divididos em 6 grupos (n=10). Após a desobturação dos canais, as raízes foram clivadas longitudinalmente, e foram obtidas fotografias digitais. As áreas com permanência de material obturador foram avaliadas e calculadas com o auxílio do *software* Image Tool 1.21 para Windows. Os resultados indicaram que o GT deixou menos material obturador do que os instrumentos manuais e HeRo. Não houve diferença estatística entre os demais instrumentos avaliados quando comparados com o GT. Foi possível concluir que os instrumentos GT, ProFile, ProTaper e K3 são mais efetivos na remoção da guta-percha do que Hero.

Zuolo et al. (2013) compararam a eficácia de instrumentos reciprocantes, rotatórios e manuais na remoção do material obturador de canais radiculares. Neste

estudo, 54 incisivos superiores foram preparados manualmente com a técnica coroa-ápice e obturados com cones de guta-percha e cimento à base de óxido de zinco e eugenol. A seguir, foram divididos em 3 grupos (n=18). No grupo 1 a remoção do material obturador foi realizada com instrumentos manuais convencionais de aço-carbono (Dentsply Maillefer) e brocas de Gates-Glidden; no grupo 2 foram empregados instrumentos MTwo Retratamento (VDW, Munique, Alemanha), com movimento rotatório; e, no grupo 3 o preparo dos canais foi realizado com instrumentos Reciproc (VDW, Munique, Alemanha), com movimento recíprocante. Em todos os grupos foi utilizado clorofórmio como solvente. Para a realização da análise, os dentes foram seccionados longitudinalmente, fotografados com aumento de 8X, e as imagens obtidas foram avaliadas em um *software* específico em computador. Foi possível observar que, independente da técnica de retratamento, permaneceu material obturador nas paredes dos canais radiculares dos dentes de todos os grupos. Ainda, os autores relataram que a técnica manual e a técnica recíprocante removeram mais material do que a técnica rotatória.

Rios et al. (2014) compararam o desempenho de 2 sistemas recíprocantes Reciproc (VDW, Munique, Alemanha) e WaveOne (Dentsply Maillefer, Balaigues, Suíça) com o sistema rotatório ProTaper Universal (Dentsply Maillefer), específico para retratamento endodôntico, na remoção de material obturador dos canais radiculares. Foram preparados e obturados 60 incisivos superiores humanos utilizando o sistema rotatório de NiTi ProTaper Universal e uma lima do tipo K #40 para complementação. Em seguida, os espécimes foram divididos em 3 grupos (n=20), de acordo com o sistema utilizado para a remoção do material obturador: G1– Reciproc R25; G2– WaveOne Primary; e G3– Sistema de retratamento ProTaper Universal. Após o reparo dos canais, os dentes foram clivados longitudinalmente e fotografados em um microscópio operatório com aumento de 5X. As imagens foram transferidas para um computador, e o remanescente de material obturador das paredes dentinárias do canal foi quantificado utilizando um *software* específico (Image Tool, University of Texas Health Science Center, San Antonio, TX). Todos os dentes examinados apresentaram material obturador remanescente nas paredes dos canais e não houve diferença estatística entre os grupos (G1– 4,3%; G2– 2,98%; G3– 3,14%). Os autores concluíram que os sistemas recíprocantes avaliados (Reciproc e WaveOne) foram tão efetivos quanto o sistema rotatório (ProTaper) na remoção do material obturador dos canais.

Outro método de avaliar o material obturador remanescente é a observação de alguns aspectos em microscopia eletrônica de varredura (MEV). A avaliação em MEV é um excelente método para observar a morfologia da lama dentinária e remanescente de material obturador e material orgânico no interior dos túbulos dentinários (SAAD et al., 2007).

Pirani et al. (2009) avaliaram a morfologia do canal radicular em MEV após a remoção de dois tipos de material obturador utilizando pontas ultrassônicas, limas rotatórias de NiTi, e limas tipo K. Foram utilizadas 36 raízes, preenchidas com guta-percha e cimento AH Plus (DeTrey-Dentsply, Konstanz, Alemanha) com o auxílio do Thermafil (Tulsa, Dental Products, Tulsa, OK) (n=18) ou guta-percha condensada verticalmente utilizando o mesmo cimento (n=18). De todos os dentes, o material obturador foi removido até o terço médio com brocas Gates-Glidden. O retratamento foi completado utilizando limas K (G1), instrumentos rotatórios de NiTi MTwo (G2), e pontas ultrassônicas (G3). Durante todo o preparo, os canais foram irrigados com NaOCl a 2,5% e EDTA a 10%. Em seguida, os segmentos radiculares foram clivados longitudinalmente e observados em MEV (100-2000X). Em cada imagem, foi avaliada a presença de lama dentinária, debris, e o perfil de superfície. Foram observados *tags* de cimento no interior dos túbulos dentinários. Não houve diferença estatística entre os 3 métodos de retratamento, nem entre as 2 técnicas obturadoras, e nem entre os terços do canal. Os autores concluíram que as técnicas avaliadas demonstraram performance similar no que diz respeito à morfologia da lama dentinária, debris e perfil de superfície. Nenhuma das técnicas removeu completamente os debris dos túbulos dentinários no terço apical.

Xu et al. (2012) investigaram a variação na incidência e profundidade de material obturador remanescente no interior dos túbulos dentinários após o retratamento endodôntico utilizando limas Hedstroem, ProTaper Universal (Dentsply Maillefer) e K3 (SybronEndo Corporation, Orange, CA). Quarenta pré-molares inferiores foram preparados com limas manuais tipo K até o instrumento #40 pela técnica coroa-ápice e obturados com guta-percha e AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemanha) pela técnica da condensação lateral e vertical. Após 1 ano, os dentes foram divididos em 4 grupos, de acordo com a técnica de retratamento endodôntico (n=10): G1–Controle (limas Hedstroem); G2–ProTaper Universal (Dentsply Maillefer); G3–K3 (SybronEndo Corporation, Orange, CA). Após o reparo, os dentes foram seccionados longitudinalmente e a incidência e

profundidade de material obturador no interior dos túbulos dentinários foi avaliada em MEV. Foi possível concluir que a profundidade de material obturador remanescente nos túbulos não diferiu estatisticamente entre os grupos. A incidência de material obturador foi estatisticamente maior no G2 (ProTaper) e G3 (K3).

Marques da Silva et al. (2012) pesquisaram a eficácia de diferentes sistemas rotatórios desenvolvidos especificamente para retratamento endodôntico na remoção do material obturador dos canais radiculares. Noventa pré-molares com um canal constricto foram preparados até o instrumento #30 (limas K) e obturados com guta-percha e cimento. Em seguida, os dentes foram aleatoriamente divididos em 6 grupos (n=15). Os grupos I, III e V foram retratados utilizando os sistemas ProTaper Retratamento, D-RaCe e MTwo Retratamento, respectivamente. Os grupos II, IV e VI foram retratados com os mesmos instrumentos, mas adicionando os instrumentos F4, RaCe #40/.04, e MTwo #40/.04, respectivamente. As raízes foram clivadas longitudinalmente, e as imagens obtidas em um scanner com alta resolução foram avaliadas em AutoCAD para calcular a porcentagem de material remanescente. Não houve diferença estatística entre os grupos em que foram usados instrumentos adicionais (grupos II, IV e VI). A porcentagem de material remanescente foi menor no grupo ProTaper, mas só houve diferença estatística quando comparado com D-RaCe. Os autores concluíram que nenhuma das técnicas removeu completamente o material obturador do interior dos canais radiculares, até mesmo quando se utilizou instrumentos adicionais para melhorar a remoção.

Entretanto, estas técnicas, além de levarem invariavelmente à perda do espécime, permitem avaliações de forma bidimensional apenas, ou seja, são técnicas incapazes de prover informações quantitativas de volume de material antes e após o retratamento (RODIG et al., 2014; NEVARES et al., 2016). Em virtude desta limitação, alguns pesquisadores têm optado pela técnica da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), a qual ganhou relevância no estudo dos tecidos duros em geral e em Endodontia. Mas a baixa resolução e alta dose de radiação da TCFC continua sendo uma barreira ao seu uso rotineiro.

Por sua vez, a micro-tomografia computadorizada (micro-TC), reproduz a anatomia dental de forma acurada e não-invasiva (NIELSEN et al., 1995) e garante uma imagem tridimensional do material obturador remanescente no interior dos canais radiculares como a TCFC (BARLETTA et al., 2007; CHANDRASEKAR et al., 2014; FRUCHI et al., 2014). Houve melhora significativa no *software* e *hardware* em

relação à TCFC que levou à uma diminuição na espessura dos cortes tomográficos (de aproximadamente 1,5 mm para até 12 μ m) (BERGMANS et al., 2003). A micro-TC é considerada, portanto, padrão-ouro na radiologia com uma alta dose de radiação que é incompatível com o organismo humano (YLMAZ et al., 2017). Além disso, é uma ferramenta útil para os pesquisadores, para o treinamento pré-clínico de alunos iniciantes em Endodontia, bem como para os clínicos em geral, no estudo da anatomia dental interna e externa. Ainda, possibilita a investigação do efeito de determinados procedimentos em Endodontia, bem como pesquisar a viabilidade de novos procedimentos e técnicas (GRANDE et al., 2012). Entretanto, o equipamento possui alto custo, o escaneamento demanda tempo, e as reconstruções em 3D requerem alto grau de conhecimento em computação (GRANDE et al., 2012). Os modelos mais antigos são utilizados apenas em estudos *ex vivo*, mas os novos modelos já são capazes de escanear pequenos animais vivos (KAMBUROGLU et al., 2008; ACAR et al., 2015).

Robinson et al. (2013) compararam, através de micro-TC, a distribuição 3D, quantidade e densidade de debris inorgânicos remanescentes nos canais mesiais de molares inferiores após a instrumentação endodôntica. Previamente à instrumentação os dentes foram escaneados (n=38). Em seguida, divididos em dois grupos, de acordo com a técnica de preparo (n=19): G1–técnica rotatória – ProTaper (Dentsply Maillefer) até o instrumento F2; e G2–técnica recíprocante – WaveOne Primary (Dentsply Maillefer). Após o preparo das amostras, um novo escaneamento foi realizado. Através da sobreposição das imagens, os debris remanescentes foram quantificados. No G2 (técnica recíprocante) foi possível observar 19,5% de debris no interior do canal radicular, e no G1 (técnica rotatória) apenas 10,6%. Os autores concluíram que em canais com alta prevalência de istmos e protrusões, a utilização de um sistema rotatório é preferível em relação ao sistema recíprocante, pois promoverá canais radiculares mais limpos, com um menor acúmulo de debris nas paredes.

Fruchi et al. (2014) avaliaram a eficácia dos instrumentos recíprocantes de NiTi e da irrigação ultrassônica passiva no retratamento de canais curvos obturados com cones únicos correspondentes. Foram selecionados 20 molares, cujos canais méso-vestibulares apresentassem curvaturas entre 20° e 40°, os quais foram instrumentados com Reciproc R25 (VDW, Munique, Alemanha), em movimento recíprocante, e obturados com cone único e cimento AH Plus (DeTrey-Dentsply,

Konstanz, Alemanha). Em seguida, os dentes foram aleatoriamente divididos em dois grupos (n=10) de acordo com o instrumento utilizado para a remoção do material obturador: G1–Reciproc R25 e G2–WaveOne Primary. A análise da quantidade de material obturador restante no interior dos canais radiculares foi avaliada em micro-TC, e uma nova avaliação foi realizada após o uso de irrigação ultrassônica passiva com xileno. Foi possível concluir que ambos os instrumentos testados removeram eficientemente, porém não completamente, o material obturador do interior dos canais radiculares, e não houve diferença estatística entre os grupos. O uso do xileno com a irrigação ultrassônica passiva aumentou um pouco a remoção do material, mas não houve diferença estatisticamente significativa.

Bernardes et al. (2015) quantificaram, através de micro-TC, a quantidade de material obturador remanescente após a desobturação com diferentes técnicas, com e sem a utilização de irrigação ultrassônica passiva (IUP), e analisaram a limpeza das paredes e túbulos dentinários em MEV. Os canais de 180 incisivos inferiores foram preparados com o sistema BioRace (FKG Dentaire) até o instrumento 40/.04. Em seguida, os dentes foram obturados e divididos em 3 grupos (n=60), de acordo com o método utilizado para a remoção do material obturador: G1-Reciproc R50 (VDW, Munique, Alemanha), G2-ProTaper Retratamento (Dentsply Maillefer), G3-Manual (Limas manuais e brocas Gates-Glidden). Cada grupo foi dividido em 2 sub-grupos, com e sem IUP. As micro-TCs foram realizadas antes e após a remoção do material obturador. Após a análise, os dentes foram seccionados e avaliados em MEV, e receberam escores de acordo com a quantidade de material obturador remanescente nas paredes dos canais. Os autores observaram resquícios de material obturador em todos os grupos. No grupo em que foi utilizado o sistema Reciproc, foi observada uma quantidade significativamente menor de material obturador do que nos grupos ProTaper e instrumentação manual. A IUP reduziu significativamente a quantidade de material em todos os grupos.

Da Rosa et al. (2015) avaliaram a quantidade de material remanescente após a desobturação, reparo e irrigação ultrassônica passiva (IUP), utilizando NaOCl 1% e instrumentos rotatórios e reciprocantes. Vinte molares superiores foram preparados com o sistema ProTaper até o instrumento F1 e obturados pela técnica do cone único com cimento AH Plus e cones de guta-percha próprios do sistema ProTaper. Após obturados, os espécimes foram escaneados em micro-TC. Em

seguida, os canais foram desobturados com instrumentos ProTaper Retratamento, e uma nova micro-TC foi obtida. Os espécimes foram aleatoriamente divididos em 2 grupos de acordo com o instrumento utilizado no reprepáro (ProTaper ou WaveOne) e nova micro-TC foi obtida após o prepáro. Por fim, os espécimes foram submetidos a IUP, e uma nova micro-TC foi realizada. O canal palatino foi o que apresentou maior volume de material obturador remanescente em todos os estágios avaliados. A maior redução de material foi obtida após a desobturação com ProTaper retratamento. A quantidade de material remanescente obtida após a desobturação com ProTaper foi similar a quantidade de material após o reprepáro com o sistema rotatório e recíprocante, e após a IUP. O sistema rotatório e recíprocante foram similares na remoção de material obturador. Os autores concluíram que após a desobturação, nem o reprepáro com o sistema ProTaper ou com sistema WaveOne e nem a realização da IUP diminuíram a quantidade de material obturador remanescente no interior dos canais.

Alves et al. (2016) compararam a eficácia de um instrumento recíprocante com instrumentos rotatórios seguidos de uma complementação com outro instrumento na remoção de material obturador de canais curvos. Quarenta canais mesiais de molares inferiores foram instrumentados e obturados. Em seguida, cada canal mesial foi retratado utilizando Reciproc (VDW, Munique, Alemanha) ou MTwo (VDW). O tempo de trabalho foi avaliado, e a porcentagem de material obturador removido foi avaliada em micro-TC, antes e após o retratamento. Os canais que ainda apresentavam material obturador remanescente foram submetidos à instrumentação com XP-Endo Finisher (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suíça), e outra micro-TC foi obtida. A porcentagem de material obturador removido com MTwo (96%) foi significativamente maior do que com Reciproc (89%). O sistema MTwo foi mais rápido na remoção do material do que Reciproc. Considerando análise intra-grupos, o instrumento R40 do Reciproc removeu maior quantidade de material do que o instrumento R25. A instrumentação adicional com XP-Endo Finisher foi efetiva, e aumentou significativamente a quantidade de material removida. Os autores concluíram que o sistema rotatório de múltiplos instrumentos avaliado foi mais efetivo e mais rápido do que o sistema recíprocante de lima única. No grupo Reciproc, foi observado que quanto maior a conicidade e diâmetro da ponta do instrumento utilizado, maior foi a quantidade de material removido. A utilização do XP-Endo Finisher aumentou a quantidade de material removido.

Yilmaz et al. (2018) pesquisaram as diferenças de 3 técnicas de retratamento endodôntico em molares superiores através de micro-TC. Trinta molares superiores foram selecionados, preparados, e obturados com cone único de guta-percha (F2 ProTaper) e cimento AH Plus. Em seguida, os espécimes foram aleatoriamente divididos em 3 grupos, de acordo com o instrumento utilizado para o retratamento: 1) ProTaper Retratamento; 2) MTwo Retratamento; 3) ProFile. Foram obtidas imagens em micro-TC pré e pós-operatórias. O tempo de trabalho também foi avaliado. Nenhuma das técnicas de retratamento endodôntico avaliadas foi capaz de remover completamente o material obturador dos canais. As porcentagens de material obturador remanescente nos grupos 1, 2 e 3 foram 34,45%, 45,43% e 23,63%, respectivamente. Houve diferença estatística entre os grupos 2 e 3. ProTaper e ProFile foram mais rápidos na remoção do material obturador quando comparados com MTwo. Os autores concluíram que o sistema ProFile apresentou os melhores resultados em termos de remoção de material obturador e tempo de trabalho.

Silva et al. (2018) avaliaram em micro-TC a eficácia da remoção de material obturador de canais ovais com a utilização de instrumentos adicionais (XP-Endo Finisher e XP-Endo Finisher-R). Os canais de 20 molares superiores unirradiculares foram preparados com Reciproc R25 e obturados com guta-percha e AH Plus, através da técnica da onda contínua de condensação. Os canais foram retratados com Reciproc R25 e R40. Em seguida, os espécimes foram divididos em 2 grupos de acordo com o instrumento a ser utilizado (XP-Endo Finisher e XP-Endo Finisher-R). A área de superfície e o volume de material obturador removidos foram avaliados em micro-TC antes e após o uso dos instrumentos. Foi observada remoção de material de 66,8% e 59,4% em volume, e 67,3% e 61,4% em área de superfície nos grupos XP-Endo Finisher e XP-Endo Finisher-R, respectivamente. A quantidade de material removida após o uso das limas adicionais nos 2 grupos foi estatisticamente significativa. Não houve diferença significativa entre os instrumentos XP-Endo. Foi possível concluir que os 2 instrumentos XP-Endo avaliados foram igualmente eficazes na remoção de material obturador de canais ovais. Nenhum dos instrumentos avaliados foi capaz de remover completamente o material obturador.

2.4 TRANSPORTE APICAL (TA) NO PREPARO DE CANAIS RADICULARES

O transporte apical (TA), a centralização do preparo e o aumento do volume do canal são os parâmetros mais comumente utilizados para investigar a habilidade dos instrumentos endodônticos em preservar a anatomia do canal radicular (HULSMANN et al., 2005). A literatura sugere que valores de TA acima de 0,3 mm podem afetar negativamente o prognóstico do tratamento endodôntico, especialmente a capacidade de selamento dos materiais obturadores (WU; FAN; WESSELINK, 2000). Em estudos *in vitro*, a literatura tem evidenciado que tanto os instrumentos rotatórios quando os reciprocantes são capazes de preparar o canal radicular sem produzir TA clinicamente significativo (ZHAO et al., 2014; CAPAR et al., 2014, SILVA et al., 2017, MAMEDE-NETO et al., 2017, ZANESCO et al., 2017).

Nabavizadeh et al. (2014) compararam o TA utilizando os sistemas Reciproc e BioRaCe no preparo de canais méso-vestibulares curvos de molares superiores. Sessenta dentes com ângulo de curvatura entre 25° e 35° foram seleccionados e aleatoriamente divididos em 2 grupos (n=30), de acordo com o sistema a ser utilizado. Foram utilizadas radiografias digitais pré e pós-operatórias e o *software* AutoCAD para comparar o TA em 0,5, 1, 2, 3, 4, e 5 mm a partir do comprimento de trabalho. Foram realizadas radiografias de odontometria no comprimento de trabalho e com a última lima do preparo em posição, e a distância entre os instrumentos a cada milímetro determinou o TA. O TA do Reciproc foi maior do que BioRace em todos os milímetros avaliados ($P < 0,05$). O maior valor de TA ocorreu no grupo Reciproc em 0,5 mm (0,048) e o menor no BioRace em 5 mm (0,010). Os autores concluíram que o sistema Reciproc produziu maior TA do que BioRace, mas este fato não afeta negativamente o sucesso clínico ou qualidade do tratamento em virtude dos baixos valores obtidos.

Carvalho et al. (2015) investigaram o TA, centralização e efetividade de limpeza de um sistema reciprocante associado a diferentes técnicas de patência. As raízes mesiais de 52 molares inferiores foram aleatoriamente divididas em 4 grupos (n=13), de acordo com as diferentes técnicas de patência utilizadas antes do preparo com o sistema Reciproc: KF/RS (limas K #10 e #15), NGP/RS (sem patência, só o sistema reciprocante), PF/RS (PathFile #13, #16, #19), e NP (sem preparo algum). A aquisição de imagens em TCFC foi realizada antes e após o preparo dos canais. O TA e sua direção foram avaliados utilizando a fórmula: $D = (X1-X2) - (Y1-Y2)$, e a

centralização através da fórmula: $CC = (X1 - X2/Y1-Y2$ ou $Y1-Y2/X1-X2)$. As amostras foram submetidas a processamento histológico e analisadas em microscópio para a quantificação de debris. Todos os grupos apresentaram similar TA. Houve uma tendência para a direção mesial. Nenhuma técnica apresentou habilidade de centralização perfeita (=1), e não houve diferença significativa entre elas. KF/RS apresentou maior quantidade de debris nas paredes dos canais, com diferença estatística apenas em relação ao grupo NGP/RS. Os autores concluíram que as diferentes técnicas promoveram mínimo TA, e o sistema recíprocante se manteve relativamente centralizado ao longo do canal. As diferentes técnicas interferiram na efetividade de limpeza do sistema recíprocante.

Silva et al. (2017) pesquisaram o TA e a centralização do preparo com a utilização dos sistemas ProTaper Next (PTN) e Twisted File Adaptive (TFA) através de micro-TC. Vinte raízes mesiais de molares inferiores foram divididas em 2 grupos (n=10), de acordo com o sistema a ser utilizado na instrumentação, PTN ou TFA. Após a instrumentação, os espécimes foram novamente escaneados em micro-TC, e foram avaliados em 3, 5 e 7 mm a partir do vértice da raiz. Os canais preparados com PTN ou TFA tiveram TA e centralização do preparo semelhantes nos níveis avaliados.

Brasil et al. (2017) compararam a habilidade do preparo do ProTaper Next (Dentsply), e BT-RaCe (FKG Dentaire) através de micro-TC. Um total de 17 canais mesiais do tipo IV de primeiros molares inferiores foram escaneados antes e após o preparo. Os 2 sistemas foram utilizados na mesma raiz, 1 em cada canal. Os seguintes parâmetros foram avaliados: volume do canal radicular, área de superfície, área de superfície não-instrumentada, TA, tempo de preparo e proporção de largura do canal/raiz. Os 2 sistemas avaliados não apresentaram diferenças em nenhum dos parâmetros. Os autores concluíram que os sistemas estudados não fragilizaram a estrutura radicular, não havendo risco de fratura devido a remoção excessiva de dentina.

González-Chapela et al. (2017) avaliaram a influência do tipo de rotação no TA e centralização do preparo utilizando TCFC. Foram selecionados 50 molares inferiores com canais curvos, os quais foram divididos em 2 grupos (n=25) de acordo com o movimento empregado durante a utilização do instrumento ProTaperNext (PTN): Grupo A (recíprocante) e grupo B (rotação contínua). Os parâmetros descritos foram avaliados a 3, 5 e 7 mm a partir do ápice. Não houve diferença

estatística entre os grupos nos milímetros avaliados. Os autores concluíram que o sistema PTN promoveu mínimo TA e manteve o preparo relativamente centralizado tanto em rotação contínua quanto em movimento recíprocante.

Mamede-Neto et al. (2017) investigaram, através de micro-TC, o TA e centralização de instrumentos rotatórios de NiTi. Cento e vinte e oito pré-molares inferiores foram seleccionados e instrumentados de acordo com os seguintes grupos experimentais: WaveOne, WaveOne Gold, Reciproc, ProTaper Next, ProTaper Gold, MTwo, BioRaCe e RaCe. Foram obtidas imagens em micro-TC antes e após a instrumentação. ProTaper Gold produziu os valores mais baixos de TA e centralização, e o sistema RaCe, os valores mais altos. Não houve diferença estatística entre os instrumentos avaliados. Os autores concluíram que todos os instrumentos avaliados se mostraram similares em se tratando de TA e centralização do preparo.

Zanesco et al. (2017) avaliaram o TA, centralização do preparo, e aumento do volume do canal produzidos após a instrumentação de canais méso-vestibulares de molares superiores com limas manuais, rotatórias e recíprocantes, através de micro-TC e radiografia digital. Quarenta e cinco canais foram divididos aleatoriamente em 3 grupos (n=15) de acordo com o instrumento a ser utilizado: K (limas manuais), PTN (ProTaper Next) ou REC (Reciproc). As últimas limas utilizadas para o preparo foram #25, X2 (#25/.06) e R25 (#25/.08). O TA e a centralização do preparo foram avaliados em 1, 4 e 7 mm a partir do ápice. O aumento do volume do canal (mm^3) foi avaliado no canal por inteiro e por terços (apical, médio e cervical). Foram obtidas radiografias digitais em projeções méso-distais e vestibulo-palatinas antes e após o preparo, as quais foram sobrepostas para avaliar TA a 1 mm do ápice. O TA, a centralização e o volume foram estatisticamente similares nos 3 grupos avaliados. Os resultados de TA foram clinicamente irrelevantes, o maior valor obtido foi 0,215 mm (grupo das limas manuais). A radiografia digital foi tão efetiva quando a micro-TC na análise do TA em 1 mm, e pode ser considerada uma alternativa para avaliar este aspecto.

Kishore et al. (2017) estudaram o TA e centralização de 3 sistemas rotatórios de NiTi em canais curvos, utilizando micro-TC. Sessenta dentes unirradiculares curvos foram seleccionados, e aleatoriamente divididos em 3 grupos experimentais (n=20), de acordo com o sistema utilizado: Twisted Files (TF), HyFlex controlled memory (CM) ou WaveOne (WO). O TA e a centralização foram avaliadas em 3

níveis, a 3, 9 e 15 mm do forame apical. Nas 3 secções avaliadas, o menor TA e maior centralização do preparo foram observados no sistema CM, seguido pelo TF. O sistema WO apresentou maior TA. Foi possível concluir que o preparo com o sistema CM apresentou melhor desempenho em relação aos sistemas TF e WO, em se tratando de TA e centralização do preparo.

Pinheiro et al. (2017) avaliaram em micro-TC o transporte do canal na região apical (TA) e cervical (TC), o aumento do volume de canal na região apical e cervical e a centralização do preparo de 5 sistemas rotatórios termicamente tratados: ProTaper Gold (PTG), ProDesign S (PDS), Hyflex CM (HCM), HyFlex EDM (HDM) e ProDesign Logic (PDL). Foram seleccionados 60 primeiros molares inferiores com canais independentes na raiz mesial. Os dentes foram escaneados e aleatoriamente divididos em 5 grupos (n=24). O volume inicial dos canais foi calculado para assegurar a homogeneidade da amostra. Todos os canais foram preparados até o instrumento #25 de acordo com as instruções do fabricante de cada sistema. Após o preparo, os dentes foram novamente escaneados em micro-TC, e as imagens pré e pós-operatórias foram comparadas. Não houve diferença estatística no TA entre os grupos avaliados. Todos os sistemas causaram TA, com valores variando de 0,031 mm (PDL) a 0,072 mm (PTG). O volume do canal na região apical aumentou de 39% (HCM) a 91,1% (PDS). Em se tratando de TC, houve diferença estatística entre os grupos, com valores entre 0,07 mm (HCM) e 0,172 mm (PTG). Na região cervical o volume aumentou entre 35,4% (HCM) e 51,5% (PDS). Os autores concluíram que todos os sistemas com tratamento térmico avaliados apresentaram TA similar. Na região cervical, HCM e PDL foram associados com preparos mais centralizados.

É válido ressaltar que a maioria dos estudos se atém a avaliar o TA e demais parâmetros no preparo dos canais radiculares, poucos estudos avaliam esses aspectos em retratamento endodôntico. Considerando a relevância clínica de evitar erros e acidentes durante a desobturação e o reparo dos canais, é imprescindível que estudos sobre a eficácia de instrumentos utilizados em retratamento endodôntico também sejam desenvolvidos, especialmente para avaliar se a zona de risco do canal pode ser comprometida.

Aydin et al. (2009) compararam a efetividade da remoção da guta-percha e manutenção da anatomia do canal radicular ao utilizar o sistema HERO 642 ou limas Hestroem em molares inferiores. Quarenta molares inferiores foram instrumentados

e obturados. Após um ano, as raízes foram seccionadas horizontalmente em 3 terços (cervical, médio e apical) e, após, foram remontadas em um aparato. As secções foram fotografadas, aleatoriamente divididas em 4 grupos (n=10) e o material obturador foi removido com Hero 642 ou limas Haedstroem, com ou sem solvente. Imagens digitais dos canais radiculares foram obtidas. Os terços das raízes foram inspecionados e a porcentagem de material obturador remanescente nas imagens pós-operatórias foi comparada. O TA e centralização do preparo foram calculados utilizando as imagens pré e pós-operatórias das secções radiculares. As limas Haedstroem foram associadas com menor quantidade de material obturador remanescente. A porcentagem de material obturador foi similar nos terços apicais e a contribuição do solvente para a remoção do material não foi estatisticamente significativa. Ocorreram perfurações méso-vestibulares em 48% dos espécimes no terço apical das raízes mesiais. Não houve diferença entre centralização, TA e ocorrência de perfuração entre os grupos. Foi concluído que as limas Haedstroem deixaram menos material obturador nos canais; porém, não houve diferença no terço apical. Os 2 sistemas testados causaram grande número de perfurações.

Sglam et al. (2016) pesquisaram o TA durante o retratamento endodôntico utilizando ProTaper Universal para retratamento (PTUR), MTwo retratamento e D-RaCe em canais curvos. Foram selecionados 36 molares inferiores com raízes méso-vestibulares curvas, os quais foram montados em blocos de acrílico. Após a determinação do comprimento de trabalho (CT) a 0,5 mm do forame apical, os canais foram preparados com o sistema ProTaper Universal até o instrumento F1 (20/.06), obturados e divididos em 3 grupos (n=12), conforme o sistema de retratamento a ser utilizado: PTUR, MTwo e D-RaCe. Após a desobturação, os espécimes foram radiografados, e o TA foi avaliado nas radiografias no *software* Image J (v1.44; U.S. National Institutes of Health). Não houve diferença significativa no transporte apical (distal e mesial) entre os grupos avaliados.

Nevares et al. (2016) compararam a quantidade de material obturador remanescente, volume de dentina removida e transporte apical após o retratamento de canais severamente curvos utilizando os sistemas Reciproc (REC) ou ProTaper Next (PTN). Vinte e oito canais mesiais de molares inferiores foram instrumentados e obturados com guta-percha e cimento, e aleatoriamente alocados em 2 grupos (n=14): Grupo REC (lima R25) e Grupo PTN (limas X3 e X2). Foi utilizada micro-TC

para avaliar a porcentagem de material obturador remanescente, a quantidade de dentina removida durante a instrumentação e o transporte apical. O tempo de trabalho também foi avaliado. A porcentagem de material obturador remanescente foi similar nos 2 grupos (84,8% PTN e 86,5% REC) ($P>0,05$). A quantidade de dentina removida, transporte apical em 1, 3 e 5 mm e o tempo de trabalho também foram similares entre os grupos. Houve a fratura de 1 lima no grupo REC. Os autores concluíram que os 2 sistemas avaliados foram igualmente efetivos na remoção de material obturador de canais severamente curvos e podem ser utilizados em retratamento endodôntico. Nenhum material foi capaz de remover completamente o material obturador, por isso, técnicas adicionais são necessárias para melhorar a limpeza do sistema de canais radiculares.

Samuel et al. 2016 investigaram a eficácia do laser Nd:YAG e do sistema rotatório K3 no retratamento endodôntico não-cirúrgico. Sessenta dentes humanos unirradiculares foram divididos em 2 grupos ($n=30$) após o tratamento endodôntico. O retratamento endodôntico foi realizado com o sistema K3 (G1) e com laser Nd:YAG (G2). Imagens de TCFC foram utilizadas para avaliar transporte e remoção do material obturador nos terços cervical, médio e apical. O tempo de trabalho e a temperatura externa da superfície radicular também foram avaliados. O tempo necessário para o retratamento no grupo do laser foi menor do que no grupo em que foi utilizado sistema K3 ($P<0,05$). Não houve diferença estatística entre a temperatura externa da raiz entre os 2 grupos. O terço cervical dos canais estava mais limpo no grupo do laser. Menor transporte do canal foi observado no grupo em que foi utilizado laser. Os autores concluíram que Nd:YAG foi superior ao sistema rotatório K3 no retratamento endodôntico não-cirúrgico porque foi mais rápido e causou menor transporte do canal nos terços médio e apical.

Frente a gama de novos instrumentos de NiTi constantemente lançados no mercado odontológico a fim de otimizar o retratamento endodôntico, e tendo em vista que a literatura se apresenta controversa, mais estudos que os comparem quanto à quantidade de material extrusionado através do forame apical, quanto à qualidade da remoção do material obturador do interior dos canais e ocorrência de transporte apical se justificam.

3 PROPOSIÇÕES

- Comparar a quantidade de debris extrusionados pelo forame apical durante a desobturação de canais radiculares curvos com os instrumentos WaveOne Gold, ProTaper Retratamento, D-RaCe e limas manuais;
- Descrever, a partir da análise de imagens obtidas em MEV, a ocorrência de deformações e/ou fraturas nos instrumentos de NiTi utilizados para a desobturação;
- Quantificar, a partir da avaliação de imagens obtidas em micro-TC, o volume de material obturador remanescente nas paredes dos canais radiculares após a desobturação com WaveOne Gold, ProTaper e D-RaCe, e após o reparo com WaveOne Gold, ProTaper Next e RaCe;
- Examinar, e partir de imagens obtidas em micro-TC, o transporte apical (TA) de 1 a 5 mm a partir do forame apical, após a desobturação com WaveOne Gold, ProTaper e D-RaCe, e após o reparo com WaveOne Gold, ProTaper Next e RaCe;
- Comparar o tempo médio de trabalho para desobturação e para reparo dos canais radiculares com cada sistema.

4 MANUSCRITO 1: VERSÃO EM INGLÊS

O artigo a seguir intitula-se “**Apically extruded debris in filling removal of curved canals using 3 NiTi systems and hand files**” e foi publicado em Janeiro de 2018 na Revista **Brazilian Dental Journal** (fator de impacto 0,81, Qualis A2, Área de Odontologia, CAPES).

Delai D, Boijink D, Hoppe CB, Grecca FS, Kopper PMP. Apically extruded debris in filling removal of curved canals using 3 NiTi systems and hand files. *Braz Dent J* [online]. 2018;29(1):54-59. Available from: <http://www.scielo.br/pdf/bdj/v29n1/1806-4760-bdj-29-01-54.pdf>

Apically extruded debris in filling removal of curved canals using 3 NiTi systems and hand files

Abstract

The aim of this study was to assess the amount of apically extruded debris during filling removal with WaveOne Gold (WOG), ProTaper Universal Retreatment (PTR), D-RaCe Retreatment (DRR) or hand files (HF), to compare the working time during filling removal, and to describe failures of NiTi instruments. Forty mesiobuccal roots of maxillary first molars were prepared with WOG Primary, obturated and divided into 4 groups (n=10), according to the instruments used: WOG, PTR, DRR or HF. Distilled water was used as irrigant and the extruded debris were collected in Eppendorf tubes and dried. The amount of extruded debris was determined by subtracting the final from the initial weight. The time of filling removal for each canal was recorded and the instruments used were analyzed pre and post-operatively by SEM. Kruskal-Wallis and Dunn's test analyzed extruded debris data and ANOVA, followed by Tukey's test, compared the working time data ($\alpha=.05$). Instrument deformation and fracture were described. WOG produced significantly less debris compared with HF and DRR ($P<.05$), and similar to PTR ($P>.05$). HF, PTR and DRR showed no significant difference ($P>.05$). Working time in HF group was significantly higher than others ($P<.05$). SEM analyses showed, from the 18 instruments

evaluated, 3 fractures and 10 deformations. All instruments tested caused debris extrusion. WOG was associated with less extrusion than DRR and HF. Filling removal with HF was slower than with the other instruments. All NiTi systems presented fracture and deformation.

Key Words: Apical Extrusion, Debris, Instrumentation, Reciprocating Movement, Single-file Systems.

Introduction

Cases of unresolved post-treatment periapical radiolucency are referred to as “endodontic failures” (1). Even when the highest standards of canal disinfection and filling are met, failures can occur because of the anatomical complexity of the root canal system (2). The majority of narrow root canals show some degree of curvature, which makes the retreatment procedures more challenging and may also cause procedural errors (3).

Endodontic retreatment requires total filling removal to enable the subsequent root canal instrumentation and disinfection (4). However, it is known that filling removal can lead to extrusion of debris and cause periapical inflammation, flare-ups or failure of apical healing (5). Different amounts of extruded debris have been reported, depending on the instrumentation technique and the design of instruments (5-12).

To quantify debris extrusion into periapical tissues during endodontic treatment, different laboratory experimental set-ups have been designed. The system that has been adopted by most studies was described by Myers & Montgomery (13), which consists of a rubber stopper, a glass vial and a flask made of glass. The assembly where the tooth is placed should be secured to prevent movement, and the flask should be shielded using a rubber dam so that the operator is not able to see the debris, simulating a clinical working environment (14).

The WaveOne single-file reciprocating system (WO, Dentsply Maillefer) has been introduced with a special nickel-titanium (NiTi) alloy (M-wire) presenting advantages as increased flexibility, improved resistance to cyclic fatigue, and minimal canal transportation (15-17). When used to filling removal, it has been reported as more effective when compared to rotational and hand files (18). WaveOne Gold

system (WOG, Dentsply Maillefer), which was released in recent years, uses the same reciprocation action of WO but has modified dimensions and geometry. The files are manufactured using a manual gold heat treatment by heating the file and cooling slowly, providing a gold color to the instrument and improvement of 80% in flexibility, 50% in the resistance to cyclic fatigue, and 23% in efficiency (19).

To date, some studies have evaluated apical debris extrusion when a single-file reciprocating system was used for filling removal (8, 10, 11, 12, 18, 20, 21). However, few studies have evaluated the debris extrusion during endodontic retreatment in curved canals (11), and there are no studies regarding the performance of WOG in filling removal, neither in debris extrusion during filling removal of well-filled curved canals.

Thus, the aim of this study was to evaluate the apically extruded debris, during filling removal, with WOG in comparison with ProTaper Universal Retreatment (PTR, Dentsply Maillefer), D-RaCe Retreatment (DRR, FKG Dentaire) and hand files (HF, Dentsply Maillefer), to compare the working time, and to describe failures of the NiTi instruments.

Materials and Methods

This study was approved by the Institutional Review Board (CAAE 51687215.3.0000.5347).

Sample Selection

Forty human maxillary first molars with mature apex were selected, cleaned, disinfected and stored in distilled water at 4°C until the experimental procedures. The mesiobuccal roots were isolated by sectioning the teeth twice, in buccal and proximal directions, maintaining a reference peak for instrumentation procedures. The mesial roots were mounted on a custom attachment and were pre-scanned by a micro-computed tomography system (Micro-CT; SkyScan 1174 v.2; Bruker-microCT, Kontich, Belgium) at 90-kv, 112- μ A and 12.8- μ m voxel. The images were reconstructed with NRecon Software version 1.6.9.3 (Bruker-microCT) and axial cross-sections were obtained. This initial scan provided an overview of the root canal anatomy. Only roots without canal calcification, immature apex, previous canal treatment, internal or external resorption, fracture or crack, and with only one root

canal or two separate and distinct canals that were separate from the pulp chamber to the apex were included.

The root canal images and foramen images were obtained in Data Viewer software version 1.4.32 (Bruker-microCT) and the captured images were digitally processed by the software Adobe Photoshop CS3 (Adobe System Incorporated, USA). Root canal curvature was determined according to the degree (22) and radius (23) of canal curvature. To measure degree of curvature, a line was drawn parallel to the long axis of the canal. The point where the canal deviated from this line to begin canal curvature was marked as "point A". Then, a second line was drawn from the apical foramen (point B) to intersect with the "point A". The acute angle thus formed was measured (22). The line formed between points A and B is a chord of the hypothetical circle that defines the curved part of the canal. The curved part of the root canal between points A and B is the circular arc of the hypothetical circle, which is specified by its radius (23). Only root canals with curvatures between 20° and 40° and radius of curvature shorter than 10mm were included. The foramen perimeter was also delimited. Considering the mean values of the curvatures and foramen perimeter, the roots were distributed in 4 groups (n=10) by stratified randomization (www.random.org).

Root Canal Treatment

The working length (WL) was established at 1mm short of the length of a size 15 K-file (Dentsply, Maillefer) that was visible at the foramen. LA Axxess #2 (Sybron Endo) prepared the cervical portions of all canals, which were then prepared with WOG Primary #25.07 (Dentsply, Maillefer) up to the WL, using a reciprocating slow in-and-out pecking motion. The apical canal patency was kept with #15-K file. Irrigation was performed with 1% sodium hypochlorite (NaOCl) and, at the end, with 2 mL of 17% EDTA. The canals were dried and filled with AH Plus (Dentsply, Maillefer) and gutta-percha (master cone #25.02 and accessory cones, Dentsply Maillefer) using cold lateral condensation technique.

The teeth were temporarily restored and radiographs were taken in bucco-palatal and proximal directions to confirm the filling quality. The specimens were stored in an incubator at 37°C and 100% humidity for 4 weeks to allow sealer setting (24).

Debris Extrusion Collection and Filling Removal Procedures

The method for debris collection was adapted from previous studies (8,13,21).

Briefly, Eppendorf tubes (1,5 mL) were pre-weighted 3 times in a 10^{-5} g precision analytical microbalance (Sartorius AG), and the mean values were recorded. The teeth were mounted in the tubes with rubber stoppers and a 27-G needle was placed through the stoppers. The tubes were covered with black tapes to blind the operator (Figure 1).



Figure 1. Apparatus used for debris extrusion collection.

Irrigation was performed with distilled water and no solvent was used. LA Axxess #2 removed the cervical filling and the remaining material was removed according to the experimental groups, until the WL was reached. XSmart Plus (Dentsply Maillefer) was used for filling removal in WOG, PTR and DRR groups:

- **HF:** K-Files #40, #35, #30 and #25 were used in circumferential, quarter turn, push-pull movement.
- **WOG:** Primary instrument (#25.07) was used in the “WaveOne Gold” mode of XSmart Plus.
- **PTR:** D1 (#30.09), D2 (#25.08), and D3 (#20.07) were used (600-rpm; 2-Ncm) with gentle in-and-out motion.
- **DRR:** DR1 (#30.10 - 1000-rpm; 1.5-Ncm) was used at the cervical and beginning of the middle thirds and DR2 (#25.04 - 600-rpm; 1-Ncm) at the middle and apical thirds with gentle in-and-out motion.

After filling removal procedures, the Eppendorfs were removed from the vials, and the apex was washed with 1 mL distilled water to collect the adhered debris. The Eppendorfs were stored in an incubator at 70°C for 5 days, allowing water evaporation. Then, three weight measurements were taken for each collection assembly and the means were recorded. The weight of extruded debris was determined by subtracting the mean weight of the empty Eppendorf from the final mean weight of the collection assembly.

A single operator performed all endodontic procedures to avoid interoperator variability.

Working time

The time needed to complete filling removal was recorded using a digital timer (SportLine, Elmsford, USA) that was started when the first instrument was introduced into the canal and turned off when the last instrument of the sequence or the WOG instrument reached the WL.

NiTi Instrument Deformation or Fracture

All NiTi instruments were unpacked and submitted to scanning electron microscope (SEM) (JEOL, JSM 5600 LV, Tokyo, Japan) analysis. Two observers analyzed the instrument circumference and one image from the tip up to 5mm at 40X magnification was recorded. Then, the instruments were numbered and re-packaged.

Each instrument used acted in 4 specimens, simulating a molar with 4 canals. As each group had 10 specimens, 2 additional filled root canals, with the same anatomical characteristics, were instrumented to complete the 4 uses for all NiTi instruments. After filling removal procedures, the instruments were cleaned by scrubbing and sonication in a biocleaner tray (Schuster, Santa Maria, RS, Brazil) containing Riozyme II enzyme detergent (Rioquímica, São Paulo, Brazil) for 20 min. Then, each instrument was re-analyzed by SEM, as described above. One calibrated (ICC=0.98) and blinded examiner classified the images according to fracture and deformation (spiral distortion).

Statistical Analysis

Kruskal-Wallis test, followed by the Dunn's test, compared apically extruded debris between groups. One-way ANOVA, followed by Tukey's test, compared the

working time data. All statistical analysis was performed on SPSS 20.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) and significance was set at $P < .05$.

Results

Debris Extrusion

WOG extruded significantly less debris than HF and DRR ($P < .05$) and the other groups were not statistically different ($P > .05$) (Table 1).

Table 1. Median, 25th and 75th percentiles weight of apically extruded debris (10^{-5} g).

Instrument		HF	WOG	PTR	DRR
Median		985 ^b	770 ^a	905 ^{ab}	977 ^b
Percentiles	25	908	697	837	920
	75	1044	891	1116	1038

*Values with different letters indicate statically significant difference ($P < .05$).

HF - Hand files; WOG - WaveOne Gold; PTR - ProTaper Universal Retreatment; DRR - D-RaCe Retreatment.

Working Time

The working time for filling removal was similar for all NiTi instruments ($P > .05$) and higher in the HF group ($P < .05$) (Table 2).

Table 2. Working time with the different instruments (s).

Instrument	HF	WOG	PTR	DRR
Mean \pm SD	273.4 \pm 106.7 ^a	111.90 \pm 33.62 ^b	120.70 \pm 53.15 ^b	88.29 \pm 32.84 ^b

*Values with different letters indicate statically significant difference ($P < .05$).

HF - Hand files; WOG - WaveOne Gold; PTR - ProTaper Universal Retreatment; DRR - D-RaCe Retreatment.

NiTi Instrument Deformation or Fracture

Figure 2 illustrates SEM analysis. From the three WOG instruments evaluated, one fractured and two presented distortion of two or more spirals. In PTR, the three D1 were intact, with no fracture or deformation and the three D2 presented distortion of two or more spirals. Two D3 presented distortion of two or more spirals and one fractured. From DRR, one of the three DR1 was intact, with no fracture or deformation, and two presented distortion of one spiral. One DR2 fractured and two showed distortion of one spiral.

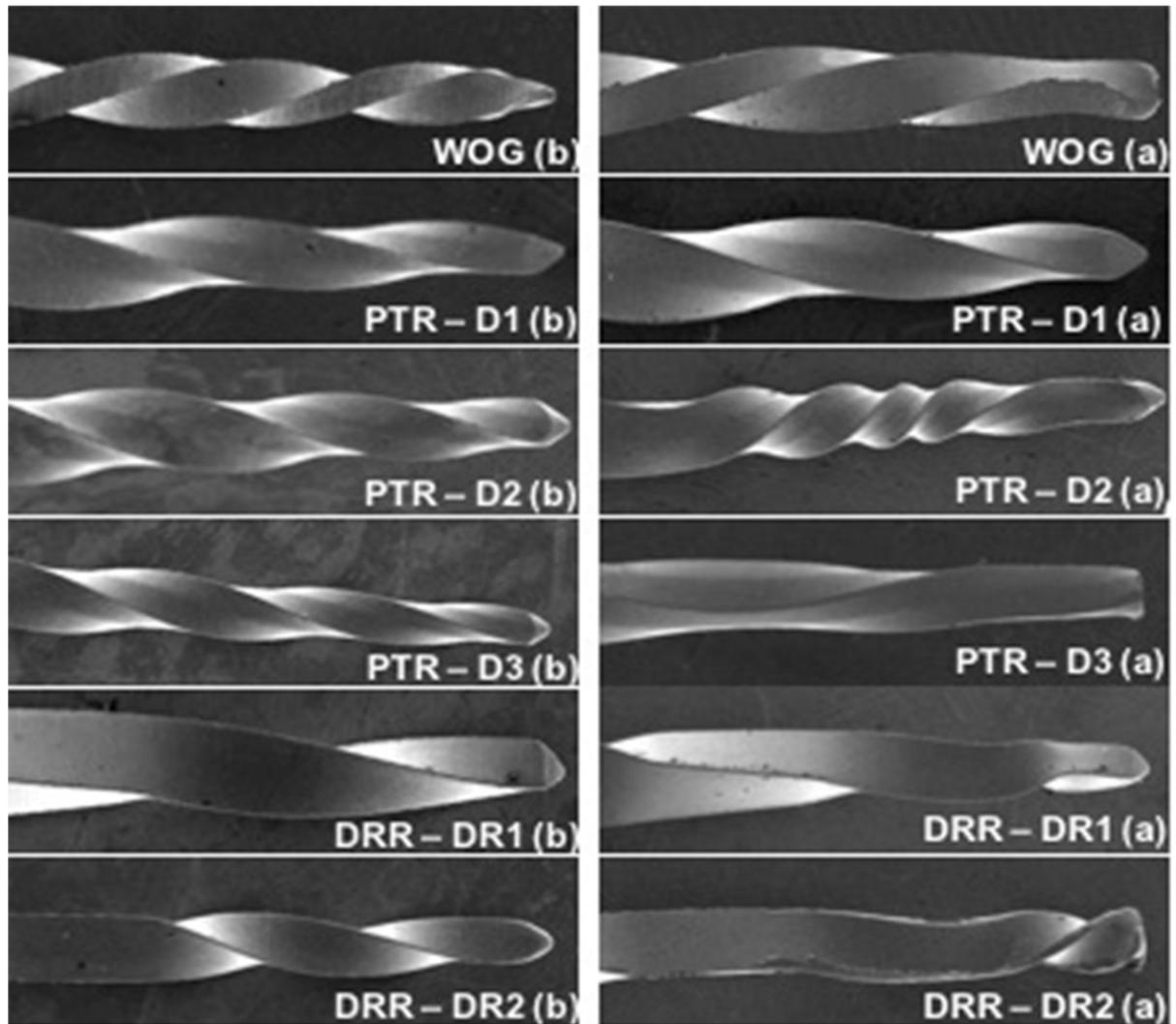


Figure 2. SEM images showing PTR (D1, D2 and D3), WOG and DRR (DR1 and DR2) instruments before (b) and after (a) instrumentation (accelerating Voltage 10.0 kV, magnification X40).

Discussion

Several studies showed that root canal instrumentation produces apical extrusion of debris (7,10-13,20-21,25-27). However, few investigations have aimed to evaluate extruded debris during filling removal of curved canals using recent NiTi files (11). Moreover, the behavior of WOG regarding debris extrusion during filling removal is yet unknown.

As apical extrusion containing gutta-percha, sealer, organic and inorganic remnants and irrigants can lead to a negative outcome (28-29), the amount of debris extruded during retreatment needs to be investigated. Therefore, the present study

aimed to evaluate the apically extruded debris during filling removal of curved canals with WOG, DRR, PTR and HF.

Tanalp and Gungor (14) reviewed the literature about apical extrusion and pointed out concerns regarding experimental designs used. Considering that more debris are extruded with an increase in the apical diameter (30), specimens in the present study were scanned by micro-CT, allowing delimitation of the foramen perimeters. Then, each specimen was randomly stratified in a specific software for that purpose, reducing the influence of this bias.

Generally, endodontic failures are associated with treatments not properly conducted. However, complete bone healing may not occur even in a well-done endodontic treatment (1). In these cases, as simulated in the present investigation, removing the well-condensed filling material is more laborious and instrument deformation or fracture may occur. SEM analysis confirmed this assertion for all NiTi instruments tested, except for D1 (PTR) and DR1 (DRR).

The use of a solvent has been suggested to reduce the sealer microhardness, facilitating NiTi instrument insertion into filling material (31), shortening the retreatment time (32). Although the use of solvent is recommended (33), the chemically softened gutta-percha can be forced into root canal walls and into its complex anatomy that is not touched by the instruments, increasing the challenges for filling removal and possibly increasing the instrumentation time (34-35). Considering these ideas and the aim to assess the performance of instruments by itself, no solvents were used herein.

In the present study, WOG extruded less debris than DRR and HF. Probably, differences in number of files and in instruments configuration, cross-section, cutting blade design, taper, tip type, alloy, flexibility, kinematics, and cutting efficacy influenced this outcome (26,30). Dincer et al. (10) also found more apical debris extrusion when HF were used in comparison with reciprocating NiTi instruments, which might be explained by differences in instruments action (9): the push-pull action performed with HF to advance in apical direction may have increased the risk of pumping the debris through the foramen, while the combined reciprocating motion with crown-down pressure performed with NiTi instruments could have reduced the risk of extrusion. Another possible explanation to the less extrusion of WOG could be the compaction of filling material in the apical region, as suggested by Crozeta et al. (36). Theoretically, the smaller the chip space of an instrument, the smaller its

escape area and consequently its debris removal capacity (7). Although WOG has not been developed specifically for endodontic retreatment procedures, the present results indicate that this instrument is an alternative for root canal filling removal.

No differences were found between WOG and PTR, and between PTR and DRR. Topçuoglu et al. (9) also found no difference between PTR and DRR, and associated this fact to the similar designs in the apical third of these instruments. In contrast with the present findings, Çanakçı et al. (20), comparing a reciprocating system to rotary retreatment systems, found that the reciprocating (Reciproc) produced more debris than DRR. The authors attributed their results to differences in instruments motion. These controversial results may be explained by the differences in root canal preparation protocols. In this investigation no final preparation was performed, aiming to assess only the extruded debris caused by filling material removal. Instead, Çanakçı et al. (20) performed final root canal preparation with Reciproc #40.06.

Regarding the working time, all NiTi systems evaluated were faster than HF and no differences were found between them. Similarly, Çanakçı et al. (20) reported no differences between DRR and PTR and, otherwise, Huang et al (5) observed that the reciprocating instruments (Reciproc and WO) were faster than the rotary systems. These findings may be explained because root canal preparation with reciprocating systems requires only one instrument, while with the rotary system two or more files are necessary. These findings are controversial with the present results. Maybe the similarity in the working time of WOG and the rotary systems observed herein could be explained by WOG manufactory process, including repeated heating and cooling, which increases its flexibility. This may have hindered its penetration into the filling material, increasing the working time. Moreover, the fact that WOG has not been developed specifically for retreatment has to be considered.

Considering the limitations of in vitro investigations, caution should be taken when extrapolating the results to clinical situations (17). The collection assembly used had the apex suspended in the air without resistance. In clinical situations, the apex would be surrounded by granulomatous or periradicular tissues, which could restrict apical extrusion (37). To simulate the resistance of periapical tissue, the use of floral foam has been suggested; however, it can absorb irrigant solution and debris extruded apically while acting as a barrier (37). Considering that physical backpressure was absent in all experimental groups, this bias was controlled.

In curved root canals, all instruments evaluated caused apical debris extrusion. WOG was associated with less extrusion than DRR and HF and can be considered an alternative for filling removal during root canal retreatment. Filling removal with HF was slower than with the other instruments. All NiTi systems presented fracture and deformation.

References

1. Nair PN. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2004;15(6):348-81.
2. Perrini N, Castagnola L. W. Hess & O. Keller's anatomical plates: studies on the anatomical structure of root canals in human dentition by a method of making the tooth substance transparent (1928). Milano, Lainate (Italy): Altini Comunicazioni Grafiche; 1998.
3. Schirrmester JF, Wrbas K-T, Meyer KM, Alterburger MJ, Hellwig E. Efficacy of different rotary instruments for gutta-percha removal in root canal retreatment. *J Endod.* 2006;32(5):469-72.
4. Bueno CE, Delboni MG, Araújo RA, Carrara HJ, Cunha RS. Effectiveness of rotary and hand files in gutta-percha and sealer removal using chloroform or chlorhexidine gel. *Braz Dent J.* 2006;17(2):139-43.
5. Huang X, Ling J, Wei X, Gu L. Quantitative evaluation of debris extruded apically by using ProTaper Universal Tulsa rotary system in endodontic retreatment. *J Endod.* 2007;33(9):1102-5.
6. Uezu MKN, Britto MLB, Nabeshima CK, Pallotta RC. Comparison of debris extruded apically and working time used by ProTaper Universal rotary and ProTaper retreatment system during gutta-percha removal. *J Appl Oral Sci.* 2010;18(6):542-5.
7. Bürklein S, Schäfer E. Apically extruded debris with reciprocating single-file and full-sequence rotary instrumentation systems. *J Endod* 2012;38(6):850-2.
8. Silva, EJ, Sá, L, Belladonna FG, Neves, AA, Accorsi-Mendonça T, Vieira VTL, et al. Reciprocating versus Rotary systems for root filling removal: assessment of the apically extruded material. *J Endod* 2014;40(12):2077-80.
9. Topçuoğlu HS, Aktı A, Tunkay O, Dinçer AN, Düzgün S, Topçuoğlu G. Evaluation of debris extruded apically during the removal or root canal filling material using ProTaper, D-RaCe, and R-Endo rotary nickel-titanium retreatment instruments and hand files. *J Endod* 2014;40(12):2066-9.

10. Dincer AN, Er O, Canakci BC. Evaluation of apically extruded debris during root canal retreatment with several NiTi systems. *Int Endod J* 2015;48:1194-1198.
11. Kaşıkçı Bilgi I, Köseleler I, Güneri P, Hülsmann M, Çalışkan MK. Efficiency and apical extrusion of debris: a comparative ex vivo study of four retreatment techniques in severely curved root canals. *Int Endod J*. 2016;50(9):910-18.
12. Yılmaz K, Özyürek T. Apically extruded debris after retreatment procedure with reciproc, ProTaper Next, and Twisted File Adaptive Instruments. *J Endod*. 2017;43(4):648-51.
13. Myers GL, Montgomery S. A comparison of weights of debris extruded apically by conventional filling and Canal Master techniques. *J Endod*. 1991;17(6):275-9.
14. Tanalp J, Güngör T. Apical extrusion of debris: a literature review of an inherent occurrence during root canal treatment. *Int Endod J*. 2014;47(3):211-21.
15. Ye J, Gao Y. Metallurgical characterization of M-Wire nickel-titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue. *J Endod*. 2012 Jan;38(1):105-7.
16. Gao Y, Gutmann JL, Wilkinson K, Maxwell R, Ammon D. Evaluation of the impact of raw materials on the fatigue and mechanical properties of ProFile Vortex rotary instruments. *J Endod*. 2012;38(3):398-401.
17. Bürklein S, Poschmann T, Schäfer E. Shaping ability of different nickel-titanium systems in simulated S-shaped canals with and without glide path. *J Endod*. 2014;40(8):1231-4.
18. Koçak MM, Koçak S, Türker SA, Sağlam BC. Cleaning efficacy of reciprocal and rotary systems in the removal of root canal filling material. *J Conserv Dent*. 2016;19(2):184-8.
19. Webber J. Shaping canals with confidence: WaveOne GOLD single-file reciprocating system. *Roots*. 2015;1:34-40.
20. Çanakçı BC, Ustun Y, Er O, Genc Sen O. Evaluation of apically extruded debris from curved root canal filling removal using 5 Nickel-Titanium Systems. *J Endod*. 2016;42(7):1101-4.
21. Zuolo AS, Mello JE Jr, Cunha RS, Zuolo ML, Bueno CE. Efficacy of reciprocating and rotary techniques for removing filling material during root canal retreatment. *Int Endod J*. 2013;46(10):947-53.
22. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1971;32(2):271-5.

23. Schäfer E, Diez C, Hoppe W, Tepel J. Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. *J Endod.* 2002;28(3):211-6.
24. Ørstavik D, Nordahl I, Tibballs JE. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dent Mater.* 2001;17(6):512-9.
25. Yeter KY, Evcil MS, Ayranci LB, Ersoy I. Weight of apically extruded debris following use of two canal instrumentation techniques and two designs of irrigation needles. *Int Endod J.* 2013;46(9):795-9.
26. Kirchhoff, AL, Fariniuk, LF, Mello, I. Apical extrusion of debris in flat-oval root canals after using different instrumentation systems. *J Endod.* 2015;41(2):237-41.
27. Arslan H, Doğanay E, Alsancak M, Çapar D, Karatas E, Gündüz HA. Comparison of apically extruded debris after root canal instrumentation using Reciproc instruments with various kinematics. *Int Endod J.* 2016;49(3):307-10.
28. Siqueira J. Microbial causes of endodontic flare-ups. *Int Endod J.* 2003;36(7):453-63.
29. Seltzer S, Naidorf IJ. Flare-ups in endodontics: I. Etiological factors. *J Endod* 2004;30(7):476-81.
30. Tinaz AC, Alacam T, Uzun O, Maden M, Kayaoglu G. The effect of disruption of apical constriction on periapical extrusion. *J Endod.* 2005;31(7):533-5.
31. Çanakçı BC, Er O, Dincer A. Do the sealer solvents used apically extruded debris in retreatment? *J Endod.* 2015;41(9):1507-9.
32. Giuliani V, Cocchetti R, Pagavino G. Efficacy of ProTaper Universal retreatment files in removing filling materials during root canal retreatment. *J Endod.* 2008;34(11):1381-4.
33. Tasdemir T, Yildirim T, Celik D. Comparative study of removal of current endodontic fillings. *J Endod.* 2008;34(3):326-9.
34. Takahashi CM, Cunha RS, De Martin AS, Fontana CE, Silveira CF, da Silveira Bueno CE. In vitro evaluation of the effectiveness of ProTaper Universal Rotary Retreatment system for gutta-percha removal with or without a solvent. *J Endod.* 2009;35(11):1580-3.
35. Kfir A, Tsesis I, Yakirevich E, Matalon S, Abramovitz I. The efficacy of five techniques for removing root canal filling material: microscopic versus radiographic evaluation. *Int Endod J.* 2012;45(1):35-41.

36. Monguilhott Cruzeta B, Damião de Sousa-Neto M, Bianchi Leoni G, Francisco Mazzi-Chaves J, Terezinha Corrêa Silva-Sousa Y, Baratto-Filho F. A micro-computed tomography assessment of the efficacy of Rotary and reciprocating techniques for filling material removal in root canal retreatment. *Clin Oral Invest.* 2016;20(8):2235-40.
37. Altundasar E, Nagas E, Uyanik O, Serper A. Debris and irrigant extrusion potential of 2 rotary systems and irrigation needles. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011;112(4):e31-5.

5 MANUSCRITO 2: VERSÃO EM INGLÊS

O Artigo a seguir intitula-se “**Efficacy of a thermally treated single-file compared with rotatory systems in endodontic retreatment of curved canals: a Micro-CT study**” e foi formatado segundo normas específicas do periódico **Clinical Oral Investigations** (acessado em 05 de Março de 2018, submetido em 07 de Março de 2018), exceto quanto à disposição de tabelas e figuras (Fator de impacto 2,308, Quais A1, Área de Odontologia, CAPES) (Anexo F).

Delai D, Jardine AP, Mestieri, LB, Boijink D, Fontanella VRC, Grecca FS, Kopper PMP. Efficacy of a thermally treated single-file compared with rotatory systems in endodontic retreatment of curved canals: a micro-CT study.

Efficacy of a thermally treated single-file compared with rotatory systems in endodontic retreatment of curved canals: a micro-CT study

ABSTRACT

Objectives This study aimed to compare WaveOne Gold with ProTaper and RaCe systems regarding remaining filling material, apical transportation (AT) and working time (WT) after (i) filling removal and (ii) shaping of curved canals.

Methods Thirty mesiobuccal canals of maxillary molars were prepared and filled. After 30 days, they were randomly assigned into 3 groups ($n=10$), according to the instruments used for filling removal and shaping, respectively: WOG) WaveOne Gold Primary and Medium; PTG) ProTaper Retreatment and ProTaper Next; RCG) D-RaCe and RaCe. Micro-CT analysis assessed the residual filling material and AT. WT was recorded. Data were statistically analyzed ($\alpha=.05$).

Results In both evaluated steps, WOG had similar ($P>.05$) and less ($P<.05$) amount of filling material than PTG and RCG, respectively. The remaining material in WOG and RCG was lower after shaping ($P<.05$). All groups presented low AT values. The WT was similar in all groups in filling removal ($P>.05$), and in shaping step WOG was faster than PTG and RCG ($P<.05$).

Conclusions Neither system could completely remove the filling material. WaveOne Gold instruments were more effective than RaCe and those were similar to ProTaper

in retreatment of curved canals. The instruments evaluated were safe and the reciprocating system was faster than the rotary systems in shaping the canals.

Clinical relevance This study provided consistent information on filling material removal capacity of WaveOne Gold. Considering that all tested systems were safe, WaveOne Gold may be an alternative with cost-effectiveness and shorter learning curve for endodontic retreatment.

Keywords: Apical Transportation - Micro-computed Tomography – Retreatment - Root Canal Obturation Material.

INTRODUCTION

The endodontic treatment failure is usually associated with insufficient disinfection of the root canals, unfilled or inadequate root canal obturation, and defective coronal restoration [1]. The purpose of endodontic retreatment is to remove the filling material to allow thorough cleaning, disinfection and shaping. Previous studies have shown the inability to completely remove root canal filling materials [2], particularly in the apical portion of root canals [3]. Thus, several manufacturing technologies have been developed to optimize this procedure, mainly in automated instruments.

ProTaper Universal Retreatment (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) system has three files, D1, D2 and D3, which may be used one for each root canal third, according to the manufacturer. These instruments have a convex, triangular cross-section, and the D1 file has an active working tip that facilitates its penetration [4]. D-RaCe retreatment files (FKG, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) comprise two instruments, DR1 and DR2, which present alternating cutting edges and a triangular cross-section. DR1 instrument also has an active working tip to facilitate penetration into the filling mass [5].

Some authors have proposed the use of reciprocating single-file systems, originally designed for root canal preparation, for filling removal [6-8]. The reciprocating motion technique increases the resistance of nickel-titanium (NiTi) instruments to cyclic fatigue [9], and has been reported as more effective in filling removal from the root canal walls when compared to rotational and hand files [10]. The NiTi single-file WaveOne Gold (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) uses

the same reciprocating action as WaveOne (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland). According to the manufacturer, this instrument is repeatedly heat-treated and cooled; this technology assigns a gold color to the instrument and increases its cyclic fatigue resistance and flexibility.

From a clinical standpoint, apart from the inability to completely remove root canal filling materials, the retreatment procedures can lead to transportation of root canals that may result in lodging, zipping and perforation, especially in the apical third [11]. Thus, these circumstances should be assessed to avoid weakening the root and to reduce the risk of vertical root fracture or perforation. To date, there are few investigations about the efficacy of filling material removal in curved canals using NiTi systems. Furthermore, the ability of WaveOne Gold system in removing filling material from curved canals has not been evaluated yet. Therefore, the present study aimed to compare WaveOne Gold with ProTaper and RaCe systems regarding remaining filling material, apical transportation and working time after i) filling removal and ii) shaping of curved root canals.

MATERIAL AND METHODS

Sample Selection

This study was approved by the Institutional Review Board of the Federal University of Rio Grande do Sul (CAAE 51687215.3.0000.5347). Thirty human maxillary first molars with mature apex were selected, cleaned, disinfected and stored in distilled water at 4°C. The mesiobuccal roots were isolated by sectioning the teeth twice, in buccal and proximal directions, maintaining a reference peak for instrumentation and simulating a clinical situation. Initial micro-CT scan (micro-CT #1) was performed to obtain an overview of the root canal anatomy and the initial canal volume. Roots without canal calcification, immature apex, previous canal treatment, internal or external resorption, fracture or crack, and with only one root canal or two separate and distinct canals from the pulp chamber to the apex were included.

Only root canals with curvatures between 20° and 40° and radius of curvature shorter than 10mm were included. Root canal curvature was determined according to the degree [12] and radius [13] of canal curvature. Considering the mean values of the curvatures, radius and initial volume of the root canals, the roots were distributed in 3 groups (n=10) by stratified randomization (www.random.org). The initial root

canal volume in each group was analyzed by Kruskal-Wallis and Dunn post-hoc to ensure sample homogeneity. The values obtained were similar ($P>.05$).

Micro-CT Scanning

The mesial roots were attached to a custom device and scanned by a micro-computed tomography system (Micro-CT; SkyScan 1174 v.2; Bruker-microCT, Kontich, Belgium) at 90kV, 112 μ A and 12.8 μ m voxel. The parameters used included a rotation step of 0.4°, 180° rotation around the vertical axis, and no filter. The images were reconstructed with NRecon Software version 1.6.9.3 (Bruker-microCT) and axial cross-sections were obtained. The root canal images were obtained in Data Viewer software version 1.4.32 (Bruker-microCT) and were digitally evaluated by the Adobe Photoshop CS3 software (Adobe System Inc., San José, CA, USA).

Root Canal Preparation and Filling

The root canals patency was verified and the working length (WL) was established at 1mm short of the apical foramen. LA Axxess #2 (Sybron Endo, Glendora, CA, USA) and WaveOne Gold Primary #25.07 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) prepared root canals in the cervical portion and up to the WL, respectively. Irrigation with 1% sodium hypochlorite (NaOCl) and 17% EDTA was performed with 30-G NaviTip needles (Ultradent, South Jordan, UT, USA) up to 2mm short of the WL. After dried, the canals were filled with AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) and gutta-percha (master cone #25/02 and accessory cones, Dentsply Maillefer) using cold lateral condensation technique. The teeth were temporarily restored with Coltosol (Vigodent, Rio de Janeiro, RJ, Brazil) and the specimens were stored in an incubator at 37°C and 100% humidity for 4 weeks to allow sealer setting [14]. A micro-CT scan (micro-CT #2) was performed to observe the filling quality. All samples presented adequate filling.

Filling Removal and Root Canal Shaping

The temporary coronal restoration was detached and filling removal was started with LA Axxess #2 at the cervical portion. After, reciprocating or rotary instruments were used, triggered on X-Smart Plus (Dentsply Maillefer), according to the experimental groups (n=10) (Table 1). WaveOne Gold and ProTaper instruments were used at “WaveOne Gold” mode and at 600rpm/2Ncm, respectively. D-RaCe instrument DR1 was used at 1000rpm/1.5Ncm and DR2 at 600rpm/1Ncm. The instruments were used by the crown-down technique, with in-and-out strokes, until the WL was reached and the filling material was no longer visualized between the cutting blades. A new micro-CT scan was performed (micro-CT #3). After, the root canals were shaped with the instruments indicated for each experimental group (Table 1). WaveOne Gold and ProTaper Next instruments were used at “WaveOne Gold” and “ProTaper Next” modes, respectively. RaCe instruments BR3 and BR4 were used at 500rpm and 1Ncm. At the end, the roots were scanned again (micro-CT #4). In both steps, the irrigation protocol used was similar to the initial preparation with no solvent. No separated instrument was observed throughout instrumentation.

Table 1. Sequence of instruments used for root canal treatment (shaping) and retreatment (filling removal and shaping), according to the experimental groups: WaveOne (WOG), ProTaper (PTG) and RaCe (RCG).

<i>Group</i>	<i>Root canal treatment</i>		<i>Root canal retreatment</i>	
	<i>Shaping</i>		<i>Filling removal</i>	
WOG	WOP (#25.07) - WL	WOP (#25.07) - WL	WOM (#35.06) - WL	
PTG	WOP (#25.07) - WL	D1 (#30.09) - cervical third D2 (#25.08) - cervical and middle thirds D3 (#20.07) - WL	X2 (#25.06) - WL X3 (#30.07) - WL K-file (#35.02) -WL	
RCG	WOP (#25.07) - WL	DR1 (#30.10) - cervical and middle thirds DR2 (#25.04) - middle third and WL	BR3 (#25.06) - WL BR4 (#35.04) -WL	

*WOP: WaveOne Primary; WOM: WaveOne Medium; D: ProTaper Retreatment instruments; X: ProTaper Next instruments; DR: D-RaCe Retreatment instruments; BR: RaCe instruments; WL: Working Length.

Remaining Filling Material

The volume of filling material was quantified in both evaluated steps with CTAN version 1.14.4 (Bruker-microCT). Volumetric analysis was performed and 3-

dimensional (3D) models were reconstructed. Specimens were aligned and the apical and cervical sections were standardized for posterior binarization with thresholding of representative pixels of the material. Quantitative 3D evaluation of the root canal filling volume was obtained using the plug-in 3D analysis tool.

Apical Transportation (AT)

Axial sections corresponding to distances 1, 2, 3, 4 and 5 mm from the root canal foramen were selected. AT was calculated in millimeters using the formula $([X1-X2] - [Y1-Y2])$ [15]. A negative result indicated transportation toward the furcation region and a positive result indicated transportation away from the furcation region. One calibrated examiner measured all values (ICC=0.94).

Working time

The time required to remove the filling material and to shape the root canals was recorded using a digital timer (SportLine, Elmsford, USA) and counted in seconds. In both steps, the timer was started when the first instrument was introduced into the canal and turned off when the last instrument of the sequence reached the WL.

Statistical Analysis

The Kolmogorov-Smirnov test was used to determine the sample normality. Volume of remaining filling material between groups and working time, in each step, was compared by one-way ANOVA, followed by Tukey's post hoc. Paired T-test compared the volume of remaining filling material between steps in each group. Regarding AT, the Mann Whitney test compared the two evaluated moments in each group. Kruskal-Wallis test followed by Dunn's post hoc were employed for comparisons between groups. All statistical analyses were performed on GraphPad Prism 7.0 (GraphPad Inc, San Diego, CA, USA) ($\alpha=.05$).

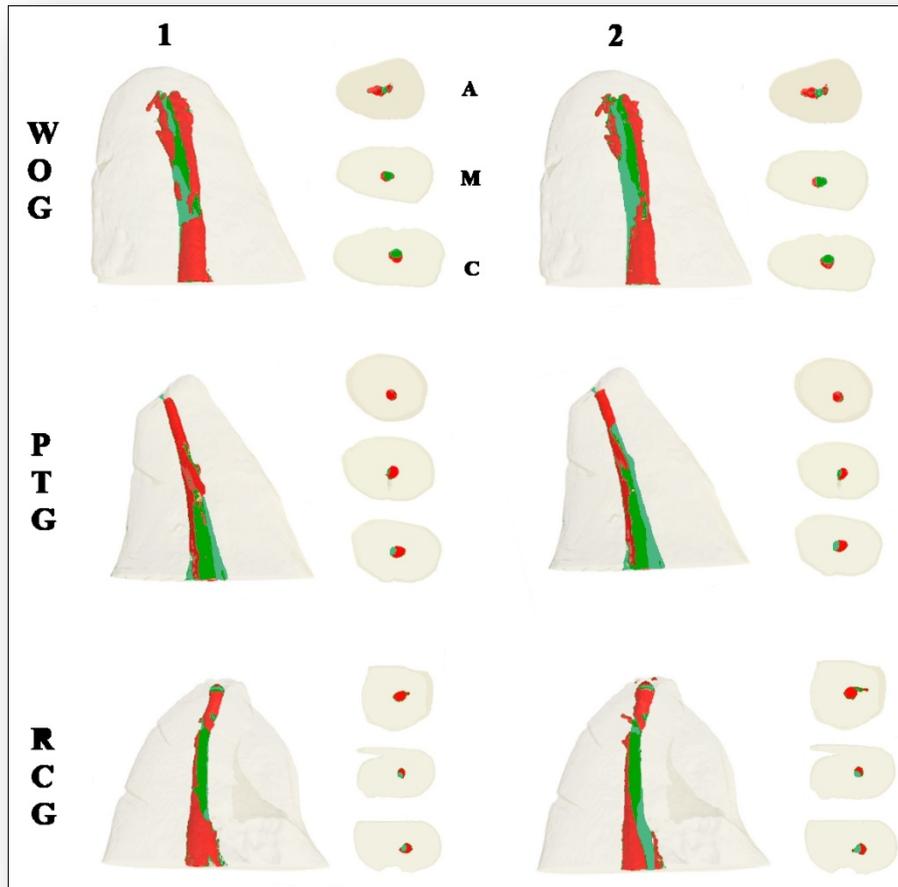
RESULTS

Table 2 summarizes data of remaining filling material and working time. Figure 1 illustrates specimens of each group, considering the different moments evaluated. The intergroup comparisons showed that, in both evaluated steps, in WOG group the percentage of remaining filling material was significantly smaller compared with RCG group ($P < .05$). In WOG and RCG groups, the amount of remaining material was similar to PTG ($P > .05$). Considering intragroup comparisons, although all groups showed lower values of residual filling material after root canal shaping, this reduction was significant only for WOG and RCG groups ($P < .05$). The working time was similar in all groups in filling removal ($P > .05$) and WOG was faster than PTG and RCG during root canal shaping ($P < .05$).

Table 2. Mean and standard deviation (\pm SD) of initial filling volume (mm^3), final filling volume (mm^3), percentage of remaining filling material (%), and working time (s) of each group at filling removal and shaping steps.

	Filling Removal			Shaping		
	WOG	PTG	RCG	WOG	PTG	RCG
Initial filling volume (mm^3)	2.13 ± 0.82	1.86 ± 0.69	2.26 ± 1.07	1.88 ± 0.56	1.63 ± 0.76	1.84 ± 1.00
Final filling volume (mm^3)	0.62 ± 0.39	0.69 ± 0.39	1.18 ± 0.67	0.37 ± 0.28	0.46 ± 0.36	0.77 ± 0.52
Remaining filling material (%)	29.10 $\pm 12.40^{\text{aA}}$	37.09 $\pm 18.44^{\text{abA}}$	52.21 $\pm 23.58^{\text{bA}}$	19.68 $\pm 14.71^{\text{aB}}$	28.22 $\pm 15.72^{\text{abA}}$	41.84 $\pm 22.27^{\text{bB}}$
Working time (s)	111.90 $\pm 33.62^{\text{a}}$	120.20 $\pm 53.15^{\text{a}}$	88.29 $\pm 32.84^{\text{a}}$	16.96 $\pm 3.68^{\text{a}}$	31.50 $\pm 6.92^{\text{b}}$	31.18 $\pm 6.18^{\text{b}}$

* Lowercase letters represent statistical differences between groups in each moment evaluated ($P < .05$). Uppercase letters represent statistical differences in intragroup comparisons in each moment ($P < .05$).



Note: (1) After root canal filling removal.

(2) After root canal shaping.

Transverse images are shown in A (apical third), M (middle third), and C (cervical third).

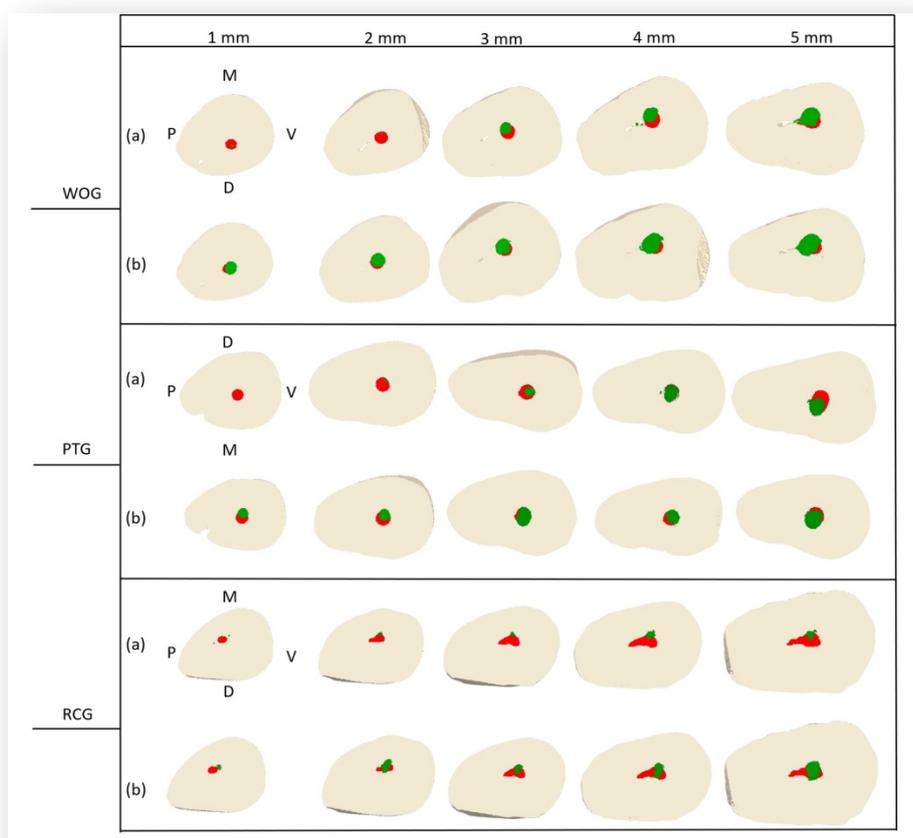
Figure 1. Three-dimensional reconstruction of representative micro-CT images of WOG, PTG and RCG. Red: remaining filling material; Green: root canal space.

Figure 2 and Table 3 illustrate and summarize AT results. No significant difference was observed between the two steps in all groups at all evaluated millimeters ($P > .05$). In the shaping step, the intra- and inter-groups comparison showed no significant differences ($P > .05$). Comparing the levels in the filling removal step, WOG presented higher AT at the fourth millimeter than in the second ($P < .05$). Comparison of groups in the filling removal step showed that, at 2 mm, the AT in WOG and PTG was significantly lower than RCG ($P < .05$), while at 4 mm the AT in WOG was equal to PTG and RCG ($P > .05$).

Table 3. Mean and standard deviation (\pm SD) of apical transportation (mm) of each group, at filling removal and shaping steps, considering root canal levels.

Level	Filling Removal			Shaping		
	WOG	PTG	RCG	WOG	PTG	RCG
1mm	0.08 $\pm 0.05^{AB}$	0.10 ± 0.15	0.12 ± 0.06	0.20 ± 0.25	0.13 ± 0.22	0.09 ± 0.08
2mm	0.07 $\pm 0.04^{aA}$	0.09 $\pm 0.06^a$	0.21 $\pm 0.12^b$	0.09 ± 0.06	0.04 ± 0.08	0.10 ± 0.08
3mm	0.16 $\pm 0.07^{AB}$	0.09 ± 0.10	0.23 ± 0.23	0.13 ± 0.10	0.008 ± 0.16	0.15 ± 0.11
4mm	0.18 $\pm 0.09^{abB}$	-0.05 $\pm 0.10^a$	0.24 $\pm 0.18^b$	0.12 ± 0.11	-0.09 ± 0.15	-0.21 ± 0.30
5mm	0.12 $\pm 0.06^{AB}$	-0.07 ± 0.19	0.16 ± 0.13	0.14 ± 0.09	-0.15 ± 0.20	-0.07 ± 0.05

*Different lowercase letters in rows represent statistical difference between evaluated groups, in the filling removal step ($P < .05$). Different uppercase letters in column represent statistical difference between the evaluated millimeters in WOG in the filling removal step ($P < .05$). No statistical differences were found in other comparisons.



Note: (a) after root canal filling removal; (b) after root canal shaping.
Red: remaining filling material; Green: root canal space.

Figure 2. Axial cross-sections images from 1 to 5 mm in WOG, PTG and RCG.

DISCUSSION

This study evaluated the efficacy of a reciprocating single-file system compared to two rotary multi-file systems in endodontic retreatment. For this investigation, mesiobuccal roots of maxillary molars were chosen, considering the complex anatomy and presence of curvature [16]. To simulate the clinical practice, the crowns were maintained and used as a reference peak, since the interference of dentine projections creates tensions on the files during instrumentation procedures [17]. Care was taken to statistically analyze the initial root canal volume in each group and the values were statistically similar, allowing reliable intergroup comparisons.

Endodontic retreatment requires removal of previous root canal filling materials [18] to enable access for the recleaning [18, 19]. In the present study, during filling removal, the concern was to recover the root canal path, using instruments of the same or similar caliber as those employed for initial root canal preparation. After, larger supplementary instruments were employed to shape the root canal, aiming to complement the filling material removal and cleaning of the root canal. In all groups, after shaping, the apical diameter was 0.35 mm. Thus, the root canal enlargement at the WL was equivalent to 0.10 mm when compared to the apical diameter after initial preparation. Along the entire root canal, the taper was different due to the individual characteristics of each system.

All specimens presented remaining filling material, corroborating other studies that showed that no techniques were able to completely remove it [1-2,20-22]. A micro-CT scan was performed after root canal shaping to evaluate the instruments ability to improve filling material removal. In WOG and RCG groups, the remaining filling material was statistically smaller after this procedure, which is an encouraging result and corroborates the importance of root canal shaping after filling removal to improve cleanliness. This was not observed in PTG when using instruments of the same system for shaping. This unfavorable result enhances the importance to use supplementary approaches such as XP-Endo Finisher, which improved the filling material removal [23]. Moreover, although passive ultrasonic irrigation shows conflicting results [6,24], it can also be considered an alternative to improve cleanliness.

The AT caused by WaveOne Gold Primary at 4mm was higher than at 2 mm in the filling removal step. Maybe, its high flexibility has contributed to this transportation in the curvature zone (4 mm). Moreover, the AT with WaveOne Gold Primary and ProTaper instruments at 2 mm was significantly lower than observed when D-RaCe instruments were used. According to the literature, AT values above 0.3 mm could negatively affect the prognosis of root canal treatment [25]. In the present study, even though all levels showed some degree of AT, the highest mean value recorded was 0.24 mm with D-RaCe instruments at 4mm, towards the safety zone. Thus, considering the low AT values obtained in all groups, it is possible to infer that all investigated instruments have lower risk of causing accidents such as perforation, lodging and zipping.

Regarding the working time, there was no difference between all systems during filling removal, contradicting the expectation for a single-file technique. WaveOne Gold may have hindered its penetration into the filling material, increasing the working time, due to cross-section characteristics [26] and increased flexibility. Although there are longer sequences of instruments, ProTaper Retreatment and D-RaCe systems are designed for retreatment, which may facilitate the rapid instrument penetration into the filling material. On the other hand, WaveOne Gold Medium was faster than multi-file systems for canal shaping. Possibly, reaching the WL was easier since much of the filling material had already been removed and there was no resistance to instrument penetration.

CONCLUSIONS

WaveOne Gold appears as an alternative for filling material removal of curved root canals. The low AT indicates that all tested instruments seem to be safe for retreatment procedures. WaveOne Gold promoted faster root canal shaping than ProTaper Next and RaCe after recovering the root canal path.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank Dr. Thiago Gomes da Silva and Laboratório de Análise de Minerais e Rochas (LAMIR) of the Federal University of Paraná for granting permission for micro-CT analysis. The authors deny any conflict of interest.

REFERENCES

1. Rödiger T, Reicherts P, Konietschke F, Dullin C, Hahn W, Hülsmann M (2014) Efficacy of reciprocating and rotary NiTi instruments for retreatment of curved root canals assessed by micro-CT. *Int Endod J* 47:942–948.
2. Rios M de A, Villela AM, Cunha RS, Velasco RC, De Martin AS, Kato AS, Bueno CE (2014) Efficacy of 2 reciprocating systems compared with a rotary retreatment system for gutta-percha removal. *J Endod* 40:543-546.
3. Só MV, Saran C, Magro ML, Vier-Pelisser FV, Munhoz M. Efficacy of ProTaper retreatment system in root canals filled with gutta-percha and two endodontic sealers (2008) *J Endod* 34:1223–1225.
4. Takahashi CM, Cunha RS, de Martin AS, Fontana CE, Silveira CF, da Silveira Bueno CE (2009) In vitro evaluation of the effectiveness of ProTaper universal rotary retreatment system for gutta-percha removal with or without a solvent. *J Endod* 35:1580–1583.
5. Sağlam BC, Çiçek E, Koçak MM, Koçak S, Kıvanç BH (2016) Apical transportation during removal of root canal filling with different retreatment systems. *Int J Artif Organs* 30:541-545.
6. Fruchi L de C, Ordinola-Zapata R, Cavenago BC, Hungaro Duarte MA, Bueno CE, De Martin AS (2014) Efficacy of reciprocating instruments for removing filling material in curved canals obturated with a single-cone technique: a micro-computed tomographic analysis. *J Endod* 40:1000-1004.
7. de Souza PF, Oliveira Gonçalves LC, Franco Marques AA, Sponchiado Junior EC, Roberti Garcia L da F, de Carvalho FM (2015) Root canal retreatment using reciprocating and continuous rotary nickel-titanium instruments. *Eur J Dent* 9:234-239.
8. Monguilhott Crozeta B, Souza Neto DM, Bianchi Leoni G, Mazzi-Chaves JF, Silva-Souza YTC, Baratto-Filho F (2016) A micro-computed tomography assessment of the efficacy of rotary and reciprocating techniques for filling material removal in root canal retreatment. *Clin Oral Investig* 20:2235-2240.
9. Kiefner P, Ban M, De-Deus G (2014) Is the reciprocating movement per se able to improve the cyclic fatigue resistance of instruments? *Int Endod J* 47:430-436.
10. Koçak MM, Koçak S, Türker SA, Sağlam BC. Cleaning efficacy of reciprocal and rotary systems in the removal of root canal filling material (2016) *J Conserv Dent* 19:184-188.
11. Ganesh A, Venkateshbabu N, John A, Deenadhayalan G, Kandaswamy D (2014) A comparative assessment of fracture resistance of endodontically treated and re-treated teeth: an in vitro study. *J Conserv Dent* 17:61–64.

12. Schneider SW (1971) A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral surg Oral med Oral pathol* 32:271-275.
13. Schäfer E, Diez C, Hoppe W, Tepel J (2002) Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. *J Endod* 28:211-216.
14. Orstavik D, Nordahl I, Tibballs JE (2001) Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dent Mater* 17:512-519.
15. Gambill JM, Alder M, del Rio CE (1996) Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod* 22: 369–375.
16. Monsarrat P, Arcaute B, Peters AO, Maury E, Telmon N, Georgelin-Gurgel M, Maret D (2016) Interrelationships in the variability of root canal anatomy among the permanente teeth: a full-mouth approach by cone-beam CT. *PLoS One* 11(10):e0165329.
17. Hashem AA, Ghoneim AG, Lutfy RA, Foda MY, Omar GA (2012) Geometric analysis of root canals prepared by four rotary NiTi shaping systems. *J Endod* 38:996–1000.
18. Rossi-Fedele G, Ahmed HM. Assessment of root canal filling removal effectiveness using micro-computed tomography: a systematic review (2017) *J Endod* 43:520-526.
19. Gutmann JL, Dumsha TC, Lovdahl PE. *Problem Solving in Endodontics*, 4th ed. St Louis, MO: Elsevier; 2006.
20. Zuolo AS, Mello JE Jr, Cunha RS, Zuolo ML, Bueno CE (2013) Efficacy of reciprocating and rotary techniques for removing filling material during root canal retreatment. *Int Endod J* 46:947-953.
21. Nevares G, de Albuquerque DS, Freire LG, Romeiro K, Fogel HM, Dos Santos M, Cunha RS (2016) Efficacy of PtoTaper NEXT compared with reciproc in removing obturation material from severely curved root canals: a micro-computed tomography study. *J Endod* 42:803-808.
22. Keleş A, Arslan H, Kamalak A, Akçay M, Souza-Neto MD, Versiani MA (2015) Removal of filling materials from oval-shaped canals using laser irradiation: a micro-computed tomographic study. *J Endod* 41:219-924.
23. Alves FR, Marceliano-Alves MF, Sousa JC, Silveira SB, Provenzano JC, Siqueira JF Jr (2016) Removal of root canal fillings in curved canals using either reciprocating single or Rotary multi-instrument systems and a supplementary step with the XP-endo finisher. *J Endod* 42:1114-1119.

24. Bernardes RA, Duarte MA, Vivan RR, Alcalde MP, Vasconcelos BC, Bramante CM (2016) Comparison of three retreatment techniques with ultrasonic activation in flattened canals using micro-computed tomography and scanning electron microscopy. *Int Endod J* 49:890-897.
25. Wu M-K, Fan B, Wesselink P. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings (2000) *J Endod* 26:210–216.
26. Webber J (2015) Shaping canals with confidence: WaveOne Gold single-file reciprocating system. *Roots* 1:34-40.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que a clínica odontológica deve seja baseada em evidências científicas, os instrumentais, materiais e técnicas utilizados devem ser testados e aprimorados constantemente, a fim de proporcionar procedimentos seguros para os pacientes e profissionais, com resultados satisfatórios e bem embasados. Assim, destaca-se a importância da Odontologia baseada em evidências, que requer a integração da ciência com a história bucal e médica dos pacientes e com a experiência clínica do Cirurgião-dentista.

Em Endodontia, o insucesso dos tratamentos é amplamente discutido e é um dos maiores desafios do clínico, por isso requer aprimoramento constante dos profissionais e da ciência. Com o avanço dos exames de imagem, como por exemplo a micro-TC, tem sido observado que, apesar dos inúmeros instrumentos e técnicas disponíveis, ainda não é possível remover completamente o material obturador do interior do sistema de canais radiculares. Isto dificulta a obtenção de uma limpeza adequada, podendo interferir negativamente no prognóstico do caso. Além disso, a literatura evidencia que todos os sistemas causam extrusão de debris e algum nível de transporte apical. Clinicamente, a extrusão de debris pode ocasionar agudização de processos crônicos com consequente dor pós-operatória. Além disso, pode-se pensar que os debris extrusionados podem ser responsáveis por retardar ou impedir o reparo dos tecidos periapicais após a conclusão do tratamento endodôntico. O transporte apical apresenta relevância clínica uma vez que pode evoluir para acidentes como degrau, zip apical e até mesmo casos de perfuração do canal radicular.

Na busca de resultados mais animadores em retratamento endodôntico, diversos novos instrumentos de NiTi são constantemente lançados no mercado Odontológico, os quais devem ser testados quanto à sua real eficácia previamente ao emprego na rotina clínica. O presente estudo trouxe informações a respeito do sistema WaveOne Gold para casos de retratamento em comparação com dois sistemas desenhados especificamente para este fim. As imagens em MEV evidenciaram o quanto os instrumentos de NiTi sofrem estresse durante a desobturação, ressaltando a importância de seguir a orientação do fabricante quanto ao uso único desses instrumentos.

O sistema WaveOne Gold foi considerado como uma alternativa para os casos de retratamento, entretanto, novas pesquisas devem ser conduzidas com o intuito de aprofundar o conhecimento a respeito da influência das características dos instrumentos e movimentos empregados no sucesso do retratamento endodôntico.

7 CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos neste estudo, foi possível concluir que:

- Todos os instrumentos avaliados causaram extrusão apical de debris;
- WaveOne Gold causou menor extrusão de debris do que D-RaCe e as limas manuais;
- Dos 18 instrumentos de NiTi avaliados em MEV, houve 3 fraturas e 10 deformações;
- Nenhum dos instrumentos avaliados removeu completamente o material obturador dos canais radiculares;
- O sistema WaveOne Gold removeu mais material do que os sistemas ProTaper e RaCe;
- Os baixos valores de TA indicam que todos os instrumentos testados são seguros para retratamento endodôntico;
- A desobturação com limas manuais foi mais lenta do que com as limas de NiTi;
- O repreparo com WaveOne Gold foi mais rápido do que com ProTaper Next e RaCe;
- WaveOne Gold foi considerado uma alternativa para o retratamento endodôntico de canais curvos.

REFERÊNCIAS

ACAR, B. et al. Comparison of micro-computerized tomography and cone-beam computerized tomography in the detection of accessory canals in primary molars. **Imaging Sci. Dent.** v. 45, n. 4, p. 205-211, 2015. doi: 10.5624/isd.2015.45.4.205.

ALTUNDASAR, E. et al. Debris and irrigant extrusion potential of 2 rotary systems and irrigation needles. **Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol., Oral Radiol. Endod.** v. 112, n. 4, p. e31-e35, 2011. doi: 10.1016/j.tripleo.2011.03.044.

ALVES, F. R. et al. Removal of root canal fillings in curved canals using either reciprocating single or rotary multi-instrument systems and a supplementary step with the XP-Endo finisher. **J. Endod.** v. 42, n. 7, p. 1114-1119, 2016. doi: 10.1016/j.joen.2016.04.007.

ARSLAN, H. et al. Comparison of apically extruded debris after root canal instrumentation using Reciproc instruments with various kinematics. **Int. Endod. J.** v. 49, n. 3, p. 307-310, 2016. doi: 10.1111/iej.12449.

AYDIN, B.; KÖSE, T.; CALISKAN, M. K. Effectiveness of HERO 642 versus Hedström files for removing gutta-percha fillings in curved root canals: an ex vivo study. **Int. Endod. J.** v. 42, n. 11, p.1050-1056, Nov. 2009. doi: 10.1111/j.1365-2591.2009.01624.x.

BARLETTA, F. B. et al. In vitro comparative analysis of 2 mechanical techniques for removing gutta-percha during retreatment. **J. Can. Dent. Assoc.** v. 73, n.1, p. 65, 2007.

BERGMANS, L. et al. Progressive versus constant tapered shaft design using NiTi rotary instruments. **Int Endod J.** v. 36, n. 4, p. 288-295, 2003. doi: 10.1046/j.1365-2591.2003.00650.x

BERNARDES, R. A. et al. Comparison of three retreatment techniques with ultrasonic activation in flattened canals using micro-computed tomography and scanning electron microscopy. **Int. Endod. J.** v. 49, n. 9, p. 890-897, 2016. doi: 10.1111/iej.12522.

BRANTLEY, W. A. Orthodonticwires. In: BRANTLEY, W. A.; ELIADES, T. (Orgs.). **Orthodontic Materials: scientific and clinical aspects.** Stuttgart: Thieme, 2001. p. 77-103.

BRASIL, S. C. et al. Canal Transportation, Unprepared Areas, and Dentin Removal after Preparation with BT-RaCe and ProTaper Next Systems. **J. Endod.** v. 43, n. 10, p. 1683-1687, Oct. 2017. doi: 10.1016/j.joen.2017.04.012.

BUENO, C. E. et al. Effectiveness of rotary and hand files in gutta-percha and sealer removal using chloroform or chlorhexidine gel. **Braz. Dent. J.** v. 17, n. 2, p. 139-143, 2006. doi: 10.1590/S0103-64402006000200011.

BÜRKLEIN, S.; BENTEN, S.; SCHÄFER, E. Shaping ability of different single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth. **Int. Endod. J.** v. 46, n. 6, p. 590-597, 2013. doi: 10.1111/iej.12037.

BÜRKLEIN, S.; POSCHMANN, T.; SCHÄFER, E. Shaping ability of different nickel-titanium systems in simulated S-shaped canals with and without glide path. **J. Endod.** v. 40, n. 8, p. 1231-1234, 2014. doi: 10.1016/j.joen.2014.01.043.

BÜRKLEIN, S.; SCHÄFER, E. Apically extruded debris with reciprocating single-file and full-sequence rotary instrumentation system. **J. Endod.** v. 38, n. 6, p. 850-852, 2012. doi: 10.1016/j.joen.2012.02.017.

ÇANAKÇI, B. C.; ER, O.; DINCER, A. Do the sealer solvents used apically extruded debris in retreatment? **J. Endod.** v. 41, n. 9, p. 1507-1509, 2015. doi: 10.1016/j.joen.2015.02.010.

ÇANAKÇI, B. C. et al. Evaluation of apically extruded debris from curved root canal filling removal using 5 nickel-titanium systems. **J. Endod.** v. 42, n. 7, p. 1101-1104, 2016. doi: 10.1016/j.joen.2016.03.012.

CAPAR, I. D. et al. Comparative study of different novel nickel-titanium rotary systems for root canal preparation in severely curved root canals. **J. Endod.** v. 40, n. 6, p. 852-856, 2014. doi: 10.1016/j.joen.2013.10.010.

CARVALHO, G. M. et al. Apical transportation, centering ability, and cleaning effectiveness of reciprocating single-file system associated with different glide path techniques. **J. Endod.** v. 41, n. 12, p. 2045-2049, 2015. doi: 10.1016/j.joen.2015.09.005.

CHANDRASEKAR et al. A comparative evaluation of gutta-percha removal and extrusion of apical debris by Rotary and hand files. **J. Clin. Diagn. Res.** v. 8, n. 11, p. ZC110-114, 2014. doi: 10.7860/JCDR/2014/10203.5199.

DA ROSA, R. A. et al. Micro-CT evaluation of root filling removal after three stages of retreatment procedure. **Braz. Dent. J.** v. 26, n. 6, p. 612-618, Nov.-Dec. 2015. doi: 10.1590/0103-6440201300061.

DE-DEUS, G. et al. The ability of the Reciproc R25 instrument to reach the full root canal working length without a glide path. **Int. Endod. J.** v. 46, n. 10, p. 993-998, Oct. 2013. doi: 10.1111/iej.12091.

DELAI, D. et al. Apically extruded debris in filling removal of curved canals using 3 NiTi systems and hand files. **Braz. Dent. J.** v. 29, n. 1, p. 54-59, Jan.-Feb. 2018. doi:

10.1590/0103-6440201801760.

DEONIZIO, M. D. et al. Influence of apical patency and cleaning of the apical forâmen on periapical extrusion in retreatment. **Braz. Dent. J.** v. 24, n. 5, p. 482-486, Sep.-Oct. 2013. doi: 10.1590/0103-6440201302016.

DINCER, A. N.; ER, O.; CANAKCI, B. C. Evaluation of apically extruded debris during root canal retreatment with several NiTi systems. **Int. Endod. J.** v. 48, n. 12, p. 1194-1198, Dec. 2015. doi: 10.1111/iej.12425.

ESTRELA, C. et al. Characterization of successful root canal treatment. **Braz. Dent. J.** v. 12, n. 1, p. 3-11, Jan.-Feb. 2014. Doi: 10.1590/0103-6440201302356.

FARINIUK, L. F. et al. Efficacy of five Rotary systems versus manual instrumentation during endodontic retreatment. **Braz. Dent. J.** v. 22, n. 4, p. 294-298, 2011. doi: 10.1590/S0103-64402011000400006.

FRANCO, V. et al. Investifation on the shaping ability of nickel-titanium files when used with a reciprocating motion. **J. Endod.** v. 37, n. 10, p.1398-1401, Oct. 2011. doi: 10.1016/j.joen.2011.06.030.

FRICK, C. et al. Thermal processing of polycrystalline NiTi shape memory alloys. **Mater. Sci. Eng. A.** v. 405, n. 1-2, p. 34-49, Sep. 2005. doi.org/10.1016/j.msea.2005.05.102.

FRUCHI, L. C. et al. Efficacy of reciprocating instruments for removing filling material in curved canals obturated with a single-cone technique: a micro-computed tomographic analysis. **J. Endod.** v. 40, n. 7, p. 1000-1004, 2014. doi: 10.1016/j.joen.2013.12.011.

GAMBILL, J. M.; ALDER, M.; Del RIO, C. E. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. **J. Endod.** v. 22, n. 7, p. 369-375, 1996. Doi: 10.1016/S0099-2399(96)80221-4.

GANESH, A. et al. A comparative assessment of fracture resistance of endodontically treated and re-treated teeth: an in vitro study. **J. Conserv. Dent.** v. 17, n. 1. p. 61-64, 2014. doi: 10.4103/0972-0707.124146.

GAO, Y. et al. Evaluation of the impact of raw materials on the fatigue and mechanical properties of ProFile Vortex rotary instruments. **J. Endod.**;38(3):398-401, 2012. doi: 10.1016/j.joen.2011.11.004.

GIULIANI, V.; COCCHETTI, R.; PAGAVINO, G. Efficacy of ProTaper Universal retreatment files in removing filling materials during root canal retreatment. **J. Endod.** v. 34, n. 11, p. 1381-1384, 2008. doi: 10.1016/j.joen.2008.08.002.

GONZÁLEZ-CHAPELA, J. et al. Alternating versus continuous rotation: root canal

transportation and centering ratio with the ProTaper Next. **J. Conserv. Dent.** v. 20, n. 4, p. 255-259, Jul.-Aug. 2017. doi: 10.4103/JCD.JCD_299_16.

GRANDE, N. M. et al. Present and future in the use of micro-CT scanner 3D analysis for the study of dental and root canal morphology. **Ann. Ist. Super. Sanita.** v. 48, n. 1, p.26–34, 2012. doi: 10.4415/ANN_12_01_05.

GU, L. S. et al. Efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment system for gutta-percha removal from root canals. **Int. Endod. J.** v. 41, n. 4, p. 288-295, 2008. doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01350.x

GUTMANN, J. L.; DUMSHA, T. C.; LOVDAHL, P. E. **Problem Solving in Endodontics.** 4. ed. St Louis, MO: Elsevier, 2006.

GUTMANN, J. L.; GAO, Y. Alteration in the inherent metallic and surface properties of nickel-titanium root canal instruments to enhance performance, durability and safety: a focused review. **Int. Endod. J.** v. 45, n. 2, p. 113-128, Feb. 2012. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01957.x.

HASHEM, A. A. et al. Geometric analysis of root canals prepared by four rotary NiTi shaping systems. **J. Endod.** v. 38, n. 7, p. 996-1000, 2012. doi: 10.1016/j.joen.2012.03.018.

HUANG, X. et al. Quantitative evaluation of debris extruded apically by using ProTaper Universal Tulsa rotary system in endodontic retreatment. **J. Endod.** v. 33, n. 9, p. 1102-1105, 2007. doi: 10.1016/j.joen.2007.05.019.

HULSMANN, M.; PETERS, O. A.; DUMMER, P. M. H. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. **Endod.Topics.** v. 10, n. 1, p. 30-76, 2005. doi: 10.1111/j.1601-1546.2005.00152.x.

KAMBUROGLU, K. et al. Quantitative measurements obtained by micro-computed tomography and confocal laser scanning microscopy. **Dentomaxillofac Radiol.** v. 37, n. 7, p. 385-391, Oct. 2008. doi: 10.1259/dmfr/57348961.

KAŞIKÇI BILGI, I. et al. Efficiency and apical extrusion of debris: a comparative ex vivo study of four retreatment techniques in reversely curved root canals. **Int. Endod. J.** v.50, n. 9, p. 910-918, 2016. doi: 10.1111/iej.12708.

KELEŞ, A. et al. Removal of filling materials from oval-shaped canals using laser irradiation: a micro-computed tomographic study. **J. Endod.** v. 41, n. 2, p. 219-224, 2015. doi: 10.1016/j.joen.2014.09.026.

KFIR, A. et al. The efficacy of five techniques for removing root canal filling material: microscopic versus radiographic evaluation. **Int. Endod. J.** v. 45, n. 1, p. 35-41, 2012. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01944.x.

KIEFNER, P.; BAN, M.; DE-DEUS, G. Is the reciprocating movement per se able to improve the cyclic fatigue resistance of instruments? **Int. Endod. J.** v. 47, n. 5, p. 430-436, 2014. doi: 10.1111/iej.12166.

KIRCHHOFF, A. L.; FARINIUK, L. F.; MELLO, I. Apical extrusion of debris in flat-oval root canals after using different instrumentation systems. **J. Endod.** v. 41, n. 2, p. 237-241, 2015. doi: 10.1016/j.joen.2014.09.023.

KISHORE, A. et al. Comparison of canal transportation and centering ability of twisted files, hyflex controlled memory, and waveone using computed tomography scan: an in vitro study. **J. Conserv. Dent.** v. 20, n. 3, p.161-165, May.-Jun. 2017. doi: 10.4103/JCD.JCD_110_16.

KOÇAK, M. M. et al. Cleaning efficacy of reciprocal and rotary systems in the removal of root canal filling material. **J. Conserv. Dent.** v. 19, n. 2, p. 184-188, 2016. doi: 10.4103/0972-0707.178706.

LOVE, R. M. Invasion of dentinal tubules by root canal bacteria. **Endod.Top.** v. 9, n. 1, p. 52-65, 2004. doi.org/10.1111/j.1601-1546.2004.00078.x

MAMEDE-NETO, I. et al. Root canal transportation and centering ability of nickel-titanium Rotary instruments in mandibular premolars assessed using cone-beam computed tomography. **Open Dent. J.**v. 11, p. 71-78, Feb. 2017. doi: 10.2174/1874210601711010071.

MARQUES DA SILVA, B. et al. Efectiveness of ProTaper, D-RaCe, and MTwo Retreatment files with and without supplementary instruments in the removal of root canal filling material. **Int. Endod. J.** v. 45, n. 10, p. 927-932, Oct. 2012. doi: 10.1111/j.1365-2591.2012.02051.x

MOLLO, A. et al. Efficacy of two Ni-Ti systems and hand files for removing gutta-percha from root canals. **Int. Endod. J.** v. 45, n. 1, p. 1-6, Jan. 2012. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01932.x.

MONGUILHOTT CROZETA, B. et al. A micro-computed tomography assessment of the efficacy of Rotary and reciprocating techniques for filling material removal in root canal retreatment. **Clin. Oral. Invest.** v. 20, n. 8, p. 2235-2240, 2016. doi: 10.1007/s00784-016-1728-0.

MONSARRAT, P. et al. Interrelationships in the variability of root canal anatomy among the permanente teeth: a full-mouth approach by cone-beam CT. **PLoS One.** v. 11, n. 10, e0165329, 2016. doi: 10.1371/journal.pone.0165329.eCollection 2016.

MYERS, G. L., MONTGOMERY, S. A. Comparison of weights of debris extruded apically by conventional filling and Canal Master techniques. **J. Endod.** v. 17, n. 6, p. 275-179, 1991. Doi: 10.1016/S0099-2399(06)8166-2.

NABAVIZADEH, M. et al. A comparison of apical transportation in severely curved canals induced by reciproc and BioRace systems. **Iran Endod, J.** v. 9, n. 2, p. 117-122, 2014.

NAIR, P. N. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. **Crit. Rev. Oral Biol. Med.** v. 15, n. 6, p. 348-381, 2004

NEVARES, G. et al. Efficacy of PtoTaper NEXT compared with reciproc in removing obturation material from severely curved root canals: a micro-computed tomography study. **J. Endod.** v. 42, n. 5, p. 803-808, 2016. doi: 10.1016/j.joen.2016.02.010.

NIELSEN, R. B. et al. Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. **J. Endod.** v. 21, n. 11, p. 561-568, 1995. doi: 10.1016/S0099-2399(06)80986-6.

OLIVEIRA, D. P. et al. Comparison between gutta-percha and resilon removal using two diferente techniques in endodontic retreatment. **J. Endod.** v. 32, n. 4, p. 362-364, 2006. doi: 10.1016/j.joen.2005.12.006.

ØRSTAVIK, D.; NORDAHL, I.; TIBBALLS, J. E. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. **Dent Mater.** v. 17, n. 6, p. 512-519, 2001. doi: 10.1016/S0109-5641(01)00011-2.

PARASHOS, P.; MESSER, H. H. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. **J. Endod.** v. 32, n. 11, p. 1031-1043, 2006. doi: 10.1016/j.joen.2006.06.008.

PAREKH, B. et al. Intraorifice sealing ability of diferente materials in endodontically treated teeth: an in vitro study. **J. Conserv. Dent.** v. 17, n. 3, p. 234-237, 2014. doi: 10.4103/0972-0707.131783.

PAWAR, A. M. et al. Effect of glide path preparation on apical extrusion of debris in root canals instrumented with three single-file systems: an ex vivo comparative study. **J. Conserv. Dent.** v. 20, n. 2, p. 110-114, 2017. doi: 10.4103/0972-0707.212235.

PERRINI, N.; CASTAGNOLA, L. W. **Hess & O. Keller's anatomical plates**: studies on the anatomical structure of root canals in human dentition by a method of making the tooth substance transparent (1928). Milano, Lainate (Italy): Altini Comunicazioni Grafiche; 1998.

PINHEIRO, S. T. et al. Evaluation of apical transportation and centering ability of five thermally treated NiTi rotary systems. **Int. Endod. J.** 2017. doi: 10.1111/iej.12881.

PIRANI, C. et al. Effectiveness of three diferente retreatment techniques in canals filled with compacted gutta-percha or thermafil: a scanning electron microscope study. **J. Endod.** v. 35, n. 10, p. 1433-1440, Oct. 2009. doi: 10.1016/j.joen.2009.06.002.

RICUCCI, D. et al. Histologic investigation of root canal-treated teeth with apical periodontitis: a retrospective study from twenty-four patients. *J. Endod.* v. 35, n. 4, p. 493-502, Apr. 2009. doi: 10.1016/j.joen.2008.12.014.

RIOS, M. A. et al. Efficacy of 2 reciprocating systems compared with a rotary retreatment system for gutta-percha removal. *J. Endod.* v.40, n. 4, p. 543-546, 2014. doi: 10.1016/j.joen.2013.11.013.

RIOS, M. A. et al. Efficacy of 2 reciprocating systems compared with a Rotary retreatment system for gutta-percha removal. *J. Endod.* v. 40, n. 4, p. 543-546, Apr. 2014. doi: 10.1016/j.joen.2013.11.013.

ROBINSON, J. P. et al. Reciprocating root canal technique induces greater debris accumulation than a continuous Rotary technique as assessed by 3-dimensional micro-computed tomography. *J. Endod.* v. 39, n. 8, p. 1067-1070, Aug. 2013. doi: 10.1016/j.joen.2013.04.003.

RÖDIG, T. et al. Efficacy of D-RaCe and ProTaper Universal Retreatment NiTi instruments and hand files in removing gutta-percha from curved root canals—a micro-computed tomography study. *Int. Endod. J.* v. 45, n. 6, p. 580-589, Jun. 2012. doi: 10.1111/j.1365-2591.2012.02014.x.

RÖDIG, T. et al. Comparison of hand and rotary instruments for removing gutta-percha from previously treated curved root canals: a microcomputed tomography study. *Int. Endod. J.* v. 47, n. 2, p. 173-182, Feb. 2014. doi: 10.1111/iej.12128.

RÖDIG, T. et al. Efficacy of reciprocating and rotary NiTi instruments for retreatment of curved root canals assessed by micro-CT. *Int. Endod. J.* v. 47, n. 10, p. 942-948, 2014. doi: 10.1111/iej.12239.

ROSSI-FEDELE, G.; AHMED, H. M. Assessment of root canal filling removal effectiveness using micro-computed tomography: a systematic review. *J. Endod.* v. 43, n. 4, p. 520-526, Apr. 2017. doi: 10.1016/j.joen.2016.12.008.

RUDDLE, C. J. Nonsurgical retreatment. *J. Endod.* v. 30, n. 12, p. 827-45, Dec. 2004.

SAAD, A. Y.; AL-HADLAQ, S.; AL-KATHEERI, N. H. Efficacy of two rotary NiTi instruments in the removal of gutta-percha during root canal retreatment. *J. Endod.* v. 33, n. 1, p.38-41, Jan. 2007. doi: 10.1016/j.joen.2006.08.012.

SAĞLAM, B. C. et al. Apical transportation during removal of root canal filling with different retreatment systems. *Int. J. Artif. Organs.* v. 39, n. 10, p. 541-545, 2016. doi: 10.5301/ijao.5000535.

SAMIEI, M. et al. Comparative CBTC evaluation of the efficacy of Nd:YAG laser and K3 rotary system in non-surgical root canal retreatment. *Minerva Stomatol.* v. 65, n.

1, p. 11-16, Feb. 2016.

SCHÄFER, E. et al. Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. **J. Endod.** v. 28, n. 3, p. 211-216, 2002. Doi: 10.1097/00004770-200203000-00017.

SCHIRRMEISTER, J. F. et al. Efficacy of different rotary instruments for gutta-percha removal in root canal retreatment. **J. Endod.** v. 32, n. 5, p. 469-472, May 2006. doi: 10.1016/j.joen.2005.10.052.

SCHIRRMEISTER, J. F. et al. Effectiveness of a hand file and three nickel-titanium rotary instruments for removing gutta-percha in curved root canals during retreatment. **Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol., Oral Radiol., Endod.** v. 101, n. 4, p. 542-547, Apr. 2006. doi: 10.1016/j.tripleo.2005.03.003.

SCHNEIDER, S. W. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. **Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol.** v. 32, n. 2, p. 271-275, 1971.

SELTZER, S.; NAIDORF, I. J. Flare-ups in endodontics: I. Etiological factors. **J. Endod.** v. 30, n. 7, p. 476-481, 2004.

SHEN, Y. et al. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 2: Fractographic analysis of fractured surface in a cohort study. **J. Endod.** v. 35, n. 1, p. 133-136, Jan. 2009. doi: 10.1016/j.joen.2008.10.013.

SILVA, E. J. N. L.; et al. Effectiveness of XP-Endo Finisher and XP-Endo Finisher-R in removing root filling remnants: a micro-CT study. **Int. Endod. J.** v. 51, n. 1, p. 86-91, Jan. 2018. doi: 10.1111/iej.12788.

SILVA, E. J. N. L. et al. Microcomputed tomographic evaluation of canal transportation and centring ability of ProTaper Next and Twisted File Adaptive systems. **Int. Endod. J.** v. 50, n. 7, p. 694-699, Jul. 2017. doi: 10.1111/iej.12667.

SILVA, E. J. et al. Reciprocating versus Rotary systems for root filling removal: assessment of the apically extruded material. **J. Endod.** v. 40, n. 12, p. 2077-2080, Dec. 2014. doi: 10.1016/j.joen.2014.09.009.

SIQUEIRA JR, J. F. Microbial causes of endodontic flare-ups. **Int. Endod. J.** v. 36, n. 7, p. 453-463, Jul. 2003. Doi: 10.1046/j.1365-2591.2003.00671.x.

SIQUEIRA JR, J. F. **Treatment of Endodontic Infections.** London: Quintessence Publishing, 2011.

SIQUEIRA JR, J. F. et al. Incidence of postoperative pain after intracanal procedures based on an antimicrobial strategy. **J. Endod.** v. 28, n. 6, p. 457-460, Jun. 2002. Doi: 10.1097/00004770-200206000-00010.

SÓ, M. V. et al. Efficacy of ProTaper retreatment system in root canals filled with gutta-percha and two endodontic sealers. **J. Endod.** v. 34, n. 10, p. 1223-1225, 2008. doi: 10.1016/j.joen.2008.07.020.

SOUZA, P. F. et al. Root canal retreatment using reciprocating and continuous rotary nickel-titanium instruments. **Eur. J. Dent.** v. 9, n. 2, p. 234-239, 2015. doi: 10.4103/1305-7456.156834.

TAKAHASHI, C. M. et al. In vitro evaluation of the effectiveness of ProTaper Universal Rotary Retreatment system for gutta-percha removal with or without a solvent. **J. Endod.** v. 35, n. 11, p. 1580-1583, 2009. doi: 10.1016/j.joen.2009.07.015.

TANALP, J.; GÜNGÖR, T. Apical extrusion of debris: a literature review of an inherent occurrence during root canal treatment. **Int. Endod. J.** v. 47, n. 3, p. 211-221, 2014. doi: 10.1111/iej.12137.

TANALP, J. et al. Quantitative evaluation of the amount of apically extruded debris using 3 different rotary instrumentation systems. **Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol., Oral Radiol., Endod.** v. 101, n. 2, p. 252-259, Feb. 2006. Doi: 10.1016/j.tripleo.2005.03.002.

TASDEMİR, T.; YILDIRIM, T.; CELİK, D. Comparative study of removal of current endodontic fillings. **J. Endod.** v. 34, n. 3, p. 326-329, 2008. doi: 10.1016/j.joen.2007.12.022.

TINAZ, A. C. et al. The effect of disruption of apical constriction on periapical extrusion. **J. Endod.** v. 31, n. 7, p. 533-535, 2005.

TOPÇUOĞLU, H. S. et al. Evaluation of debris extruded apically during the removal of root canal filling material using ProTaper, D-RaCe, and R-Endo rotary nickel-titanium retreatment instruments and hand files. **J. Endod.** v. 40, n. 12, p. 2066-2069, 2014. doi: 10.1016/j.joen.2014.09.004.

UEZU, M. K. N. et al. Comparison of debris extruded apically and working time used by ProTaper Universal rotary and ProTaper retreatment system during gutta-percha removal. **J. Appl. Oral Sci.** v. 18, n. 6, p. 542-545, 2010. doi: 10.1590/S1678-77572010000600002.

ÜNAL, G. C. et al. A comparison of the efficacy of conventional and new retreatment instruments to remove gutta-percha in curved root canals: an ex vivo study. **Int. Endod. J.** v. 42, n. 4, p. 344-350, 2009. Doi: 10.1111/j.1365-2591.2008.01518.x.

WEBBER, J. Shaping canals with confidence: WaveOne Gold single-file reciprocating system. **Roots.** v. 1, p. 34-40, 2015.

WESTERN, J.S.; DICKSIT, D.D. Apical extrusion of debris in four different endodontic instrumentation systems: a meta-analysis. **J. Conserv. Dent.** v. 20, n.1, p. 30-36,

Jan.-Feb. 2017. doi: 10.4103/0972-0707.209066.

WU, M.-K.; FAN, B.; WESSELINK, P. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings. **J. Endod.** v. 26, n. 4, p.210-216, 2000. Doi: 10.1097/00004770-200004000-00003.

XU, L. et al. Residual filling material in dentinal tubules after gutta-percha removal observed with scanning electron microscopy. **J. Endod.** v. 38, n. 3, p. 293-296, Mar. 2012. doi: 10.1016/j.joen.2011.11.016.

YARED, G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. **Int. Endod. J.** v. 41, n. 4, p. 339-344, 2008. doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01351.x.

YE, J.; GAO, Y. Metallurgical characterization of M-Wire nickel-titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue. **J. Endod.** v. 38, n. 1, p. 105-107, Jan. 2012. doi: 10.1016/j.joen.2011.09.028.

YETER, K. Y. et al. Weight of apically extruded debris following use of two canal instrumentation techniques and two designs of irrigation needles. **Int. Endod. J.** v. 46, n. 9, p. 795-799, 2013. doi: 10.1111/iej.12060.

YILMAZ, F. et al. Evaluation of 3 different retreatment techniques in maxillary molar teeth by using micro-computed tomography. **J. Endod.** v. 44, n. 3, p. 480-484, Mar. 2018. doi: 10.1016/j.joen.2017.09.006.

YILMAZ K, ÖZYÜREK T. Apically extruded debris after retreatment procedure with reciproc, ProTaper Next, and Twisted File Adaptive Instruments. **J. Endod.** v. 43, n. 4, p. 648-651, 2017. doi: 10.1016/j.joen.2016.12.003.

YONEYAMA, T.; KOBAYASHI, C. Endodontic instruments for root canal treatment using Ti-Ni shape memory alloys. In: YONEYAMA, T.; MIYAZAKI, S. (Eds.). **Shape memory alloys for biomedical applications**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2009. p. 297-305.

ZANESCO, C. et al. Apical transportation, centering ratio, and volume increase after instrumentation in curved root canals: analysis by micro-computed tomographic and digital subtraction radiography. **J. Endod.** v. 43, n. 3, p. 486-490, Mar. 2017. doi: 10.1016/j.joen.2016.11.006.

ZHAO, D. et al. Root canal preparation of mandibular molars with 3 nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomographic study. **J. Endod.** v. 40, n. 11, p. 1860-1864, Nov. 2014. doi: 10.1016/j.joen.2014.06.023.

ZUOLO, A. S. et al. Efficacy of reciprocating and rotary technique for removing filling material during root canal retreatment. **Int. Endod. J.** v. 46, n. 10, p. 947-953, 2013. doi: 10.1111/iej.12085.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

Convidamos você para participar da pesquisa sobre “Eficácia de diferentes técnicas de desobturação de canais radiculares curvos” que tem por objetivo avaliar a qualidade da remoção do material obturador realizada com diferentes instrumentos atualmente lançados no mercado Odontológico, o que pode no futuro contribuir para um retratamento endodôntico de qualidade.

A sua participação terá risco mínimo, nada além daquele que o procedimento cirúrgico realizado pelo seu dentista para extração dentária oferece, como inchaço, dor e sangramento. Você não será submetido a nenhum procedimento (extra) além da cirurgia de remoção do dente, que pode ter sido indicada por razões ortodônticas, destruição ampla da estrutura dental ou qualquer outro motivo que impeça que este dente seja mantido em boca. Nós utilizaremos nesta pesquisa apenas primeiros molares superiores. Após a realização da pesquisa, seu dente será descartado de modo adequado (lixo biológico), não haverá armazenamento do material recolhido, seguindo os mesmos procedimentos das extrações convencionais. Todas as informações confidenciais serão guardadas em local seguro e somente usadas com o propósito de pesquisa, sem divulgação do seu nome.

Sua participação é voluntária, caso queira, você poderá desistir a qualquer momento, sem que isso lhe traga prejuízo ou penalidade, basta que retire o seu consentimento em participar.

A pesquisa deverá contribuir para o aumento do conhecimento dos instrumentos endodônticos e quão efetivos eles são na remoção de material obturador do canal radicular. A importância desta pesquisa, portanto, está no fato da necessidade do desenvolvimento e aprimoramento, assim como, um melhor entendimento para facilitar na escolha de melhores instrumentos bem como

descartar aqueles que não são adequados, trazendo assim, benefícios para a sociedade de um modo geral.

Você não terá nenhum gasto financeiro por qualquer procedimento executado por essa pesquisa e terá direito a reembolso (ressarcimento) de qualquer gasto comprovadamente que você tenha feito para a realização desse estudo, bem como será indenizado em caso de dano comprovadamente ocorrido por sua participação na mesma.

Você receberá uma cópia desse termo no seu endereço via correio com aviso de recebimento e qualquer dúvida a respeito da pesquisa poderá perguntar a Patrícia Maria Poli Kopper Móra, no Campus Saúde no Departamento de Odontologia Conservadora da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Santana, Porto Alegre/RS, fone (51) 3308-5191, celular (51) 8177-8127 e e-mail: patricia.kopper@ufrgs.br.

Consentimento Livre e Esclarecido

Declaro que compreendi os objetivos desta pesquisa, como ela será realizada, os riscos e benefícios envolvidos e concordo em participar voluntariamente da pesquisa “Eficácia de diferentes técnicas de desobturação de canais radiculares curvos”.

Assinatura ou impressão

Assinatura do pesquisador: _____

Assinatura do doador do dente: _____

Data: ___/___/___

Quanto à ética dessa pesquisa poderá ser questionada ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CEP/UFRGS), pelo telefone (51) 3308-3738.

APÊNDICE B - Termo de doação de dentes humanos**TERMO DE DOAÇÃO DE DENTE**

Prezado Sr (a),

Eu, _____,
residente à _____, nº _____, aceito doar o
dente _____, para a pesquisadora Débora Delai Costa da Faculdade de
Odontologia da UFRGS, ciente que o mesmo será utilizado para a realização da
pesquisa “Eficácia de diferentes técnicas de desobturação de canais radiculares
curvos”. Estou ciente de que, caso eu tenha perguntas sobre este estudo e/ou sobre
o órgão doado, poderei solicitar informações à professora Patrícia Maria Poli Kopper
Móra (pesquisador responsável) através do telefone (51) 3308 5191. Estou ciente
que caso não concorde em doar o dente para a pesquisa, não haverá qualquer
interferência em meu atendimento odontológico.

_____, ____ de _____ de 201__.

Assinatura do doador

Testemunha

Testemunha

ANEXOS

ANEXO A- Carta de autorização do uso das dependências do Centro de Microscopia Eletrônica (CME) da UFRGS.



**Centro de Microscopia Eletrônica
Universidade Federal do Rio Grande do Sul**

Declaramos para os devidos fins que o projeto "Eficácia de Diferentes Técnicas de Desobturação de Canais Radiculares Curvos", foi aprovado pelo Comitê Técnico e esta cadastrado no Centro de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para utilização de nossa infraestrutura.

Centro de Microscopia Eletrônica
CME/UFRGS
Fátima Theresinha Costa Rodrigues Guma
Fátima Theresinha Costa Rodrigues Guma
-Diretora

Porto Alegre, 14 de outubro de 2015

ANEXO B - Carta de autorização do uso das dependências do Laboratório de Bioquímica e Microbiologia Bucal (LABIM) da UFRGS.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Faculdade de Odontologia

Porto Alegre, 29 de setembro de 2015.

Declaro para os devidos fins que parte do projeto de pesquisa intitulado **Eficácia de Diferentes Técnicas de Desobturação de Canais Radiculares Curvos**” será realizada no Laboratório de Bioquímica e Microbiologia Bucal (LABIM).

Atenciosamente,


Clarissa Parolo
Professora - UFRGS
CRO/RS 11264

Clarissa C. Fatturi Parolo

ANEXO C - Carta de autorização do uso das dependências do Laboratório de Análise de Minerais e Rochas (LAMIR) da UFPR.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

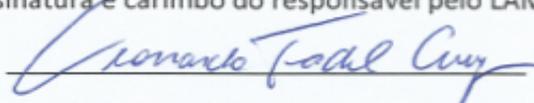
LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE MINERAIS E ROCHAS-
LAMIR

TERMO DE CONSENTIMENTO PARA UTILIZAÇÃO DO
MICROTOMÓGRAFO

Declaro para os devidos fins, que a pesquisadora Patrícia Maria Poli Kopper Móra e a doutoranda Débora Delai Costa estão autorizadas a utilizar o microtomógrafo deste laboratório para realizar o projeto de pesquisa intitulado *Eficácia de Diferentes Técnicas de Desobturação de Canais Radiculares Curvos*.

Curitiba, 16 de Outubro de 2015

Assinatura e carimbo do responsável pelo LAMIR



Prof. Dr. Leonardo Fadel Cury
UFPR Mat. Nº 200517
LAMIR - Vice Coordenador

ANEXO D - Carta de aprovação da comissão científica e ética (COMPESQ) da Faculdade de Odontologia da UFRGS.



Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Faculdade de Odontologia

PARECER CONSUBSTÂNCIADO DA COMISSÃO DE PESQUISA

Parecer aprovado em reunião do dia 06 de novembro de 2015

ATA nº 13/2015.

A Comissão de Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul após análise aprovou o projeto abaixo citado com o seguinte parecer:

Prezada Pesquisadora PATRICIA MARIA POLI KOPPER MORA

Informamos que o adendo ao projeto de pesquisa 30005 - Eficácia de Diferentes Técnicas de Desobturação de Canais Radiculares Curvos para análise está aprovado com o seguinte parecer:

Em uma reintervenção endodôntica não-cirúrgica, a remoção adequada do material obturador do interior dos canais radiculares é crucial para sucesso do procedimento. Comparar a eficácia protocolos de desobturação do canal radicular com instrumentos mecanizados de níquel-titânio (NiTi) e com instrumentos manuais de aço inox no retratamento endodôntico de canais mesio-vestibulares (MV) de primeiros molares superiores por meio de análise em micro-tomografia computadorizada (micro-TC), extrusão de debris; microscopia eletrônica de varredura (MEV). Além disso, objetiva comparar o tempo de desobturação com os diferentes protocolos bem como comparar a resistência à fadiga cíclica dos instrumentos de NiTi novos e após o uso para a desobturação dos canais. **Materiais e Métodos:** Serão selecionados 40 molares superiores que possuam a raiz MV com ângulo de curvatura entre 20° e 40° e raio de curvatura menor do que 10 mm. Os dentes terão suas coroas seccionadas na junção amelo-cementária, e as raízes separadas, sendo a raiz MV selecionada para o estudo. Será realizada uma micro-TC inicial de cada raiz e os canais serão preparados com o instrumento WaveOne Gold (Dentsply Maillefer) em movimento reciprocante. Em seguida, serão novamente submetidos à micro-TC e, após, serão obturados pela técnica da compactação lateral e vertical. As raízes serão divididas em 4 grupos (n = 10) de acordo com o instrumento utilizado na remoção do material obturador: G1 - WaveOne Gold Primary (Dentsply Maillefer); G2 - ProTaper R (Dentsply Maillefer); G3 - D-RaCe (FKG Dentaire); G4 - Limas tipo K (Dentsply Maillefer). Antes da desobturação dos canais, as raízes serão montadas em um aparato para recolher os debris. Os debris extrusados serão coletados e pesados em balança de precisão. O tempo de desobturação será cronometrado por um segundo pesquisador. Para análise do material obturador remanescente nos canais radiculares, as raízes serão novamente submetidas à micro-TC, e, a partir da análise das imagens geradas, o material obturador remanescente será quantificado. Em seguida, as amostras serão clivadas e levadas ao MEV. As imagens geradas serão classificadas em escores de acordo com a presença e profundidade de material obturador nos túbulos dentinários. Após o uso, todos os instrumentos de Ni-Ti serão submetidos ao teste de fadiga cíclica, e o tipo de falha será observado em MEV. O mesmo teste de fadiga cíclica será realizado com instrumentos novos das mesmas marcas comerciais. Os dados obtidos serão submetidos a testes de normalidade para determinar o padrão de distribuição e selecionar o teste estatístico indicado. O nível de significância será de 5%. Somos pela aprovação. Os autores devem cadastrar o projeto na Plataforma Brasil para posterior submissão ao CEP.

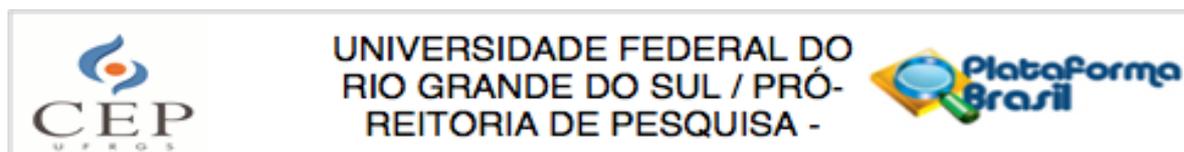
Atenciosamente,

Prof. Fabrício Mezzomo Collares
Coordenador da COMPESQ-ODO
Faculdade de Odontologia UFRGS

Prof. Dr. Fabrício Mezzomo Collares

Coordenador da Comissão de Pesquisa ODONTOLOGIA UFRGS

ANEXO E - Carta de aprovação do comitê de ética em pesquisa (CEP) da UFRGS.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Eficácia de diferentes técnicas de desobturação de primeiros molares curvos

Pesquisador: Patrícia Maria Poli Kopper Móra

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 51687215.3.0000.5347

Instituição Proponente: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.499.376

Apresentação do Projeto:

Em uma reintervenção endodôntica não-cirúrgica, a remoção adequada do material obturador do interior dos canais radiculares é crucial para sucesso do procedimento. O objeto do estudo é comparar a eficácia protocolos de desobturação do canal radicular com instrumentos mecanizados de níquel-titânio (NiTi) e com instrumentos manuais de aço inox no retratamento endodôntico de canais mesio-vestibulares (MV) de primeiros molares superiores por meio de análise em micro-tomografia computadorizada (micro-TC), extrusão de debris, microscopia eletrônica de varredura (MEV). Além disso, objetiva comparar o tempo de desobturação com os diferentes protocolos bem como comparar a resistência à fadiga cíclica dos instrumentos de NiTi novos e após o uso para a desobturação dos canais. Serão selecionados 40 molares superiores que possuam a raiz MV com ângulo de curvatura entre 20° e 40° e raio de curvatura menor do que 10 mm. Os dentes terão suas coroas seccionadas na junção amelo-cementária, e as raízes separadas, sendo a raiz MV selecionada para o estudo. Será realizada uma micro-TC inicial de cada raiz e os canais serão preparados com o instrumento WaveOne Gold (Dentsply Maillefer) em movimento recíprocante. Em seguida, serão novamente submetidos à micro-TC e, após, serão obturados pela técnica da compactação lateral e vertical. As raízes serão

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br

ANEXO F - Comprovante de submissão do manuscrito 2 ao Periódico Clinical Oral Investigations

Clinical Oral Investigations

Editorial Manager

[HOME](#) • [LOGOUT](#) • [HELP](#) • [REGISTER](#) • [UPDATE MY INFORMATION](#) • [JOURNAL OVERVIEW](#)
[MAIN MENU](#) • [CONTACT US](#) • [SUBMIT A MANUSCRIPT](#) • [INSTRUCTIONS FOR AUTHORS](#)

Role: Author | Username: pkopper@terra.com.br

Author's Decision

Thank you for approving "Efficacy of a thermally treated single-file compared with rotary systems in endodontic retreatment of curved canals: a micro-CT study".

[View Reference Checking Results](#)
[Main Menu](#)

★ Clinical Oral Investigations

Caixa de Entrada - Hotmail 19:11

CI

Clinical Oral Investigations - Submission Notification to co-author

Para: Prof Patrícia,

Responder A: Clinical Oral Investigations



Re: "Efficacy of a thermally treated single-file compared with rotary systems in endodontic retreatment of curved canals: a micro-CT study"
 Full author list: Débora Delai, DDS, MSc; Alexander Pompermayer Jardine, DDS, MSc; Leticia Boldrin Mestieri, DDS, MSc, PhD; Daiana Bojink, DDS, MSc; Vania Regina Camargo Fontanella, DDS, MSc, PhD; Fabiana Soares Grecca, DDS, MSc, PhD; Patricia Kopper, DDS, MSc, PhD

Dear Dr Débora Delai,

We have received the submission entitled: "Efficacy of a thermally treated single-file compared with rotary systems in endodontic retreatment of curved canals: a micro-CT study" for possible publication in Clinical Oral Investigations, and you are listed as one of the co-authors.

The manuscript has been submitted to the journal by Dr. Dr. Patrícia Kopper who will be able to track the status of the paper through his/her login.

If you have any objections, please contact the editorial office as soon as possible. If we do not hear back from you, we will assume you agree with your co-authorship.

Thank you very much.

With kind regards,

Springer Journals Editorial Office
 Clinical Oral Investigations