



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

Daiana Boijink

**COMPARAÇÃO DO TRANSPORTE, CENTRALIZAÇÃO E EXTRUSÃO
APICAL DE DETRITOS APÓS O USO DE SISTEMAS DE NITÍ EM
CANALIS RADICULARES CURVOS**

Porto Alegre/RS

2018

Daiana Boijink

**AVALIAÇÃO DO TRANSPORTE, CENTRALIZAÇÃO E EXTRUSÃO
APICAL DE DETRITOS EM CANAIS CURVOS APÓS O USO DE
SISTEMAS DE NiTi**

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. Fabiana Soares Grecca

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

Boijink, Daiana
Comparação do transporte, centralização e extrusão
apical de detritos após o uso de sistemas de NiTi em
canais radicares curvos. / Daiana Boijink. -- 2018.
75 f.
Orientadora: Fabiana Soares Grecca.

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

1. Endodontia. 2. Microtomografia. 3. Transporte
do canal. 4. Centralização. 5. Extrusão apical. I.
Grecca, Fabiana Soares, orient. II. Título.

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

Banca Examinadora:

Profa. Dra Fabiana Soares Grecca (Orientadora) - UFRGS

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

Profa. Dra. Márcia Helena Wagner (Titular) – UNISC

Profa. Dra. Caroline Zanesco (Titular) – ULBRA

Prof. Dr. Fernando Branco Barletta (Suplente) - ULBRA

Dedico esse trabalho...

Ao meu pai (in memoriam) pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida. Seu exemplo de caráter, força e fé me fizeram seguir adiante em busca dos meus sonhos...a você dedico meu amor eterno...

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar a força necessária para superar a adversidade, mostrar o caminho na dúvida e me guardar na hora da angústia. “Entreguem todas as suas preocupações a Deus, pois Ele cuida de vocês” 1 Pe 5.7

Aos meus pais Hélio Arnildo Boijink (in memorian) e Leonilda Rita Boijink dedico mais esta conquista. Vocês são a minha fortaleza, são anjos que Deus colocou na minha vida e com toda a certeza digo que se pude voar mais alto e atingir meus maiores objetivos foi porque tive em vocês a força, o incentivo, o amor e a amizade mas principalmente, o exemplo. Amo vocês!

À madrinha Marlene Hennig, por me proporcionar condições para que eu pudesse chegar até aqui... Sem a tua ajuda certamente esse dia não seria possível... Divido contigo essa conquista!

À minha irmã Andiará Boijink Heck, pelo apoio incondicional em todos os momentos dessa trajetória, transmitindo segurança e cuidado.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À minha orientadora, Profa. Dra. Fabiana Soares Grecca, a qual me acolheu e me honrou com sua orientação na conclusão deste trabalho. Agradeço por todos os ensinamentos a mim transmitidos e pela confiança depositada. Tem para sempre meu carinho e gratidão!

À equipe de professores de Endodontia da FO-UFRGS, pelos ensinamentos e convivência.

Aos professores Doutores Ricardo Abreu da Rosa, Márcia Helena Wagner, Caroline Zanesco e Fernando Branco Barletta por aceitarem o convite de participar da minha banca, e por serem exemplos de dedicação e comprometimento com a ciência.

A todos os colegas de Pós-Graduação de Endodontia da UFRGS, com quem tive o prazer de conviver. Obrigada pela amizade construída ao longo desse período. Obrigada pelos incontáveis momentos que passamos juntos, e pela troca de conhecimento. Levarei vocês para sempre em minhas lembranças! Agradecimentos especiais às colegas Débora Delai e Carolina Bender Hoppe, pela parceria e apoio constante na realização desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS INSTITUCIONAIS

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), uma instituição de Ponta, referência no país, onde pude realizar os estágios de docência que me trouxeram experiência e conhecimento incomparáveis.

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 B).

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

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.

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

Minha gratidão a todas as pessoas que direta ou indiretamente fizeram parte dessa trajetória e contribuíram com a minha formação.

*“A mais alta recompensa pelo trabalho de uma
pessoa não é o que ela consegue com este
esforço, mas o que ela se torna por meio dele”.*

John Ruskin

BOIJINK, D. **Comparação do transporte, centralização e extrusão apical de detritos após o uso de sistemas de NiTi em canais radiculares curvos.** 2018. 75 f. Tese (Doutorado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre (RS), 2018.

RESUMO

Introdução: Os objetivos do presente estudo foram comparar a extrusão apical de detritos durante o preparo apical #25 com os sistemas Twisted File Adaptive (TFA), WaveOne Gold (WOG) e técnica manual (TM), registrar o tempo de preparo; e comparar WOG com TFA em relação ao transporte do canal radicular (TCR) e centralização (CR) com diâmetros apicais #25 e #35. **Metodologia:** Quarenta e cinco canais méso-vestibulares de molares inferiores foram preparados e divididos em 3 grupos (n=15) para avaliar extrusão apical. A extrusão de detritos foi quantificada subtraindo-se o peso final do peso inicial dos tubos *Eppendorf*. TCR e CR foram avaliados em micro-TC com os sistemas TFA e WOG (n=15). A normalidade dos valores obtidos para cada grupo foi verificada usando teste de Kolmogorov-Smirnov. Para quantificar detritos extruídos e tempo de preparo, os dados foram paramétricos, sendo utilizado o Teste ANOVA de 1 via e post hoc de Tukey's. Para avaliar TCR e CR, o teste estatístico foi Mann Whitney e Wilcoxon ($\alpha=0.05$). **Resultados:** Em relação aos detritos, o sistema WOG foi associado com menos extrusão em comparação com TM ($P<0,05$) ou com o sistema TFA ($P> 0,05$). O tempo de preparo exigido pela TM foi significativamente maior do que o exigido pelas outras técnicas ($P<0,05$). Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre WOG e TFA em relação à centralização em todos os níveis, quando usado diâmetro apical #25 ou #35 ($P> 0,05$). Para TCR, diferença significativa foi encontrada entre TFA e WOG a 1 e 7mm com diâmetro apical #25 e #35 ($P<0,05$). Foi encontrada diferença significativa para TFA em 4mm, quando os diâmetros apicais #25 e #35 foram avaliados no mesmo sistema ($P <0,05$). **Conclusões:** Todos os sistemas de instrumentação causaram extrusão de detritos apicais em algum grau. TFA e WOG podem ser usados em canais radiculares curvos com segurança com diâmetros apicais# 25 ou 35.

Palavras-chave: Endodontia. Microtomografia. Transporte do Canal. Centralização. Extrusão Apical.

BOIJINK, D. **Root canal transportation, centering ability and apically extruded debris in curved root canals using WaveOne Gold and Twisted File adaptive systems.** 2018. 75 f. Thesis (PhD in Dentistry) – School of dentistry Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre (RS), 2018.

ABSTRACT

Introduction: The aims of this study were to assess the amount of apically debris during root canal preparation with apical size #25 with the Twisted File Adaptive system (TFA), WaveOne Gold system (WOG) and manual technique (MT), and recorded working time; and to assess WOG with TFA in relation to root canal transportation (RCT) and centering ratio (CR) with apical diameters # 25 and # 35. **Methods:** Forty-five mesiobuccal root canals of mandibular molars were prepared and assigned into 3 groups (n = 15) to evaluate apical extrusion. Debris extrusion was quantified by subtracting the final from the initial weight of the Eppendorf tubes. RCT and CR were evaluated in Micro-TC with the TFA and WOG systems (n = 15). The normality values obtained for each group were tested using the Kolmogorov-Smirnov test. To quantify extruded debris and preparation time, the data were parametric, using the Tukey's 1-way and post-hoc ANOVA test. To evaluate RCT and CR, the statistical test was Mann Whitney ($\alpha = .05$). **Results:** The WaveOne Gold reciprocating single-file system was associated with less extrusion of debris compared with hand files ($P < 0.05$) or with the Twisted File Adaptive system ($P > 0.05$). The preparation time required by hand files was significantly longer than that required by the other techniques ($P < 0.05$). No significant differences were found between WOG and TFA regarding CR for all levels when used #25 or #35 apical size preparation ($p > 0.05$). For RCT, significant difference was found among TFA and WOG at 1 mm and 7 mm with diameter apical #25 and #35. ($p < 0.05$). Statistically different for the TFA in 4 mm was observed when the apical diameters # 25 and # 35 was evaluated in the same system ($P < 0,05$). **Conclusions:** All of the instrumentation systems caused apical debris extrusion to some degrees. TFA and WOG can be used in curved root canals with safety with #25 or 35 apical diameters.

Key Words: Endodontics. Microtomography. Root Canal Transportation. Centering Ratio. Apical Extrusion.

LISTA DE TABELAS

Manuscrito 1:

- Table 1.** Mean and standard deviation (SD) values for the amount of apically extruded debris in each study.....36
- Table 2.** Mean and standard deviation (SD) values for the preparation time in each study group (in seconds).....37

Manuscrito 2:

- Table 1.** Root canal transportation (mm) and Centering ratio (mm) at 1, 4 and 7 mm with apical diameters #25 and #35.....48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

#	- Número
CR	- Centralização
CT	- Comprimento de trabalho
EDTA	- Ácido etilenodiamino tetra-cético
FO	- Faculdade de Odontologia
LABIM	- Laboratório de Bioquímica e Microbiologia Bucal
LAMIR	- Laboratório de Análise de Minerais e Rochas
MEV	- Microscopia eletrônica de varredura
micro-CT	- Micro-tomografia computadorizada
ml	- Mililitro
mm	- Milímetro
MT	- Técnica manual
NaOCl	- Hipoclorito de sódio
NiTi	- Níquel-Titânio
PTN	- ProTaper Next
PTU	- ProTaper Universal
TA	- Transporte apical
TFA	- <i>Twisted File Adaptive</i>
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
UFRGS	- Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSM	- Universidade Federal de Santa Maria
ULBRA	- Universidade Luterana do Brasil
UNISC	- Universidade de Santa Cruz do Sul
WL	- <i>Working Length</i>
WO	- WaveOne
WOG	- WaveOne Gold Group
μm	- Micrometro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1	INSTRUMENTOS DE NÍQUEL – TITÂNIO (NITI).....	17
2.2	EXTRUSÃO APICAL DE DETRITOS	19
2.2.1	Extrusão X Cinemática.....	19
2.2.2	Extrusão X Patência apical	22
2.2.3	Extrusão apical X Dor pós-operatória.....	23
2.2.4	Extrusão X Comprimento de trabalho e Diâmetro apical	23
2.2.5	Extrusão X Retratamento	24
2.2.6	Extrusão X Preparo Cervical	25
2.2.7	Extrusão X Sistemas de irrigação	25
2.3	TRANSPORTE DO CANAL E CENTRALIZAÇÃO	26
3	PROPOSIÇÕES	31
3.1	Geral.....	30
3.2	Específicos.....	30
4	MANUSCRITO 1: VERSÃO EM INGLÊS	32
5	MANUSCRITO 2: VERSÃO EM INGLÊS.....	42
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
7	CONCLUSÕES.....	53
	REFERÊNCIAS.....	54
	APÊNDICES	
	APÊNDICE A - Termo de consentimento livre e esclarecido.....	63
	APÊNDICE B - Termo de doação de dentes humanos.....	65
	ANEXOS	
	ANEXO A - Carta de autorização do uso das dependências do Laboratório de Bioquímica e Microbiologia Bucal (LABIM) da UFRGS.....	67

ANEXO B - Carta de autorização do uso das dependências do Laboratório de Análise de Minerais e Rochas (LAMIR) da UFPR.....	68
ANEXO C - Carta de aprovação da Comissão Científica e Ética (COMPESQ) da Faculdade de Odontologia da UFRGS.....	69
ANEXO D - Carta da Comissão de Ética e Pesquisa (CEP) da Faculdade de Odontologia da UFRGS.....	70
ANEXO E - Dispositivo utilizado na coleta de detritos.....	71
ANEXO F - Imagem representativa da microtomografia.....	72

1 INTRODUÇÃO

O preparo químico-mecânico representa umas das fases mais críticas do tratamento endodôntico. A limpeza e modelagem do sistema de canais radiculares são etapas importantes, pois têm como objetivo remover detritos e microrganismos responsáveis por diversas patologias (SCHILDER, 1974). Alguns princípios são necessários para que se alcance resultados favoráveis durante o preparo mecânico; estes incluem um bom acesso coronal, para se chegar ao ápice mantendo a forma original do canal radicular e do forame apical. Entretanto, em canais curvos isso se torna mais difícil (YAMAMURA et al., 2012). Erros como degraus e transporte apical podem dificultar o preparo e posterior obturação dos canais radiculares. Além disso, durante o preparo dos canais radiculares, restos de dentina, tecido pulpar e microrganismos podem ser extruídos para a região periapical causando dor pós-operatória, *flare-up* e complicações (ÜSTÜN et al., 2015).

Schilder (1974) enfatizou que o preparo deve preservar o forame apical sem alterar o formato original do canal radicular. Em canais radiculares curvos, há uma tendência para todas as técnicas de preparo e instrumentos em desviar o canal radicular do seu trajeto original (GERGI et al., 2015). Várias técnicas e diferentes cinemáticas têm sido propostas com a finalidade de manter a forma original do canal radicular e, portanto, promover melhor centralização.

Nesse sentido, mudanças nas características do design e cinemática dos instrumentos e tratamentos térmicos da liga de NiTi têm sido propostas com o intuito de melhorar a qualidade dos preparos. A flexibilidade dos instrumentos de NiTi é influenciada pelas propriedades metalúrgicas (composição e tratamento térmico da liga), e pelas suas características geométricas, como secção transversal. Schäfer; Dzepina; Danesh, (2003) verificou uma relação inversamente proporcional entre área da secção transversal e flexibilidade do instrumento.

Em 2008, a Sybron Endo apresentou o sistema Twisted File Adaptive (TFA, SybronEndo, Orange, CA, USA), fabricado com liga de NiTi com estrutura cristalina de transição entre as fases austenita e martensita, denominada fase R, obtida por um processo de aquecimento e resfriamento do fio metálico primitivo (JUNAID et al., 2014). Esse processo termomecânico serve para aumentar a flexibilidade e resistência à fratura do instrumento. Segundo Gergi et al. (2014) isso permite maior

centralização, mesmo em canais severamente curvos. Twisted File Adaptive utiliza uma combinação de rotação contínua quando a quantidade de pressão aplicada no instrumento é pequena e movimento recíproco quando uma força maior é aplicada. Isso permite que o instrumento se adapte às forças tensionais intracanal, dependendo da quantidade de pressão aplicada (KARATAS et al., 2016).

Em 2015, Dentsply Tulsa Dental Specialties desenvolveu o sistema WaveOne Gold (WOG, Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA), com a secção transversal em forma de paralelogramo, e com conicidade variável ao longo da parte ativa. Esse sistema é produzido com uma liga metálica dourada denominada “Wire Gold”, com tratamento térmico diferenciado que faz com que o sistema apresente uma maior flexibilidade e resistência à fadiga cíclica em relação ao seu antecessor, WaveOne (ADIGÜZEL; CAPAR, 2017). O movimento recíproco desse sistema é similar à técnica de força balanceada de Roane preconizada para manter a curvatura da raiz (GERGI et al., 2015). A cinemática do sistema trabalha, inicialmente, com um movimento de corte em sentido anti-horário de 170° , seguido do movimento em sentido horário de 50° . Assim, a cada ciclo, o instrumento consegue um avanço efetivo de 120° , precisando de 3 ciclos para uma rotação completa.

Para avaliar e comparar transporte apical e centralização promovidos por diferentes sistemas de instrumentação, a microtomografia é utilizada por permitir uma reconstrução tridimensional da geometria dos canais radiculares, sem no entanto inutilizar a amostra (VERSIANI et al., 2013; TINOCO et al., 2014; BURKLEIN; BENTEN; SCHÄFER, 2014; GERGI et al., 2015). Para avaliar quantitativamente a extrusão de detritos apical, estudos sugerem a metodologia proposta por Myers e Montgomery (1991), no qual os detritos extruídos são coletados em um dispositivo acoplado ao forame apical (KOÇAK et al., 2013; DE-DEUS et al., 2015).

Sendo assim, o objetivo desse estudo foi quantificar os detritos extruídos apicalmente utilizando TFA, WOG e técnica manual, bem como registrar o tempo utilizado no preparo. Além disso, comparar a centralização e o transporte do canal com os sistemas TFA e WOG.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 INSTRUMENTOS DE NÍQUEL – TITÂNIO (NITI)

A introdução da liga de NiTi para a fabricação dos instrumentos, na década de 1990, trouxe novas possibilidades e perspectivas para o preparo químico mecânico do sistema de canais radiculares.

Devido as características físicas da liga, os instrumentos com NiTi começaram a ser utilizados acionados por motores elétricos com cinemática de rotação contínua, almejando otimizar o tempo no atendimento clínico e proporcionar melhor conformação aos canais radiculares (BAUMANN, 2004). No entanto, as primeiras gerações de NiTi evidenciaram problemas em relação à fadiga cíclica, que levavam à fratura dos instrumentos. Um dos pontos negativos do movimento rotatório era o rosqueamento, que aumentava o risco de travamento e consequente fratura por torção (YE; GAO, 2012).

Nesse contexto, Yared (2008), propôs uma nova cinemática de movimento, com o intuito de suplantar as deficiências do movimento rotatório em relação à fratura torcional. Utilizou o instrumento F2 do Sistema ProTaper Universal (PTU, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), no sentido horário e anti-horário, cortando dentina em ambas as direções (movimento oscilatório assimétrico). Essa técnica reduziu o índice de fraturas comparada à cinemática de rotação contínua, e foi precursora do movimento recíprocante.

Concomitante, novos tratamentos térmicos para melhorar as propriedades mecânicas e aumentar a resistência à fratura da liga de NiTi convencional foram desenvolvidos. Assim como em outros metais, a liga de NiTi apresenta duas formas cristalinas: austenita e martensita. A transformação da austenita em martensita, inicia quando a liga passa, no resfriamento, por uma temperatura crítica. No sentido oposto, a transformação reversa, ou transformação austenítica, se inicia, no aquecimento. Esta transformação ocorre em uma faixa de temperatura que varia de acordo com a composição química e comportamento termomecânico de cada liga, e causa alterações nas propriedades mecânicas dos instrumentos (THOMPSON, 2000).

O Sistema Twisted File Adaptive trouxe como proposta a hibridização da cinemática (rotatória/recíprocante) utilizando instrumentos fabricados por torção

aliados a um tratamento térmico específico durante o processo de manufatura, a fase R (LOPES et al., 2013). A fase R é uma fase intermediária que pode formar-se após a transformação da martensita para a austenita durante o aquecimento e na transformação inversa da austenita em martensita no resfriamento. Isso confere uma maior flexibilidade à liga (SHEN et al., 2013).

Todos os instrumentos do sistema TFA são fabricados por torção de uma haste metálica de NiTi com forma piramidal e secção reta transversal triangular. O Sistema é composto por 2 kits com 3 instrumentos cada. O kit Small SM1 (#20.04), SM2 (#25.06), SM3 (#35.04) e o kit Medium/Large ML1 (#25.08) ML2 (#35.06) e ML3 (#50.04). O sistema emprega uma tecnologia de movimento capaz de “entender” o “stress” gerado durante a instrumentação, adaptando o movimento à dificuldade do preparo. Quando o instrumento não sofre “stress” dentro do canal, o movimento realizado pelo motor é ininterrupto (rotação contínua); em contraste, quando o instrumento trabalha sob pressão durante o preparo, o movimento passa a ser recíprocante ($370^{\circ} - 50^{\circ}$) (KARATAS et al., 2016).

Em 2015, foi lançado uma nova geração do Sistema WaveOne (WO, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), o sistema WaveOne Gold. Este sistema apresenta várias alterações em relação ao anterior. A liga metálica apresentada pelo Sistema WaveOne, tratada termicamente com tecnologia M-Wire, sofreu modificações e foi substituída por um novo tratamento térmico, agora denominado “Gold”. Este tratamento é realizado depois de o fio ser usinado e permite, via aquecimento e resfriamento lento, a transformação da liga em 2 estágios: de austenítica para fase R e da fase R para martensítica. Em virtude desse processo, o instrumento WaveOne Gold é predominantemente martensítico, característica esta que lhe confere a perda do efeito memória de forma. Portanto, o sistema apresenta o efeito de memória controlada, ou seja, os instrumentos são passíveis de pré-curvamento, o que auxilia sua introdução mesmo quando o acesso endodôntico é reduzido.

O Sistema WaveOne Gold possui quatro instrumentos: Small (#20.07). Primary (#25.07), Medium (#35.06) e Large (#45.05). A secção transversal dos instrumentos é em forma de paralelogramo com ângulo de lâmina de corte de 85° . Outra particularidade é a sua rotação fora do centro, o que possibilita apenas dois pontos de contato do instrumento com as paredes do canal e, sequencialmente, apenas um ponto, reduzindo o risco de aparafusamento. A conicidade destes instrumentos é constante nos 3 primeiros milímetros, após, a conicidade é regressiva, garantindo um

preparo mais conservador nos terços cervical e médio. A ponta dos instrumentos é inativa com movimento de corte em sentido anti-horário (170°), seguido por um movimento em sentido horário (50°), liberando o instrumento (ADIGÜZEL;CAPAR 2017).

2.2 EXTRUSÃO APICAL DE DETRITOS

Todas as técnicas de instrumentação do canal radicular são associadas com algum grau de extrusão apical de detritos (TANALP; GÜNGÖR, 2014). Tal fato pode ocasionar inflamação e dor pós-operatória, além de comprometer o sucesso do tratamento endodôntico (SIQUEIRA JR. et al., 2003). A quantidade extruída pode variar em função do design do instrumento e cinemática do movimento (BURKLEIN; BENTEN; SCHÄFER, 2013).

Ahn et al. 2016 realizaram uma revisão sistemática sobre extrusão apical, fadiga cíclica, resistência, trincas dentinárias, capacidade de centralização e transporte das cinemáticas recíprocante e contínua realizadas pelos instrumentos de níquel-titânio. Quatorze estudos foram selecionados sobre extrusão apical, sendo que o movimento recíprocante tendeu a extrair mais detritos que a rotação contínua, porém os autores citam os resultados conflitantes entre os estudos.

2.2.1 Extrusão X Cinemática

Burklein e Schäfer (2012) pesquisaram a quantidade de extrusão de detritos na utilização de diferentes sistemas rotatórios e recíprocantes. 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 os sistemas: Reciproc (VDW, Munique, Alemanha), WaveOne, Mtwo (VDW, Munique, Alemanha) e ProTaper Universal. A extrusão apical de detritos 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 detritos, 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 debris quando comparados com os dois sistemas rotatórios avaliados ($P < 0,05$). O sistema Reciproc produziu mais debris do que os demais instrumentos ($P < 0,05$). A instrumentação foi mais rápida quando foi utilizado o Reciproc do que os demais instrumentos ($P < 0,05$). Assim, foi possível concluir que todos os sistemas avaliados ocasionam a extrusão de detritos através do forame apical, entretanto, os sistemas rotatórios produziram menos quantidade de extrusão quando comparados com os sistemas reciprocantes.

Ao contrário desse estudo, Tinoco et al. (2014) avaliaram a extrusão apical bacteriana comparando os sistemas reciprocantes WaveOne e Reciproc com o sistema rotatório BioRace (FKG, Dentaire, La-Chaux-de-Fonds, Suíça). Apesar de todos os sistemas terem extruído bactérias além do forame, os instrumentos reciprocantes apresentaram resultados melhores. Corroborando com este estudo, Üstün et al. (2015) compararam a quantidade de detritos extruídos apicalmente durante o preparo utilizando os sistemas ProTaper Next (PTN, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), Twisted File (TF, SybronEndo, Orange, CA, USA) e WaveOne. Quarenta e cinco pré-molares foram preparados com os respectivos sistemas e divididos aleatoriamente em 3 grupos ($n=15$). Tubos de *Eppendorf* foram pesados previamente em balança de precisão e utilizados para a coleta dos detritos. PTN extruiu mais detritos que WO ($P < 0,05$). Não houve diferença estatística entre PTN e TF e entre WO e TF ($P > 0,05$). De-Deus et al. (2015) também atestaram que os sistemas reciprocantes Reciproc e WaveOne apresentam menor extrusão de detritos quando comparados aos sistemas rotatórios compostos por vários instrumentos ou a limas manuais. Nenhuma diferença foi encontrada entre os dois sistemas reciprocantes ($P > 0,05$). A instrumentação manual extruiu mais detritos que os sistemas rotatório e recíprocante ($P < 0,05$).

Karatas et al. (2016) pesquisaram a quantidade de detritos extruídos utilizando o Twisted File Adaptive (TFA) em diferentes cinemáticas. Quarenta e oito incisivos foram divididos em 4 grupos ($n=12$), e os canais foram instrumentados conforme a cinemática: TFA em movimento recíprocante (90° horário 30° anti-horário), TFA em movimento recíprocante (150° horário 30° anti-horário), TFA em rotação contínua e TFA em movimento combinado (rotatório/recíprocante). Concluíram que a cinemática afeta a quantidade de detritos extruídos apicalmente, pois TFA em movimento recíprocante (90° horário 30° anti-horário) causou maior extrusão que TFA em rotação contínua ($P < 0,05$). TFA em movimento recíprocante (150° horário 30° anti-horário),

TFA em rotação contínua e TFA em movimento combinado produziram similares quantidades de extrusão de detritos ($P>0,05$).

2.2.2 Extrusão X Patência apical

Buchanan (1989) definiu patência apical ou “glide path” como uma manobra de introdução de uma lima K flexofile fina que penetra facilmente através da constrição apical sem amplia-lá, tendo como objetivo ampliar o espaço do canal a fim de facilitar o avanço do instrumento no sentido apical e reduzir a possibilidade de travamento deste nas paredes dentinárias.

Avaliando o efeito da patência na extrusão apical de detritos, Lambrianidis; Tosounidou; Tzoanopoulou (2001) testou 2 grupos com lima manual (com e sem patência) e concluíram que a manutenção da patência foi associada com menor extrusão de detritos comparado com o grupo em que a constrição apical permaneceu intacta. Da mesma forma, Tinaz et al. (2005) analisaram o efeito do rompimento da constrição apical na extrusão apical com diferentes diâmetros apicais. Foi realizado preparo com técnica manual (.02 e .04) (step back) e ProFile (.02 e .04) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), 2mm além do forame. Não houve diferença estatística entre manual (.02) e ProFile (.02) ($P>0,05$). Manual (0.4) extruiu mais detritos ($P<0,05$). Os autores concluíram que há uma tendência em extruir mais detritos quando o diâmetro da patência apical for aumentado.

Topçuoğlu et al. (2016) realizaram um estudo em molares inferiores extraídos e preparados com WO, Reciproc e OneShape (Micro-Mega, Besancon, França), divididos em grupos com e sem “glide path”, e os resultados mostraram que a extrusão foi menor nos grupos em que foi criado “glide path”.

Pawar et al. (2017) avaliaram o efeito de instrumentos de patência na extrusão apical de detritos 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 recíprocante 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 detritos extrusionados foram coletados em tubos *Eppendorf* pesados previamente e foram armazenados em estufa a 70° C por 5 dias. Foi possível concluir que a realização de patência com instrumento rotatório 20/.04 associado a instrumentação com SAF produz menor

extrusão de detritos em canais mesiais curvos de molares inferiores, quando comparado com a realização de patência com instrumento 20/.02 associado à instrumentação com OneShape e WaveOne.

2.2.3 Extrusão apical X Dor pós-operatória

Com o propósito de avaliar dor pós-operatória, Neelakantan e Sharma (2015) compararam o sistema Reciproc com o sistema rotatório OneShape em um estudo prospectivo com 624 pacientes e relataram menos intensidade e duração de dor pós-operatória quando o movimento recíprocante foi utilizado. Não obstante, Kherlakian et al. (2016) em um estudo clínico randomizado aleatório (Consort) de 210 casos realizados com os sistemas PTN, WO e Reciproc, observaram não haver diferença estatística significativa na dor pós-operatória e quantidade de medicamento analgésico ingerido pelos pacientes, quando os sistemas recíprocantes e rotatórios foram comparados.

2.2.4 Extrusão X Comprimento de trabalho e Diâmetro apical

Teixeira et al. (2015) avaliando a influência do diâmetro apical e do comprimento de trabalho na extrusão, mostraram que estes fatores não interferem na extrusão de bactérias quando Reciproc (#25.08 e # 40.06) é utilizado no forame ou 1mm aquém deste.

Ao contrário, Silva et al. (2016a) utilizando os mesmos sistemas acima descritos, avaliando oitenta incisivos inferiores extraídos, não encontrou diferenças entre os grupos testados em relação à extrusão apical de detritos. Silva et al. (2016b) em outro estudo avaliando PTU, PTN, WO, Reciproc, onde os canais foram preparados até diâmetro apical #40 e a 1mm do forame em cada grupo, mostraram que PTU extruiu mais detritos que os outros grupos ($P < 0.05$). Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os grupos PTN, WO e Reciproc ($P > 0.05$).

2.2.5 Extrusão X Retratamento

Özyürek; Yılmaz e Uslu, (2017) estudaram a extrusão apical de detritos durante o retratamento endodôntico com ProTaper Next, Reciproc e Twisted File Adaptive, bem como o tempo de preparo 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, as amostras foram aleatoriamente divididas em 3 grupos (n=30) para a remoção do material obturador. Os detritos foram coletados em tubos *Eppendorf* pesados previamente. A quantidade de detritos extrusionados foi Reciproc > Twisted File > ProTaper Next. Em relação ao tempo de trabalho, não houve diferença estatística entre os grupos. Os autores concluíram que todos os grupos foram associados com extrusão apical de detritos, sendo que o grupo Reciproc foi o que ocasionou a maior extrusão.

Delai et al. (2018) investigaram a quantidade de detritos extrusionados durante a desobturação com WaveOne Gold, ProTaper Retratamento, D-RaCe (FKG, Dentaire, La-Chaux-de-Fonds, Suíça) 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. O grupo WaveOne Gold produziu menor extrusão de detritos do que o grupo dos instrumentos manuais e D-RaCe ($P < 0,05$), e foi similar ao grupo ProTaper Retratamento ($P > 0,05$). Os grupos ProTaper R, D-RaCe e limas manuais foram estatisticamente iguais. O tempo de trabalho no grupo dos instrumentos manuais foi estatisticamente maior do que nos demais grupos ($P < 0,05$). Foi possível concluir que todos os sistemas avaliados produzem extrusão apical de detritos, corroborando com os demais estudos da literatura. A remoção do material obturador foi mais lenta com limas manuais do que com os instrumentos de NiTi. Todos os instrumentos de NiTi avaliados no estudo apresentaram deformação ou fratura.

2.2.6 Extrusão X Preparo Cervical

O “Preflaring” ou preparo cervical têm como objetivo remover interferências cervicais, possibilitando o alcance dos instrumentos à zona crítica apical de modo mais livre (ABOU-RASS; FRANK; GLICK, 1980).

Diversos estudos avaliam a influência do pré-alargamento cervical na extrusão apical de detritos. Borges et al. (2016) avaliaram em incisivos inferiores extraídos os sistemas PTU, PTN, WO, Reciproc, ProFile e técnica manual, com e sem preparo cervical. O pré-alargamento cervical foi realizado com LA Axxess (#35.06) (SybronEndo, Orange, CA, USA). Para todos os sistemas, o pré-alargamento cervical reduziu a quantidade de detritos extruídos apicalmente, em comparação com os grupos em que o pré-alargamento não foi realizado ($P < 0,05$).

Em concordância com esses achados, Topçuoğlu et al. (2016) compararam a quantidade de detritos extruídos apicalmente durante o preparo utilizando os sistemas Reciproc, WO e OneShape, instrumentados até diâmetro apical #25, com e sem pré-alargamento cervical, realizado com Gates-Glidden #2 #3 #4 (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA).

2.2.7 Extrusão X Sistemas de irrigação

Alguns estudos avaliam a interferência das agulhas de irrigação na extrusão apical de detritos. Altundasar et al. (2011) e Yeter et al. (2013) compararam o peso dos detritos extruídos em preparos com diferentes agulhas de irrigação “open-ended” e “side-vented”. Nos 2 estudos, os autores concluíram que nos grupos em que a irrigação foi realizada com agulhas “open-ended”, estas foram associadas com maior quantidade de detritos extruídos apicalmente ($P < 0,05$).

Farmakis et al. (2016) pesquisaram a extrusão associada com o sistema SAF (Self-Adjusting File) comparando ao sistema WO. Vinte e quatro pré-molares foram incluídos no estudo, e divididos em 2 grupos, de acordo com o sistema de instrumentação. A quantidade de detritos extruídos pelo sistema WO foi 4.4x maior que a extruída pelo sistema SAF. Os autores atribuem esses resultados ao design do sistema SAF, pois este permite uma renovação contínua do irrigante, e dessa forma, diminui a extrusão de detritos em apical.

Western e Dicksit (2017) realizaram uma meta-análise que avaliou a extrusão apical de detritos em 4 diferentes sistemas de instrumentação. O objetivo deste trabalho foi coletar e analisar estudos *in vitro* que quantificaram a extrusão apical de detritos utilizando ProTaper (manual), PTU (rotatório) e SAF, e determinar quais os métodos que produziram menor extrusão. Foi realizada busca nas plataformas PubMed, Scopus, Cochrane, LILACS e Google Scholar a partir de Fevereiro de 2016, utilizando os termos “apical detritos 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 detritos através do forame apical está invariavelmente presente em todos os sistemas avaliados. O sistema SAF causou menor extrusão apical quando comparado com os sistemas PT (rotatório) e WO.

É válido ressaltar que a maioria dos estudos avalia extrusão apical de detritos comparando sistemas rotatórios e reciprocantes em canais retos. Considerando a evolução dos instrumentos endodônticos e dos novos tratamentos térmicos da liga de Niti, é imperativo avaliar o sistema WOG em relação aos sistemas rotatórios, em canais radiculares curvos.

2.3 TRANSPORTE DO CANAL E CENTRALIZAÇÃO

Transporte e centralização são os parâmetros mais utilizados para avaliar a capacidade dos instrumentos endodônticos em preservar a anatomia do canal radicular durante o preparo (HULSMANN; PETERS; DUMMER, 2005).

O transporte do canal radicular pode ser definido como a mudança do trajeto original do canal radicular após a instrumentação e, ocorre frequentemente na presença de curvaturas do canal e próximo ao ápice radicular. Esse desvio no sentido do longo eixo da curvatura durante o preparo pode resultar em limpeza inadequada, com possibilidade de periodontite apical persistente (SCHÄFER; DAMMASCHKE, 2009).

Wu; Fan e Wesselink, (2000) afirmam que valores acima de 0,3 mm podem afetar o prognóstico do tratamento endodôntico. Nesse sentido, vários estudos *in vitro* têm evidenciado que tanto os sistemas rotatórios quanto os reciprocantes são

capazes de modelar o canal radicular, sem causar transporte apical significativo clinicamente (ZHAO et al., 2014; CAPAR et al., 2014 (a); SILVA et al., 2017; ZANESCO et al., 2017).

Gergi et al. (2010) avaliaram uma amostra de 3 grupos (n=30), com os sistemas TF, Path-File+ProTaper, K-file manual. Encontraram menores valores de transporte radicular e melhor capacidade de centralização com o sistema TF, seguido do sistema ProTaper, sendo que a técnica manual causou o maior grau de transporte.

El Batouty e Elmallah (2011) pesquisaram o transporte com 2 sistemas rotatórios de NiTi, TF e K3 (SybronEndo, Orange, CA, USA) (n=20). Quarenta molares inferiores foram avaliados através da sobreposição da imagem radiográfica. O preparo apical foi instrumentado até o calibre #30 em ambos os grupos. O sistema TF produziu menos transporte e preservou a anatomia original do canal, se mostrando superior ao sistema K3.

Freire et al. (2011) investigaram transporte em raízes mesiais de molares inferiores com forames independentes, através de microtomografias. Quinze dentes foram selecionados, onde canais MV foram instrumentados com sistema TF, e os canais ML com sistema EndoSequence (ES, Brasseler, Savannah, GA, USA). Diferenças estatisticamente significantes foram observadas somente a 3 e 4 mm aquém do forame apical, com níveis mais baixos de transporte e melhor centralização com o sistema TF. Os autores concluíram que os sistemas TF e ES apresentaram comportamentos semelhantes em relação ao transporte e habilidade de centralização, sendo uma opção para o preparo de canais curvos.

Burklein e Schäfer (2012) avaliaram a capacidade de preparo e efetividade de limpeza de 2 sistemas reciprocantes e 2 sistemas rotatórios em canais curvos de dentes extraídos. Um total de oitenta dentes foram divididos em 4 grupos de (n=20), de acordo com o sistema utilizado no preparo: Mtwo, PTU, WO, Reciproc. Todos os sistemas avaliados mantiveram a curvatura original do canal, sendo seguros para o uso clínico. Em relação ao tempo de trabalho, Reciproc foi mais rápido que os outros sistemas ($P < 0.05$). Para remoção de detritos, Mtwo e Reciproc alcançaram melhores resultados no terço apical ($P < 0.05$). Nos terços coronal e médio, nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os grupos Mtwo, Reciproc e WO, entretanto, PTU mostrou uma quantidade maior de detritos residual ($P > 0.05$).

Hashem et al. (2012) pesquisaram o efeito de 4 sistemas de NiTi na mudança do volume do canal e transporte em canais curvos. Quarenta raízes mesio-

vestibulares (MV) de molares inferiores foram randomizadas e separadas em 4 grupos (n=10), conforme o sistema utilizado para o preparo do canal: Revo-S (RS, Micro-Mega, Besancon Cedex, France), Twisted File, ProFile GT Series X (GTX, Dentsply, Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK), ProTaper. Os canais foram escaneados usando tomógrafo i-CAT CBCT (Imaging Science International, Hatfield, PA). Concluíram que o sistema TF teve melhor desempenho na modelagem de canais curvos. A GTX foi melhor que a PT em relação ao transporte e centralização.

Marzouk e Ghoneim (2013) utilizando quarenta raízes mesiais de molares inferiores, encontraram diferenças entre os sistemas WO e TF em relação ao grau de transporte radicular, sendo que o sistema TF apresentou melhores resultados em todos os terços, comparado ao sistema WO.

Zhao et al. (2013) realizaram um estudo com raízes MV de molares superiores, com o objetivo de comparar a capacidade de modelagem dos sistemas Hyflex CM (Coltene-Whaledent, Allstetten, Switzerland), TF, e K3. No terço apical, o sistema TF produziu menos transporte que o sistema K3 ($P < 0.05$). Nos 3 terços estudados, a diferença não foi significativa.

Junaid et al. (2014) avaliando transporte em raízes mesiais de molares inferiores, não encontraram diferenças estatisticamente significantes entre os sistemas WO e TF. Similarmente, Capar et al. (2014a) também não encontraram diferenças no grau de transporte radicular, entre os sistemas OneShape, PTU, PTN, Reciproc, TFA e WO.

Gergi et al. (2015) compararam a habilidade do preparo com vários sistemas de NiTi, Reciproc, WO e TFA através de micro-TC. Um total de quarenta e oito raízes mesiais de molares inferiores foram aleatoriamente divididas em 3 grupos de (n=16), instrumentadas com os seguintes calibres: R #25 .08, WO #25 .08, TFA #25 .08 no comprimento de trabalho. A remoção de dentina ao longo de todo o canal foi maior com o sistema Reciproc, quando comparado ao TFA e WO. O grau de transporte foi menor com o sistema TFA ($P < 0.01$), seguido do WO, e maior com Reciproc, tanto no terço apical quanto em todo o canal. Nenhum dos sistemas de NiTi foi capaz de instrumentar todo o canal radicular. O sistema TFA manteve a anatomia original do canal, com menos transporte e melhor capacidade de centralização.

Marceliano-Alves et al. (2015) investigaram tridimensionalmente a qualidade do preparo com os sistemas Reciproc, WO, TF, e Hyflex em raízes mesiais de molares inferiores. Concluíram que o sistema Reciproc promoveu um desgaste maior de

dentina no terço apical e que os sistemas rotatórios TF e Hyflex foram associados com significativamente menos transporte que os sistemas reciprocantes WO e Reciproc ($P < 0.05$).

Pédulla et al. (2016) compararam o transporte e centralização com os sistemas Mtwo e TFA com diferentes cinemáticas (rotação contínua ou movimento rotatório/reciprocante, através de microtomografias. Trinta e dois molares inferiores com canais mesiais e com forames independentes foram selecionados e divididos aleatoriamente em 4 grupos. Nos terços cervical e médio, TFA resultou em menos transporte e melhor centralização que Mtwo em ambos os movimentos avaliados. A capacidade de centralização foi melhorada com a cinemática do movimento rotatório/reciprocante, comparada com rotação contínua, nos dois sistemas testados. Entretanto, no terço apical, nenhuma diferença foi encontrada em relação ao transporte e centralização, em ambos os sistemas e cinemáticas ($P > 0.05$).

Jatahy Ferreira do Amaral et al. (2016) investigaram através de Micro-TC, o transporte e centralização de canais instrumentados com WO associado ou não à ampliação cervical e “glide path”. Trinta e seis raízes mesiais de molares inferiores foram randomizadas e divididas em 3 grupos ($n=12$), PathFile+WO, ProTaper SX+WO, WO. Os resultados mostraram que os grupos PathFile+WO e SX+WO causaram menos transporte comparado com o grupo WO ($P < 0.05$). Concluíram que o alargamento cervical resultou na redução do transporte e melhora na centralização, comparado com o uso exclusivo do sistema WO.

Liu e Wu (2016) avaliaram o transporte com os sistemas TFA, WO e PTN em canais simulados. O transporte do canal foi observado em diferentes níveis, apical (1-4 mm), médio (5-8 mm) e coronal (9-12 mm). Diferença estatística significativa foi encontrada entre os 3 instrumentos na secção apical. Os canais preparados com TFA exibiram menos transporte do que os preparados com os sistemas WO e PTN. Entretanto, no terço médio nenhuma diferença foi observada entre TFA e PTN, e também, no terço coronal, nenhuma diferença estatística foi encontrada entre os sistemas TFA e WO. Além disso, nos terços coronal e médio, WO e PTN mostraram maior transporte do que no terço apical. O maior índice de transporte ocorreu com WO em todas as secções avaliadas.

Silva et al. (2017) pesquisaram transporte e centralização com os sistemas PTN e TFA através de Micro-TC. Vinte raízes mesiais de molares inferiores foram divididas em 2 grupos ($n=10$). Após a instrumentação, os espécimes foram avaliados em 3, 5 e

7 mm do forame apical. Os canais preparados com PTN ou TFA tiveram resultados similares nos níveis avaliados ($P>0,05$).

Zanesco et al. (2017) avaliaram o transporte, centralização e aumento do volume do canal após a instrumentação de canais méso-vestibulares de molares superiores, 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), os últimos instrumentos utilizados para o preparo foram #25, X2 (#25/.06) e R25 (#25/.08), respectivamente. As imagens em micro-TC foram avaliadas em 1, 4 e 7 mm do forame apical. Na avaliação com radiografia digital, projeções méso-distais e vestibulo-palatinas antes e após o preparo foram realizadas e sobrepostas para avaliar transporte a 1 mm do ápice. O transporte, a centralização e o volume foram estatisticamente similares nos 3 grupos avaliados. Os resultados de transporte foram clinicamente irrelevantes, e o maior valor obtido foi 0,215 mm (grupo dos instrumentos manuais). A radiografia digital foi tão efetiva quando a micro-TC na análise do transporte em 1 mm, e pode ser considerada uma alternativa quando se avalia transporte apical.

Alovisi et al. (2018) avaliaram a diferença na geometria do preparo com o sistema WaveOne Gold Primary em raízes mesiais de molares inferiores, comparando 2 grupos: cavidades com acesso minimamente invasivo (CECs) e cavidades endodônticas conservadoras (TECs). Em relação ao transporte, concluíram que (TECs) apresentaram melhor preservação da anatomia original do canal, particularmente no nível apical. Atribuíram os resultados à ausência das interferências cervicais no grupo (TECs), o que possibilitou menos "pecking motions" para completar a instrumentação.

Diante do exposto, torna-se importante pesquisar a influência dos novos instrumentos de NiTi na manutenção da curvatura original do canal radicular, principalmente em canais radiculares curvos. Até o momento não existe na literatura trabalhos comparando transporte e centralização de WOG com outros sistemas, em dentes extraídos.

3 PROPOSIÇÕES

3.1 Geral

Comparar o preparo após o uso de sistemas de NiTi em canais radiculares curvos.

3.2 Específicos

- 3.2.1 Quantificar os detritos extruídos pelo forame apical durante o preparo de canais radiculares curvos com os instrumentos WOG, TFA e técnica manual;
- 3.2.2 Registrar o tempo utilizado com cada sistema no preparo dos canais radiculares na etapa de avaliação da extrusão (#25);
- 3.2.3 Comparar, através de microtomografias, transporte e centralização a 1, 4 e 7 milímetros do forame apical, após o preparo com os sistemas WOG e TFA (#25 e #35).

4 MANUSCRITO 1: VERSÃO EM INGLÊS

O artigo a seguir intitula-se “*Apically extruded debris in curved root canals using the WaveOne Gold reciprocating and Twisted File Adaptive systems*” e foi aceito em Abril de 2018 para publicação no Journal of Endodontics (fator de impacto 3,37 , Qualis A1, Área de Odontologia, CAPES).

D. Bojink¹, D. D. Costa¹, C. B. Hoppe¹, P. M. P. Kopper¹, F. S. Grecca¹

¹ Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil

Apically extruded debris in curved root canals using the WaveOne Gold reciprocating and Twisted File Adaptive systems

Abstract

Aim: To evaluate apical debris extrusion associated with different kinematics in curved root canals. **Methodology:** Forty-five extracted mandibular molars with root curvature angles ranging between 20° and 40° and curvature radii < 10 mm were randomly assigned to three groups (n = 15) according to the kinematics used for root canal preparation: reciprocating motion with the WaveOne Gold system, rotary/reciprocating motion with the Twisted File Adaptive system, and the manual technique. The debris apically extruded during preparation was collected into pre-weighed Eppendorf tubes. The tubes were then stored in an incubator at 70° C for 5 days. The extruded debris was quantified by subtracting the pre-instrumentation from the post-instrumentation weight of the Eppendorf tubes. The time required for each instrumentation procedure was recorded. Data were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey's post hoc tests ($\alpha = 0.05$). **Results:** The WaveOne Gold reciprocating single-file system was associated with less extrusion of debris compared with hand files ($P < 0.05$) or with the Twisted File Adaptive system ($P > 0.05$). The preparation time

required by hand files was significantly longer than that required by the other techniques ($P < 0.05$). **Conclusions:** Under the conditions of this study, all of the instrumentation systems caused apical debris extrusion to some degrees. The WaveOne Gold reciprocating system was associated with less debris extrusion in curved root canals compared with the manual technique and with the Twisted File Adaptive system, although the difference between WaveOne Gold and Twisted File Adaptive was not significant.

Key Words: Apical Extrusion. Root Canal Preparation. Twisted File. Reciprocating. WaveOne Gold.

Introduction

During the chemo-mechanical preparation of root canals, dentin chips, remnants of pulp tissue, and bacteria can be conveyed to the apical third of the canal and extruded into the peri-radicular tissues (1). This may cause postoperative pain, flare-ups and even failure of apical healing (2,3) adversely affecting the clinical outcome of endodontic treatment.

The introduction of nickel-titanium (NiTi) files, as well as the technological advances in the thermal treatment of alloys and in kinematics, has revolutionized root canal treatment (4). Although all preparation techniques produce some degree of apically extruded debris (5), the use of motor-driven instruments has been found to lead to less debris extrusion, compared with hand-file techniques (6). Reciprocating systems were designed with the purpose of simplifying root canal instrumentation by reducing the number of steps and files involved. The recently introduced WaveOne Gold (WOG) reciprocating system (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA) is a single-file system that applies a special thermal treatment to its instruments for improved physical properties ("Gold alloy technology"). According to the WOG manufacturer, the tip diameters, tapers, and cross-section (parallelogram with two cutting edges) of the instrument were modified to provide greater file flexibility, compared with that of the earlier WaveOne (WO) reciprocating system (7). The WOG Primary file is 50% more resistant to cyclic fatigue than the WO Primary file (8). According to Adigüzel & Capar (9), WOG instruments have proved more resistant to cyclic fatigue than WO

instruments, and have exhibited higher resistance to torsional stress and higher flexibility, compared with Twisted File Adaptive (TFA) instruments (SybronEndo, Orange, CA, USA) (10).

The TFA NiTi system combines continuous rotation and reciprocating motion. Whenever an increase in stress is detected on the file, the Elements Motor of the system modifies the motion from continuous to reciprocating, when the file is rotated up to 370° clockwise and 50° counterclockwise (11). This adaptive technology, coupled to the twisted file design that uses an R-phase treatment to increase flexibility, is designed to allow the file to adjust to intra-canal torsional forces, depending on the amount of pressure placed on the file (11,12).

To date, few studies have evaluated the apical extrusion of debris in curved canals with different kinematics (13, 14, 15). Furthermore, the extrusion of apical debris in molars can be influenced by the highly variable anatomy and degree of curvature of the root canals in these teeth, a feature that often increases the level of instrumentation difficulty (16, 17).

To the best of our knowledge, no study is available evaluating the influence of the WOG reciprocating system on the amount of apically extruded debris in curved canals. Thus, the aim of this *ex vivo* study was to compare the amount of apically extruded debris and instrumentation time associated with the use of the WOG reciprocating single-file system, the TFA rotary/reciprocating system, or hand files, in the instrumentation of curved root canals of mandibular molars.

Materials and Methods

Sample Selection

The study protocol was approved by the Institutional Research Ethics Committee, Federal University of Rio Grande do Sul (register no. 1.413.530) (**Anexos C e D**). Forty-five extracted human mandibular molars were collected and stored in physiological saline solution until use. Inclusion criteria were teeth with mature apices, without previous endodontic treatment, and with apical patency. Radiographs of each tooth were taken to select the root specimens, and their curvature angles were measured using an image analysis program (Adobe Photoshop CS3; Adobe Systems Incorporated, San Jose, CA, USA). Angles ranging between 20° and 40° (18) and radii

of curvature < 10 mm, according to the Schäfer et al. (19) method, were included in the study.

Root Canal Preparation

Standard access cavities were made using round diamond burs (#1014, KG Sorensen, Barueri, SP, Brazil) at high speed and under air-water spray cooling. After irrigation with distilled water, the cervical third of the canal was enlarged using an LA Axxess bur #35.06 (SybronEndo, Glendora, CA, USA) and a low-speed contra-angle handpiece. Apical patency of all the root canals was confirmed with a #10 K-file (Dentsply Tulsa Dental).

The specimens were mounted on a custom attachment and scanned in a micro-computed tomography (Micro-TC) system (SkyScan 1174 v.2; Bruker-microCT, Kontich, Belgium), using 90 kv, 112 μ A, and 12.8 μ m voxel size parameters. The images were 3D-reconstructed with CTan software, v. 1.4.32 (Bruker-microCT). The apical diameter of the foramen was selected, delimited using Adobe Photoshop CS3 software (Adobe Systems Incorporated), and measured, yielding a mean diameter value of 0.09 ± 0.05 mm. The specimens were randomly assigned (<http://www.random.org>) to 3 experimental groups (n = 15), according to foramen diameter and angle of curvature, as follows:

- **WOG group:** The WOG Primary file (#25.07) was coupled to an endodontic motor (VDW Silver, Munich, Germany) and set to operate in “WaveOne All” mode. The file was used with a slow, in-and-out pecking motion according to the manufacturer’s instructions. This protocol was repeated until the working length (WL) was reached by the WOG #25 file. The flutes of the instrument were cleaned after three pecks.
- **TFA group:** The instruments were coupled to the Elements Motor (SybronEndo, Glendora, CA, USA); file #25.08 was used to prepare the cervical third; file #25.06 was used up to 2 mm short of the WL, and files #20.04, #25.06 and #25.08 were used up to the WL.
- **MT group:** Instrumentation was performed with Flexofile hand files (Dentsply Maillefer) using the crown-down technique. The coronal third of each canal were prepared using LA Axxess bur #35.06 (SybronEndo, Glendora, CA, USA). Manual instrumentation started with instrument sizes 50, 45, 40, 35,

30, and 25 up to the working length using the balanced-force movement. Apical stop preparations were performed with file #25.02.

The WL was determined by introducing a #10 K-file (Dentsply Tulsa Dental) into the canal until visible at the major diameter of the apical foramen, and then subtracting 1 mm from this measurement. Patency of the canal was checked by taking a #10 K-file to the WL. The root canals were irrigated with a total volume of 10 mL of distilled water using a syringe and a 29-gauge side-vented NaviTip irrigation needle (Ultradent, South Jordan, UT, USA) during canal preparation. Each instrument was used to prepare only one canal, and a single operator performed all the procedures.

Debris Assessment

The method used for the collection of apically extruded debris during chemo-mechanical preparation was adapted from a previous study (20). The Eppendorf tube stoppers were separated from the tubes, and their initial weight was determined in a 10^{-5} g precision analytical balance (Sartorius, Göttingen, Germany). Three consecutive weights were obtained for each tube, and their mean value was calculated. Each tooth was inserted into the Eppendorf tube stoppers up to the cemento-enamel junction. A 27-G needle was placed alongside the stopper to equalize the internal and external pressures (**Anexo E**).

After instrumentation was completed, the stopper, needle and tooth were separated from the Eppendorf tube, and the debris adhered to the root surface was collected by washing the root with 1 mL of distilled water while in the tube. The tubes were stored in an incubator at 70°C for 5 days to allow the distilled water to evaporate (21). The Eppendorf tubes containing the extruded debris were then weighed again in the same way to obtain the final mean weights of the tubes. Each tube was weighed in triplicate, and its mean weight value was calculated. The amount of extruded debris was calculated by subtracting the weight of the empty Eppendorf tube from the final weight of the assembly. An examiner blinded to all the experimental groups performed all weight measurements.

Preparation Time

The time elapsed during canal preparation was recorded using a digital timer (SportLine, Elmsford, NY, USA), and included the total active instrumentation, instrument changes within the sequence and irrigation procedures.

Statistical Analyses

The amount of extruded debris and the preparation time periods were statistically analyzed using SPSS software (IBM SPSS, Chicago, IL, USA). The ANOVA and *post-hoc* Tukey tests were used in the analyses. The significance level adopted was 5%.

Results

The WOG reciprocating single-file system was associated with less extrusion of debris compared with the hand files ($P = 0.036$) and with the TFA system (**Table 1**), although the difference between the WOG and TFA systems was not significant ($P = 0.059$). The time required to complete manual instrumentation was significantly longer than that required by the other techniques ($P < 0.05$). There was no significant difference between the WOG and TFA systems with respect to the time required for preparation ($P > 0.05$) (**Table 2**).

Table 1. Mean and standard deviation (SD) values for the amount of apically extruded debris in each study group (in milligrams).

Group	Mean	SD
WOG	9.69 ^A	0.76
TFA	10.46 ^{AB}	0.96
MT	10.53 ^B	0.93

WOG: WaveOne Gold system; TFA: Twisted File Adaptive system; MT: manual technique. Values for the groups marked with different letters were significantly different ($p = 0.036$).

Table 2. Mean and standard deviation (SD) values for the preparation time in each study group (in seconds).

Group	Mean	SD
WOG	75 ^A	13
TFA	95 ^A	49
MT	160 ^B	10

WOG: WaveOne Gold system; TFA: Twisted File Adaptive system; MT: manual technique. Values for the groups marked with different letters were significantly different ($P < 0.05$).

Discussion

The apical extrusion of debris during chemo-mechanical preparation has been reported in the literature; however, many factors affect the amount of debris extruded, such as preparation technique, kinematics, and the number, design and size of the instruments used in each system (22). A reduction in debris extrusion is desirable to help reduce postoperative pain following root canal treatment (5).

The majority of studies found in the literature have used single-rooted teeth with relatively straight root canals. Nevertheless, high anatomical variability and differences in root canal curvature have been reported to influence the effectiveness of several NiTi engine-driven systems (5). The use of mesial roots of mandibular molars in this study represents an approximation of a laboratory experiment to the actual challenge faced by clinicians (14).

The results indicate that apical extrusion of debris occurred in all the instrumentation systems tested. However, the WOG reciprocating single-file system produced less debris extrusion than the hand files and TFA, but with no statistically significant difference in relation to the latter. It is well documented that hand files extrude more debris than reciprocating single-file or rotary systems (13, 23).

These results confirm those found by Üstun et al. (22) and De Deus et al. (13) for reciprocating systems, who attributed this advantage to the balanced force and pressureless mechanics provided by these systems. Moreover, the parallelogram-shaped design of the cross-section of the WOG instrument, with cutting edges, alternate one-point contact and improved alloy (M-Wire Gold) could also be linked to a low level of debris extrusion (24).

In contrast, some results appear to confirm the hypothesis that faster mechanical preparations, with a reduced number of instruments, tend to force more debris through the apex. Bürklein & Schäfer (25) concluded that rotary motion was associated with less debris extrusion, compared with a reciprocating single-file system. Corroborating this conclusion, Karatas et al. (11) assessed the amount of debris extrusion using the TFA system with different kinematics, and reported that rotary motion was associated with less debris extrusion than reciprocating motion. On the other hand, Koçak et al. (21) found no difference between the reciprocating and the rotary motions.

The adaptive motion concept is based on the differential stress endured by the file during instrumentation, which may depend on root canal anatomy and curvature (11). Taking this into account, special care was taken to compose groups that were as balanced as possible in terms of angle and radius of root curvature. During the instrumentation of specimens with TFA files, there was a predominance of continuous rotation, even with root angles ranging between 20° and 40° and curvature radii < 10 mm. Nevertheless, instrumentation with TFA files proved more difficult in reaching the WL in curved root canals, compared with the other instruments. This may be attributed to their lower flexibility and different cross-section, compared to WOG (10). These findings are confirmed by observing the greater standard deviation values found for TFA in the preparation time assessment.

In addition to setting a limited range for root canal curvature during specimen selection in an attempt to reduce variation, further measures were taken to ensure a reliable, non-biased comparison of the study groups. The apical diameter was standardized at ISO #25 to prevent variation in the amount of debris extruded. When sodium hypochlorite is used as an irrigating solution, sodium crystals cannot be separated from the debris and may change the results; for this reason, bi-distilled water was used (5). Moreover, the apical foramen areas were measured to further reduce bias. Previous studies did not standardize the apical foramen size, which could explain the different results concerning apical debris extrusion (26, 27). According to Tanalp & Güngör (5), standardization of the apical foramen size is an important issue and should be considered.

The instrumentation time required by the reciprocating single-file and adaptive motion systems for root canal preparation was shorter than that required by hand files. Therefore, different kinematics and a reduced number of instruments seem to have

influenced the extrusion of debris favorably, thus supporting the concept of single-file preparation as beneficial to use in clinical practice.

Nonetheless, although reducing the amount of debris extruded to the periapical region is a goal sought by clinicians and manufacturers alike, the performance increment made by each individual development in technique or instrument design and properties may not have the expected clinical impact, particularly considering that the balance between microbial aggression and host defences may be the predominant factor involved (3). However, the search for improved instruments and protocols—along with the research necessary to verify it—is a continuing endeavor that should be encouraged.

Conclusions

Under the conditions of this study, all the techniques tested caused apical debris extrusion to some degrees. The WaveOne Gold reciprocating system was associated with less debris extrusion in curved root canals compared with the manual technique and with the Twisted File Adaptive system, although the difference between WaveOne Gold and Twisted File Adaptive was not significant.

Acknowledgements

The authors deny any conflict of interests related to this study.

References

1. Kirchhoff AL, Fariniuk LF, Mello I. Apical extrusion of debris in flat-oval root canals after using different instrumentation systems. *J Endod.* 2015;41:237-41.
2. Seltzer S, Naidorf IJ. Flare-ups in endodontics: I. Etiological factors. *J Endod.* 1985;11:472-8.
3. Siqueira JF Jr. Microbial causes of endodontic flare-ups. *Int Endod J.* 2003;36:453-63.

4. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod*. 2013;39:163-72.
5. Tanalp J, Güngör T. Apical extrusion of debris: a literature review of an inherent occurrence during root canal treatment. *Int Endod J*. 2014;47:211-21.
6. Ferraz CC, Gomes NV, Gomes BP, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Apical extrusion of debris and irrigants using two hand and three engine-driven instrumentation techniques. *Int Endod J*. 2001;34:354-8.
7. RUDDLE CJ. Single-file shaping technique: achieving a gold medal result [Internet]. *Dentistry Today*, Jan. 2016. Disponível em: <http://www.endoruddle.com/tc2pdfs/201/WaveOneGold_Jan2016.pdf>. Acesso em: 31 Jan. 2018.]
8. Webber J. Shaping canals with confidence: WaveOne Gold single-file reciprocating system. *Roots International Magazine of Endodontology* 2015;1:34-40.
9. Adigüzel M, Çapar ID. Comparison of cyclic fatigue resistance of WaveOne and WaveOne Gold Small, Primary, and Large instruments. *J Endod* 2017;43:623-7.
10. Elsaka SE, Elnaghy AM, Badr AE. Torsional and bending resistance of WaveOne Gold, Reciproc and Twisted File Adaptive instruments. *Int Endod J* 2017;50:1077-83.
11. Karataş E, Arslan H, Kirici DÖ, Alsancak M, Çapar ID. Quantitative evaluation of apically extruded debris with Twisted File Adaptive instruments in straight root canals: reciprocation with different angles, adaptive motion and continuous rotation. *Int Endod J*. 2016;49:382-5.
12. Gambarini G, Testarelli L, De Luca M, et al. The influence of three different instrumentation techniques on the incidence of postoperative pain after endodontic treatment. *Ann Stomatol (Roma)* 2013;4:152–5.
13. De-Deus G, Neves E, Silva EJ, et al. Apically extruded dentin debris by reciprocating single-file and multi-file rotary system. *Clin Oral Inv* 2015;19:357-61.
14. Topçuoğlu HS, Düzgün S, Akpek F, Topçuoğlu G, Aktı A. Influence of a glide path on apical extrusion of debris during preparation using single-file systems in curved canals. *Int Endod J* 2016;49:599-603.
15. Koçak MM, Çiçek E, Koçak S, Sağlam BC, Furuncuoğlu F. Comparison of Protaper Next and Hyflex instruments on apical debris extrusion in curved canals. *Int Endod J* 2016;49:996-1000.

16. Berutti E, Fedon G. Thickness of cementum/dentin in mesial roots of mandibular first molars. *J Endod* 1992;18:545-8.
17. Saber SE, Nagy MM, Schäfer E. Comparative evaluation of the shaping ability of WaveOne, Reciproc and OneShape single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J* 2015;48:109-14.
18. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg, Oral Med, and Oral Pathol* 1971;32:271-5.
19. Schäfer E, Diez C, Hoppe W, Tepel J. Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. *J Endod* 2002;28:211-6.
20. Myers GL, Montgomery S. A comparison of weights of debris extruded apically by conventional filling and Canal Master techniques. *J Endod* 1991;17:275-9.
21. Koçak S, Koçak MM, Sağlam BC, Türker SA, Sağsen B, Er Ö. Apical extrusion of debris using self-adjusting file, reciprocating single-file, and 2 rotary instrumentation systems. *J Endod* 2013;39:1278-80.
22. Üstün Y, Çanakçı BC, Dinçer AN, Er O, Düzgün S. Evaluation of apically extruded debris associated with several Ni–Ti systems. *Int Endod J* 2015;48:701-4.
23. Toyoğlu M, Altunbaş D. Influence of Different Kinematics on Apical Extrusion of Irrigant and Debris during Canal Preparation Using K3XF Instruments. *J Endod* 2017;43:1565-68.
24. Özyürek T. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc, WaveOne and WaveOne Gold Nickel-Titanium Instruments. *J Endod* 2016;42:1536-9.
25. Bürklein S, Schäfer E. Apically extruded debris with reciprocating single-file and full-sequence rotary instrumentation systems. *J Endod* 2012;38:850-2.
26. Arslan H, Doğanay E, Alsancak M, Çapar ID, Karataş E, Gündüz HA. Comparison of apically extruded debris after root canal instrumentation using Reciproc (®) instruments with various kinematics. *Int Endod J* 2016;49:307-10.
27. Capar ID, Arslan H, Akcay M, Ertas H. An in vitro comparison of apically extruded debris and instrumentation times with Protaper Universal, Protaper Next, Twisted File Adaptive, and Hyflex instruments. *J Endod* 2014;40:1638-41.

5 MANUSCRITO 2: VERSÃO EM INGLÊS

O artigo a seguir intitula-se “*Root canal transportation, centering ability: a comparative evaluation with WaveOne Gold and Twisted File in curved root canals*” e será submetido para o Journal of Endodontics (fator de impacto 3,37, Qualis A1, Área de Odontologia, CAPES).

D. Boijink¹, D. D. Costa¹, C. B. Hoppe¹, P. M. P. Kopper¹, F. S. Grecca¹

¹ Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil

Root canal transportation and centering ability of WaveOne Gold and Twisted File systems in curved root canals

Abstract

Introduction: The aim of this study was to compare root canal transportation (RCT) and the centering ratio (CR) associated with different kinematics and apical diameters in curved root canals. **Methods:** Thirty extracted mandibular molars with root curvature angles ranging between 20° and 40° and curvature radii < 10 mm were randomly assigned to 2 groups (n=15) according to the kinematics used for root canal preparation: reciprocating motion with the WaveOne Gold system (WOG) and rotary/reciprocating motion with the Twisted File Adaptive (TFA) system. Micro-CT imaging was used to measure RCT and CR at 1, 4 and 7mm from the apex, before and after instrumentation with TFA (#25 .08 and #35 .06) and WOG (#25 .07 and #35 .06). Data were analyzed using the Mann Whitney and Wilcoxon nonparametric test (5%). **Results:** No significant differences were found between WOG and TFA regarding CR for all levels when used #25 or #35 apical size preparation (P>0.05). For RCT significant differences were found between TFA and WOG at 1 mm and 7 mm with diameter apical #25 and #35. (P<0.05). Statistically different for the TFA in 4 mm

was observed when the apical diameters # 25 and # 35 was evaluated in the same system ($P < 0.05$). **Conclusions:** Both reciprocating and rotary/reciprocating motion (TFA and WOG) can be used in curved root canals with safety with #25 or #35 apical diameters.

Keywords: Root Canal Transportation. Twisted Files. WaveOne Gold. Shaping Ability.

Introduction

The greatest challenge for the current endodontic is to find an instrumentation system capable of cleaning and efficiently shaping the root canal, preserving it the original shape and keep it centralized.

In curved canals, root canal preparation becomes more difficult because there is a tendency for all systems to deviate the prepared canal away from its original axis (1). The Flexibility of NiTi rotary instruments is an important property because it anticipates the performance and mechanical behavior of endodontic instruments whilst preparing curved canals (2). In this way, these instruments may reduce procedural errors as root canal transportation.

As a result of this asymmetrical removal of dentin during shaping, the long axis of the curved root canal is displaced and the angle of curvature decreases, resulting in straightening of the original curvature of the root canal. This can result in inadequate cleaning with the probability of persistent apical periodontitis (3).

Recently, WaveOne Gold (WOG, Dentsply Maillefer) system has been introduced. WOG files have a modified cross-section, size, and geometry compared with those of WaveOne files (4) (WO, Dentsply Maillefer). WOG is formed by a gold heat-treatment process after manufacture, contrary to the premanufacturing heat treatment of M-Wire technology (5) This new technology improves the properties of WOG systems making it more resistant to cyclic fatigue than WO systems (4).

Other progress in the production of NiTi instruments is Twisted File Adaptive (TFA, SybronEndo, Orange, CA, USA). Its design features, namely R-phase heat treatment, twisting of the metal and special surface conditioning, have been reported to significantly increase its resistance to flexural fatigue, strength and flexibility (6) and thus minimizing transportation even in severely curved root canals (7). When there is

a slight or no enforced load, the instrument works in continuous rotation. On the other hand, when a load is applied, it modifies a reciprocating motion (8).

Some studies evaluate root canal transportation and centering ability with TFA (9-11). However, no study compared the shaping ability between WOG and TFA systems in curved root canals. Hence, the aim of this study was to assess the root canal transportation (RCT) and the centering ratio (CR) after instrumentation with WOG and TFA using micro-computed tomography (micro-CT).

Materials and Methods

Sample Selection

The study protocol was approved by the Institutional Research Ethical Committee; Federal University of Rio Grande do Sul (number 1.413.530).

Thirty extracted human mandibular molars were collected and stored in physiological saline solution until use, only buccal-mesial canals were used. The inclusion criteria was roots with mature apices, without previous endodontic treatment and apical patency. In order to select the roots, radiographs of each tooth were taken and the angle of curvature were measured using an image analysis program Adobe Photoshop CS3 software (Adobe Systems Incorporated, San Jose, CA, USA). Angles ranging between 20° and 40° (SCHNEIDER, 1971) (12) and radii of curvature $< 10\text{mm}$, according to the Schäfer (13) method, were included in the study.

Root Canal Preparation

Standard access cavities were made using round diamond burs (#1014, KG Sorensen, Barueri, SP, Brazil) at high-speed and under air-water spray cooling. After irrigation with distilled water, the cervical third of the canal was enlarged using LA Axxess bur #35.06 (SybronEndo, Glendora, CA, USA) and a low-speed contra-angle handpiece. Apical patency of all root canals was confirmed with a #10 K-file (Dentsply Tulsa Dental).

The specimens were fixed in a silicone impression material and scanned in a Micro-TC system (SkyScan 1174 v.2; Bruker-microCT, Kontich, Belgium), using 90-kV, 112- μA , and 12.8- μm voxel size parameters. The images were 3D-reconstructed with CTan software, version 1.4.32 (Bruker-microCT).

The apical images were selected and transported to Adobe Photoshop CS3 software (Adobe Systems Incorporated, San Jose, CA, USA) where the apical diameter of the foramen was delimited and measured. Samples with foramen diameters between 0.09 ± 0.05 mm were included in the study. The specimens were randomly assigned (<http://www.random.org>) to 2 experimental groups ($n = 15$), according to foramen diameter and angle of curvature.

The specimens were prepared as follows:

The working length was determined by introducing a #10 K-file (Dentsply Tulsa Dental) into the canal until it could be visible at the major diameter of the apical foramen and then subtracting 1 mm from this measurement. Patency of the canal was checked by taking a size 10 k-file to the WL. The root canals were irrigated with a total volume of 10 mL of distilled water using a syringe and a 29-gauge side-vented Navitip irrigation needle (Ultradent, South Jordan, UT, USA) during canal preparation.

- **WOG group:** The WOG Primary file (#25.07) was coupled to an endodontic motor (VDW Silver, Munich, Germany) and set to operate in 'WaveOne All' mode. The WOG file was used with a slow, in-and-out pecking motion according to the manufacturer's instructions. This protocol was repeated until the WL was reached by the WOG size 25 file and then, size 35. The flutes of the instrument were cleaned after three pecks.
- **TFA group:** The instruments were coupled to the Elements Motor (SybronEndo, Glendora, CA, USA); file #25.08 was used to prepare the cervical third; file #25.06 was used up to 2 mm short of the WL, and files #20.04, #25.06 and #25.08 were used up to the WL and then size 35.

Each instrument was used to prepare only one canal, and a single operator performed all procedures.

Root canal transportation (RCT)

For root canal transportation measurements, axial sections pre- and post-instrumentation with TFA (25 .08 and 35 .06) and WOG (25 .07 and 35 .06) were evaluated at 1, 4 and 7mm from the root apex (11). Canal transportation was calculated in millimeters using the formula $([X1-X2] - [Y1-Y2])$ as described by Gambill et al. (14) where X1 is the shortest distance between the mesial portions of the root and uninstrumented canal, X2 is the shortest distance between the mesial portions of the root and instrumented canal, Y1 is the shortest distance between the distal portions of the root and uninstrumented canal and Y2 is the shortest distance between the distal portions of the root and instrumented canal. According to this formula, a result of "0" indicates no canal transportation. A result other than "0" means that transportation had occurred (**Anexo F**).

Centering Ratio (CR)

The mean centering ratio indicates the ability of the instrument to stay centered in the canal. This ratio was calculated for each cross section at 1, 4 and 7 mm from the apex, pre- and post- instrumentation with apical size # 25 and #35. This ratio was calculated for each section using the following ratio:

$$([X1 -X2] / [Y1 -Y2]) \text{ or } ([Y1 -Y2] / [X1 -X2])$$

According to this formula, a result of '1' indicates perfect centering. If these numbers are not equal, the above figure is considered as the numerator of the ratio.

Data Analyses

The data regarding RCT and CR were analyzed using the Mann Whitney and Wilcoxon nonparametric test. The level of statistical significance was set at 5%. Statistical analysis was performed using SPSS 21 (IBM SPSS INC, Chicago, IL) software.

Results

Centering Ratio (CR)

No significant differences were found between WOG and TFA regarding CR for all levels when used #25 or #35 apical size preparation ($P>0.05$).

Root canal transportation (RCT)

For RCT, a significant difference was found between TFA and WOG at 1 mm and 7 mm with diameter apical #25 and #35. ($P<0.05$).

Difference in canal transportation was observed in 4 mm when canals were prepared with TFA up to # 25 and # 35 instruments ($P<0.05$).

Table 1. Root canal transportation (mm) and Centering ratio (mm) at 1, 4 and 7 mm with apical diameters #25 and #35.

		#25		#35	
		TFA	WOG	TFA	WOG
1 mm	RCT	-0.02 ± 0.04^{Aa}	0.20 ± 0.41^{Ba}	-0.06 ± 0.08^{Aa}	0.01 ± 0.06^{Ba}
	CR	0.76 ± 0.41^{Aa}	0.91 ± 0.26^{Aa}	0.76 ± 0.36^{Aa}	0.98 ± 0.38^{Aa}
4 mm	RCT	0.02 ± 0.07^{Aa}	0.00 ± 0.07^{Aa}	0.00 ± 0.07^{Ab}	0.00 ± 0.07^{Aa}
	CR	0.53 ± 0.51^{Aa}	0.83 ± 0.36^{Aa}	0.70 ± 0.45^{Aa}	0.82 ± 0.32^{Aa}
7 mm	RCT	-0.04 ± 0.09^{Aa}	-0.12 ± 0.11^{Ba}	0.00 ± 0.12^{Aa}	-0.15 ± 0.16^{Ba}
	CR	0.61 ± 0.60^{Aa}	0.53 ± 0.40^{Aa}	0.76 ± 0.56^{Aa}	0.58 ± 0.37^{Aa}

Different capital letters mean a statistical difference between TFA and WOG systems in each diameter (#25 or 35) for each millimeter evaluated.

Different lowercase letters mean a statistical difference between diameters 25 and 35 in the same system for each millimeter evaluated.

Discussion

According to Wu et al. (13), root canal transportation higher than 0.3 mm reduces the quality of the apical seal, and may affect the clinical outcome. The results obtained in the present study reported that none of the systems exceeded the above-mentioned transport values at all tested levels. Therefore, both reciprocating and rotary/reciprocating motion, WOG and TFA respectively, can be used in the clinical

practice with safety. For centering ability, all of the groups tested were able to maintain the instruments centralized within the root canals. This result could be related to an improvement of the NiTi alloys and, for consequence higher flexibility of the files (16).

Regarding TCR, similar results were found for Alves et al. 2015 (17) and Gergi et al. 2015 (18) that evaluated Reciproc, WaveOne, and TFA in mesial curved canals of mandibular molars. Moreover, Junaid et al 2014 (19) compared WaveOne and TFA and Silva et al. (2017) (20) ProTaper Next and TFA in similar samples obtained similar results. They concluded that TFA system maintained the original canal anatomy with less canal transportation when compared with the reciprocating groups, with an apical diameter of #25.

Although the results were not statistically different, it is important to note that WOG promoted canal transportation toward the curvature. It can be attributed to the mechanical properties of the endodontic instruments. WOG was modified from Wave One and present cross-section with parallelogram structure and 2 cutting edges and the alteration of an alloy from M-Wire to GOLD alloy, based on heating the file and then slowly cooling it, rather than the M-Wire technology involving heat treatment before the production in order to make the file more flexible(4). In addition, WOG files have modified tapers, in the first 3 apical millimeters the taper is constant and after the taper becomes decreasing until the coronal third.

Increasing the diameter in the apical preparation (1mm from the apical foramen) from #25 to #35 did not influence the apical transport. The apical width of preparation can be an important aspect of the treatment of infected root canals. Taken into account, studies have revealed that an increase in the apical preparation size significantly enhanced root canal disinfection. Rodrigues et al. 2017 (16) evaluated, in a clinical study, the influence of the apical preparation size using TFA system and the effect on bacterial reduction in root canal treated teeth with apical periodontitis. Bacteriological samples were taken before preparation and after different apical sizes. Apical enlargement caused a significantly decrease in bacterial counts.

Plotino et al. 2004 (21), compare the influence of the apical preparation on the cleanliness with Mtwo system, concluded that cleanliness of the apical third in terms of debris and smear layer was statistically better when an apical preparation was performed to a size 40.04 taper when compared with #25.06. In addition, Khademi et al. 2006 (22) analyzed debris from the apical third of the root canals, concluded that

the minimum instrumentation size needed for penetration of irrigants to the apical third of the root canal was a #30 file.

Some studies have evaluated shaping abilities using artificial canals (23, 24). However, resin blocks could not represent the anatomic variability of the root canal system (25). This study utilized extracted teeth with curved root canals that increase the level of instrumentation difficulty (26). Meanwhile, it is very difficult to maintain standardization because of the anatomic variations of the teeth (27). For this reason, were selected molars with root curvature angles ranging between 20° and 40° and curvature radii < 10 mm. Moreover, the apical foramen areas were measured by Micro-TC to further reduce bias (28).

There are no reports available in the literature that described the shaping ability of WOG compared with TFA in curved canals. The use of single-file presents advantages in practice clinical such as reduced preparation time, reduce instrument fatigue (29). This technical feature presents advantages over multiple instruments.

Conclusions

No differences were found between WOG and TFA regarding CR. For RCT, a difference was found between TFA and WOG at 1 mm and 7 mm to #25 and #35. Nevertheless, both reciprocating and rotary/reciprocating motion (TFA and WOG) can be used in curved root canals with safety with #25 or 35 apical diameters.

Acknowledgments

The authors deny any of interest related to this study.

References

1. Gergi R, Arbab-Chinari R, Osta N, Naaman A. Micro-computed tomographic evaluation of canal transportation instrumented by different kinematics Rotary nickel titanium instruments. *J Endod.* 2014; 40:1223-7.
2. Lopes HP, Gambarra-Soares T, Elias CN et al. Comparison of the mechanical properties of rotary instruments made of conventional nickel-titanium wire, M-wire, or nickel-titanium alloy in R-phase. *J Endod.* 2013;39:516-20.
3. Schäfer E, Dammaschke T. Development and sequelae of canal transportation. *Endod Topics.* 2009; 15:75-90.
4. Adigüzel M, Capar ID. Comparison of cyclic fatigue resistance of WaveOne and WaveOne Gold Small, Primary, and Large instruments. *J Endod.* 2017; 43:623-7.
5. Özyürek T. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc, WaveOne and WaveOne Gold Nickel-Titanium Instruments. *J Endod.* 2016; 42:1536-9.
6. Gambarini G, Gergi R, Naaman A, Osta N, Al Sudani D. Cyclic fatigue of twisted file Rotary NiTi instruments used in reciprocating motion. *Int Endod J.* 2012a; 45:802-6.
7. Gergi R, Rjeily JA, Sader J, et al. Comparison of canal transportation and centering ability of twisted files, Pathfile-ProTaper system, and stainless steel hand K-files by using computed tomography. *J Endod.* 2010; 36:904–7.
8. Karataş E, Arslan H, Kirici DÖ, Alsancak M, Çapar ID. Quantitative evaluation of apically extruded debris with Twisted File Adaptive instruments in straight root canals: reciprocation with different angles, adaptive motion and continuous rotation. *Int Endod J.* 2016; 49:382-5.
9. Gergi R et al. Effects of three níquel-titanium instrument systems on root canal geometry assessed by micro-computed tomography. *Int. Endod. J.* v. 48, n. 2, p. 162-170, Feb. 2015. doi: 10.1111/iej.12296
10. Pedullà, E. et al. Shaping ability of two nickel titanium instruments activated by continuous rotation or adaptive motion: a micro-computed tomography study. *Clin. Oral Investig.* v. 20, n. 8, p. 2227-2233, Nov. 2016.
11. Silva, E. J. N. 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

12. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology* 1971; 32:271-5.
13. Schäfer E, Diez C, Hoppe W, Tepel J. Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. *J Endod.* 2002; 28:211-6.
14. Gambill JM, Alder M, del Rio CE. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod.* 1996; 22:369-75.
15. 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.* 2000;26:210-6.
16. Rodrigues RCV, Zandi H, Kristoffersen AK, et al. Influence of the Apical Preparation Size and the Irrigant Type on Bacterial Reduction in Root Canal-treated Teeth with Apical Periodontitis. *J Endod.* 2017; 43:1058-63.
17. Marceliano-Alves MFV, Sousa-Neto MD, Fidel SR et al. Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated multfile rotary systems: a Micro-TC study. *Int Endod J.* 2015; 48: 1129-36.
18. Gergi R, Osta N, Bourbouze G, et al. Effects of three nickel titanium instrument systems on root canal geometry assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J.* 2015; 48:162-70.
19. Junaid A, Freire LG, Bueno CES et al. Influence of Single-file Endodontics on Apical Transportation in Curved Root Canals: An Ex vivo Micro-Computed Tomographic Study. *J Endod.* 2014; 40:717-720.
20. Silva EJNL, Pacheco PT, Pires F et al. Microcomputed tomographic evaluation of canal transportation and centring ability of ProTaper Next and Twisted File Adaptive systems. *Int Endod J.* 2017;50:694-99.
21. Plotino G, Grande N, Tocci L et al. Influence of Different Apical Preparations on Root Canal Cleanliness in Human Molars: a SEM Study. *J Oral & Maxillofac Res.* 2014;5:1-8.
22. Khademi A, Yazdizadeh M, Feizianfard M. Determination of the Minimum Instrumentation Size for Penetration of Irrigants to the Apical Third of Root Canal Systems. *J Endod.* 2006;32:417-20.
23. Zhang L, MD, Luo H, Zhou X et al. The Shaping Effect of the Combination of Two Rotary Nickel-Titanium Instruments in Simulated S-Shaped Canals. *J Endod.* 2008; 34:456-8.

24. Özyürek, T, Yılmaz, K, Uslu, G. Shaping Ability of Reciproc, WaveOne GOLD, and HyFlex EDM Single-file Systems in Simulated S-shaped Canals. *J Endod.* 2017; 43:805-9.
25. Ahn, SY, Kim, HC, Kim, E. Kinematic Effects of Nickel-Titanium Instruments with Reciprocating or Continuous Rotation Motion: A Systematic Review of In Vitro Studies. *J Endod.* 2016; 42:1009-1017.
26. Berutti E, Fedon G. Thickness of cementum/dentin in mesial roots of mandibular first molars. *J Endod.* 1992;18:545-8.
27. Peters OA. Current Challenges and Concepts in the Preparation of Root Canal Systems: A Review. *J Endod.* 2004; 30:559-67.
28. Tanalp J, Güngör T. Apical extrusion of debris: a literature review of an inherent occurrence during root canal treatment. *Int Endod J.* 2014; 47:211-21.
29. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J.* 2008; 41:339-44.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A extrusão de debris é um fator indesejável, pois pode induzir à inflamação, dor pós-operatória e atraso do reparo periapical. Entretanto, a relevância clínica da extrusão depende de alguns fatores, como virulência dos microrganismos e defesas do hospedeiro. A metodologia para avaliar extrusão de debris apresenta inúmeras variáveis e diversos pontos críticos, justificando a existência de resultados conflitantes na literatura. Todas as técnicas de preparo avaliadas promoveram extrusão de debris apical em diferentes níveis.

Durante a etapa de preparo do canal radicular é importante manter a forma original do canal, pois o transporte e a falta de centralização podem dificultar o preparo e conseqüentemente, o processo de desinfecção, enquanto outras áreas podem ser excessivamente desgastadas, podendo comprometer o resultado da terapia endodôntica. O objetivo do preparo químico-mecânico é promover limpeza, desinfecção e modelagem do sistema de canais radiculares, e para tal é necessário um alargamento apical que seja compatível com a anatomia. Modelar o canal aumenta a efetividade dos irrigantes e medicamentos, e otimiza o processo de obturação.

Utilizando os atuais sistemas de NiTi é possível realizar um preparo adequado, mantendo a forma original do canal radicular, sem causar desvios iatrogênicos que possam afetar o resultado clínico do tratamento endodôntico. Isso é resultado do avanço tecnológico no tratamento térmico das ligas e da melhora nas propriedades dos instrumentos (design, secção transversal).

Os 2 sistemas testados nesse estudo tiveram um bom desempenho em relação à centralização e transporte do canal radicular. Todavia, cumpre ressaltar que a seleção do sistema pode ser determinada de acordo com a preferência do operador, baseada em alguns fatores, como tempo de preparo, redução do número de instrumentos e diminuição da contaminação cruzada.

7 CONCLUSÕES

Com base na metodologia e nos resultados obtidos, pode-se inferir que:

- Todos os instrumentos avaliados causaram extrusão apical de debris; o sistema WaveOne Gold foi associado com menor extrusão de debris em canais radiculares curvos, comparado ao sistema Twisted File Adaptive, embora, a diferença entre eles não tenha sido significativa.
- O tempo de preparo exigido pela técnica manual foi superior ao dos sistemas WOG e TFA.
- Não foram encontradas diferenças significantes em relação à centralização, comparando os 2 sistemas avaliados, e em todos os níveis (1, 4 e 7 mm).
- Os baixos valores de TCR encontrados nesse estudo (abaixo de 0,3 mm), evidenciam que todos os sistemas testados são seguros para serem usados na prática clínica.
- O aumento do diâmetro apical do preparo (distância de 1mm aquém do forame apical) de #25 para #35, não influenciou o transporte apical com TFA e WOG.

REFERÊNCIAS

- ABOU-RASS, M.; FRANK, A. L.; GLICK, D. H. The anticurvature filling method to prepare the curved root canal. **J. Am. Dent. Assoc.** v. 101, n. 5, p. 792-294, nov. 1980.
- ADIGÜZEL, M.; CAPAR, I. D. Comparison of cyclic fatigue resistance of WaveOne and WaveOne Gold Small, Primary, and Large instruments. **J. Endod.** v. 43, n. 4, p. 623-627, Apr. 2017. doi: 10.1016/j.joen.2016.11.021
- AHN, S. Y.; KIM, H. C.; KIM, E. Kinematic effects of nickel-titanium instruments with reciprocating or continuous rotation motion: a systematic review of in vitro studies. **J. Endod.** v. 42, n. 7, p. 1009-1017, Jul. 2016. doi: 10.1016/j.joen.2016.04.002
- ALOVISI, M. et al. Influence of contracted endodontic access on root canal geometry: an in vitro study. **J. Endod.** v. 44, n. 4, p. 614-620, Apr. 2018. doi: 10.1016/j.joen.2017.11.010
- 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.
- 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.
- BAUMANN, M. A. Nickel-titanium: options and challenges. **Dent. Clin. North. Am.** v. 48, n. 1, p. 55-67, Jan. 2004.
- BERUTTI, E.; FEDON, G. Thickness of cementum/dentin in mesial roots of mandibular first molars. **J. Endod.** v. 18, n. 11, p. 545-548, Nov. 1992.
- BORGES, A. H. et al. The influence of cervical preflaring on the amount of apically extruded debris after root canal preparation using different instrumentation systems. **J. Endod.** v. 42, n. 3, p. 465-469, Mar. 2016. doi: 10.1016/j.joen.2015.10.010
- BUCHANAN, L. S. Management of the curved root canal. **J. Calif. Dent. Assoc.** v. 17, n. 4, p. 18-25, Apr. 1989.
- 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.
- _____. Quantitative evaluation of apically extruded debris with different single-file systems: reciproc, F360 and oneshape versus mtwo. **Int. Endod. J.** v. 47, n. 5, p.

405-409, May 2014. doi: 10.1111/iej.12161

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.

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, 2014a. doi: 10.1016/j.joen.2013.10.010.

CAPAR, I. D. et al. An in vitro comparison of apically extruded debris and instrumentation times with ProTaper Universal, ProTaper Next, Twisted File Adaptive, and HyFlex instruments. **J. Endod.** v. 40, n. 10, p. 1638-1641, Oct. 2014b. doi: 10.1016/j.joen.2014.04.004

CELIK, D.; TAŞDEMİR, T.; ER, K. Comparative study of 6 rotary nickel-titanium systems and hand instrumentation for root canal preparation in severely curved root canals of extracted teeth. **J. Endod.** v. 39, n. 2, p. 278-282, Feb. 2013. doi: 10.1016/j.joen.2012.11.015

DE-DEUS, G. et al. Apically extruded dentin debris by reciprocating single-file and multi-file rotary system. **Clin. Oral Investig.** v. 19, n. 2, p. 357-361, Mar. 2015. doi: 10.1007/s00784-014-1267-5

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

EL BATOUTY, K. M.; ELMALLAH, W. E. Comparison of canal transportation and changes in canal curvature of two nickel-titanium rotary instruments. **J. Endod.** v. 37, n. 9, p. 1290-1292, Sep. 2011. doi: 10.1016/j.joen.2011.05.024

ELSAKA, S. E.; ELNAGHY, A. M.; BADR, A. E. Torsional and bending resistance of WaveOne Gold, Reciproc and TwistedFile Adaptive instruments. **Int. Endod. J.** v. 50, n. 11, p. 1077-1083, Nov. 2017. doi: 10.1111/iej.12728

FARMAKIS, E. et al. Apical debris extrusion associated with oval shaped canals: a comparative study of WaveOne vs Self-Adjusting File. **Clin. Oral. Investig.** v. 20, n. 8, p. 2131-2138, Nov. 2016.

FERRAZ, C. C. et al. Apical extrusion of debris and irrigants using two hand and three engine-driven instrumentation techniques. **Int. Endod. J.** v. 34, n. 5, p. 354-358.

FREIRE, L. G. et al. Microscopic computerized tomographic evaluation of root canal transportation prepared with twisted or ground nickel-titanium rotary instruments.

Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol., Oral Radiol. Endod. v. 112, p. 143-148, 2011. doi: 10.1016/j.tripleo.2011.06.029

GAMBARINI, G. et al. Cyclic fatigue analysis of twisted file rotary NiTi instruments used in reciprocating motion. **Int. Endod. J.** v. 45, n. 9, p. 802-806, Sep. 2012. doi: 10.1111/j.1365-2591.2012.02036.x

GAMBARINI, G. et al. The influence of three different instrumentation techniques on the incidence of postoperative pain after endodontic treatment. **Ann. Stomatol. (Roma)**. v. 4, n. 1, p. 152-155, mar. 2013. doi: 10.11138/ads.0152

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.

GERGI, R. et al. Comparison of canal transportation and centering ability of twisted files, Pathfile-ProTaper system, and stainless steel hand K-files by using computed tomography. **J. Endod.** v. 36, n. 5, p. 904-907, May 2010. doi: 10.1016/j.joen.2009.12.038

_____. Micro-computed tomographic evaluation of canal transportation instrumented by different kinematics Rotary nickel-titanium instruments. **J. Endod.** v. 40, n. 8, p. 1223-1227, Aug. 2014. doi: 10.1016/j.joen.2014.01.039

_____. Effects of three nickel-titanium instrument systems on root canal geometry assessed by micro-computed tomography. **Int. Endod. J.** v. 48, n. 2, p. 162-170, Feb. 2015. doi: 10.1111/iej.12296

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.

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.

JATAHY FERREIRA DO AMARAL, R. O. et al. Influence of cervical and apical enlargement associated with the WaveOne System on the transportation and centralization of endodontic preparations. **J. Endod.** v. 42, n. 4, p. 626-631, Apr. 2016. doi: 10.1016/j.joen.2015.12.005

JUNAID, A. et al. Influence of single-file endodontics on apical transportation in curved root canals: an ex vivo micro-computed tomographic study. **J. Endod.** v. 40, n. 5, p. 717-720, May 2014. doi: 10.1016/j.joen.2013.09.021

KARATAS, E. et al. Quantitative evaluation of apically extruded debris with Twisted File Adaptive instruments in straight root canals: reciprocation with different angles,

adaptive motion and continuous rotation. **Int. Endod. J.** v. 49, n. 4, p. 382-385, Apr. 2016. doi: 10.1111/iej.12461

KHADEMI, A.; YAZDIZADEH, M.; FEIZIANFARD, M. Determination of the minimum instrumentation size for penetration of irrigants to the apical third of root canal systems. **J. Endod.** v. 32, n. 5, p. 417-420, May 2006.

KHERLAKIAN, D. et al. Comparison of the incidence of postoperative pain after using 2 reciprocating systems and a continuous rotary system: a prospective randomized clinical trial. **J. Endod.** v. 42, n. 2, p. 171-176, Feb. 2016. doi: 10.1016/j.joen.2015.10.011

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.

KOÇAK, M. M. et al. Comparison of ProTaper Next and HyFlex instruments on apical debris extrusion in curved canals. **Int. Endod. J.** v. 49, n. 10, p. 996-1000, Oct. 2016. doi: 10.1111/iej.12552

KOÇAK, S. et al. Apical extrusion of debris using self-adjusting file, reciprocating single-file, and 2 rotary instrumentation systems. **J. Endod.** v. 39, n. 10, p. 1278-1280, Oct, 2013. doi: 10.1016/j.joen.2013.06.013

LAMBRIANIDIS, T.; TOSOUNIDOU, E.; TZOANOPOULOU, M. The effect of maintaining apical patency on periapical extrusion. **J. Endod.** v. 27, n. 11, p. 696-698, Nov. 2001.

LIU, W.; WU, B. Root Canal surface strain and canal center transportation induced by 3 different nickel-titanium rotary instrument systems. **J. Endod.** v. 42, n. 2, p. 299-303, Feb. 2016. doi: 10.1016/j.joen.2015.10.023

LOPES, H. P. et al. Comparison of the mechanical properties of rotary instruments made of conventional nickel-titanium wire, M-wire, or nickel-titanium alloy in R-phase. **J Endod.** v. 39, n. 4, p. 516-520, Apr. 2013. doi: 10.1016/j.joen.2012.12.006

MARCELIANO-ALVES, M. F. et al. Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated multifile rotary systems: a Micro-TC study. **Int. Endod. J.** v. 48, n. 12, p. 1129-1136, Dec. 2015. doi: 10.1111/iej.12412.

MARZOUK, A. M.; GHONEIM, A. G. Computed tomographic evaluation of canal shape instrumented by different kinematics rotary nickel-titanium systems. **J. Endod.** v. 39, n. 7, p. 906-909, Jul. 2013. doi: 10.1016/j.joen.2013.04.023

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. 275-279, 1991. doi: 10.1016/S0099-2399(06)8166-2.

NEELAKANTAN, P.; SHARMA, S. Pain after single-visit root canal treatment with two single-file systems based on different kinematics: a prospective randomized multicenter clinical study. **Clin. Oral Invest.** v. 19, n. 9, p. 2211-2217, Dec. 2015. doi: 10.1007/s00784-015-1448-x

ÖZYÜREK, T. Cyclic fatigue resistance of reciproc, WaveOne and WaveOne gold nickel-titanium instruments. **J. Endod.** v. 42, n. 10, p. 1536-1539, Oct. 2016. doi: 10.1016/j.joen.2016.06.019

ÖZYÜREK, T.; YILMAZ, K.; USLU, G. Shaping ability of reciproc, WaveOne GOLD, and HyFlex EDM Single-file systems in simulated S-shaped canals. **J. Endod.** v. 43, n. 5, p. 805-809, May 2017. doi: 10.1016/j.joen.2016.12.010

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.

PEDULLÀ, E. et al. Shaping ability of two nickel titanium instruments activated by continuous rotation or adaptive motion: a micro-computed tomography study. **Clin. Oral Investig.** v. 20, n. 8, p. 2227-2233, Nov. 2016.

PETERS, O. A. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. **J. Endod.** v. 30, n. 8, p. 559-567, Aug. 2004.

PLOTINO, G. et al. Influence of different apical preparations on root canal cleanliness in human molars: a SEM study. **J. Oral Maxillofac Res.** v. 5, n. 2, p. e-4 [8f]. doi: 10.5037/jomr.2014.5204

RODRIGUES, R. C. V. et al. Influence of the apical preparation size and the irrigant type on bacterial reduction in root canal-treated teeth with apical periodontitis. **J. Endod.** v. 43, n. 7, p. 1058-1063, Jul. 2017. doi: 10.1016/j.joen.2017.02.004

RUDDLE, C. J. Single-file shaping technique: achieving a gold medal result [Internet]. *Dentistry Today*, Jan. 2016. Disponível em: <http://www.endoruddle.com/tc2pdfs/201/WaveOneGold_Jan2016.pdf>. Acesso em: 31 Jan. 2018.

SABER, S. E.; NAGY, M. M.; SCHÄFER, E. Comparative evaluation of the shaping ability of WaveOne, Reciproc and OneShape single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth. **Int. Endod. J.** v. 48, n. 1, p. 109-114, Jan. 2015. doi: 10.1111/iej.12289

SCHÄFER, E.; DAMMASCHKE, T. Development and sequelae of canal transportation. **Endod Topics.** v. 15, n. 1, p. 75-90, Feb. 2009. doi: 10.1111/j.1601-1546.2009.00236.x

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.

SCHÄFER, E.; DZEPINA, A.; DANESH, G. Bending properties of rotary nickel-titanium instruments. **Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol., Oral Radiol. Endod.** v. 96, n. 6, p. 757-763, Dec. 2003.

SCHILDER, H. Cleaning and shaping the root canal. **Dent. Clin. North Am.** v. 18, n. 2, p. 269-296, Apr. 1974.

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, Aug. 1971.

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

SHEN, Y. et al. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. **J. Endod.** v. 39, n. 2, p. 163-172, Feb. 2013. doi: 10.1016/j.joen.2012.11.005

SILVA, E. J. N. et al. Influence of Apical Preparation Size and Working Length on Debris Extrusion. **Braz. Dent. J.** v. 27, n. 1, p. 28-31, Jan.-Feb. 2016a. doi: 10.1590/0103-6440201600337

SILVA, E. J. N. et al. Comparison of apically extruded debris after large apical preparations by full-sequence rotary and single-file reciprocating systems. **Int. Endod. J.** v. 49, n. 7, p. 700-705, Jul. 2016b. doi: 10.1111/iej.12503

SILVA, E. J. N. 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

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

STERN, S. et al. Changes in centering and shaping ability using three nickel-titanium instrumentation techniques analysed by micro-computed tomography. **Int. Endod. J.** v. 45, n. 6, p. 514-523, Jun. 2012. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.02004.x

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.

TEIXEIRA, J. M. S. et al. Influence of working length and apical preparation size on apical bacterial extrusion during reciprocating instrumentation. **Int. Endod. J.** v. 48, n. 7, p. 648-653, Jul 2015. doi: 10.1111/iej.12357.

THOMPSON, S. A. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. **Int. Endod. J.** v. 33, n. 4, p. 297-310, Jul. 2000.

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.

TINOCO, J. M. et al. Apical extrusion of bacteria when using reciprocating single-file and rotary multifile instrumentation systems. **Int. Endod J.** v. 47, n. 6, p. 560-566, Jun. 2014. doi: 10.1111/iej.12187

TOPÇUOĞLU, H. S. et al. Influence of a glide path on apical extrusion of debris during preparation using single-file systems in curved canals. **Int. Endod. J.** v. 49, n. 6, p. 599-603, Jun. 2016. doi: 10.1111/iej.12484

TOYOĞLU, M.; ALTUNBAŞ, D. Influence of different kinematics on apical extrusion of irrigant and debris during canal preparation using K3XF instruments. **J. Endod.** v. 43, n. 9, p. 1565-1568, Sep. 2017. doi: 10.1016/j.joen.2017.05.001

ÜSTÜN, Y. et al. Evaluation of apically extruded debris associated with several Ni-Ti systems. **Int. Endod. J.** v. 48, n. 7, p. 701-704, Jul. 2015. doi: 10.1111/iej.12369

VERSIANI, M. A. et al. Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with self-adjusting file, Reciproc, WaveOne, and ProTaper universal systems. **J. Endod.** v. 39, n. 8, p. 1060-1066, Aug. 2013. doi: 10.1016/j.joen.2013.04.009

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.

YAMAMURA, B. et al. Comparing canal transportation and centering ability of endosequence and vortex rotary files by using micro-computed tomography. **J. Endod.** v. 38, n. 8, p. 1121-1125, Aug. 2012. doi: 10.1016/j.joen.2012.04.019

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.

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. Micro-computed tomography evaluation of the preparation of mesiobuccal root canals in maxillary first molars with Hyflex CM, Twisted Files, and K3 Instruments. **J. Endod.** v. 39, n. 3, p. 385-388, Mar. 2013. doi: 10.1016/j.joen.2012.11.030

_____. 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.

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 “Avaliação do preparo e extrusão apical de debris de dentina em canais curvos após o uso de sistemas de NiTi” que tem por objetivo avaliar a qualidade do preparo realizado com diferentes instrumentos atualmente lançados no mercado Odontológico, o que pode no futuro contribuir para um tratamento 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 inferiores. 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 no preparo 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 Fabiana Soares Grecca, 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) 99717223 e email: fabiana.grecca@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 "Avaliação do preparo e extrusão apical de debris de dentina em canais curvos após o uso de sistemas de NiTi".

Assinatura ou impressão

Assinatura do pesquisador: _____

Assinatura do doador do dente: _____

Data: ____/____/____

Quanto a 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 **Daiana Boijink** da Faculdade de Odontologia
da UFRGS, ciente que o mesmo será utilizado para a realização da pesquisa
**“Avaliação do preparo e extrusão apical de debris de dentina em canais curvos
após o uso de sistemas de NiTi”**. Estou ciente de que, caso eu tenha perguntas
sobre este estudo e/ou sobre o órgão doado, poderei solicitar informações a
professora Fabiana Soares Grecca (pesquisador responsável) através do telefone
(51) 3308 5191. Estou ciente que caso não concorde em doar o dente para a pesquisa,
nao 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 Laboratório de Bioquímica e Microbiologia Bucal (LABIM) da UFRGS.



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

Porto Alegre, 29 de Setembro de 2015.

Declaro para os devidos fins que parte do projeto de pesquisa intitulado **“AVALIAÇÃO DO PREPARO E EXTRUSÃO APICAL DE DETRITOS EM CANAIS CURVOS APÓS O USO DOS SISTEMAS DE NiTi”** será realizada no Laboratório de Bioquímica e Microbiologia Bucal (LABIM)

Atenciosamente,

Cláudia C. Fattori Parolo

ANEXO B - 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

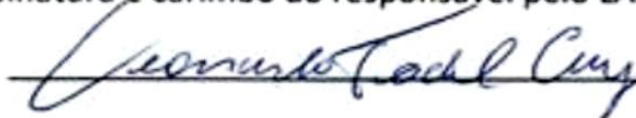
LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE MINERAIS E ROCHAS-
LAMIR

TERMO DE CONSENTIMENTO PARA UTILIZAÇÃO DO
MICROTOMÓGRAFO

Declaro para os devidos fins, que a pesquisadora Fabiana Soares Grecca e a doutoranda Daiana Boijink estão autorizadas a utilizar o microtomógrafo deste laboratório para realizar o projeto de pesquisa intitulado *Avaliação da Geometria do Preparo, Extrusão Apical de Debris de Dentina e Desobturação em Canais Curvos Após o Uso dos Sistemas de NiTi.*

Curitiba, 29 de julho de 2016.

Assinatura e carimbo do responsável pelo LAMIR



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

ANEXO C - 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 **FABIANA SOARES GRECCA VILELLA**

Informamos que o adendo ao projeto de pesquisa 30010 - AVALIAÇÃO DO PREPARO, EXTRUSÃO APICAL DE DEBRIS DE DENTINA E DESOBTURAÇÃO EM CAÑAIS CURVOS APÓS O USO DOS SISTEMAS DE NITI para análise está aprovado com o seguinte parecer:

A modelagem dos canais radiculares continua sendo uma das etapas mais importantes do tratamento endodôntico. O uso de instrumentos de NiTi têm possibilitado um aumento na qualidade do preparo e associado à introdução das ligas M-Wire trouxe melhora da flexibilidade e resistência à fadiga cíclica. Novos sistemas de uso único têm sido introduzidos no mercado como o instrumento WaveOne Gold, construído a partir de uma nova liga chamada Gold Wire, mais flexível e utilizada em movimento recíprocante. Com esses novos sistemas, investigações sobre sua capacidade de preparo e desobturação são importantes para entender como características de design e diferente cinemática afetam a sua performance. O objetivo desse estudo será avaliar a habilidade de preparo dos instrumentos manual tipo Flexofile, WaveOne, Twisted File Adaptive e WaveOne Gold e a capacidade de desobturação dos instrumentos Reciproc e WaveOne. Serão selecionados 30 molares inferiores humanos extraídos e utilizados os canais ML e MV com forames independentes. Microtomografia será utilizada para reconstrução tridimensional das amostras antes, após o preparo e após obturação, avaliando os seguintes parâmetros: mudanças no volume da dentina, transporte apical, centralização e quantidade de material obturador remanescente. A extrusão apical de debris será avaliada pela diferença de peso inicial e final dos tubos de Eppendorf onde os dentes serão inseridos durante o preparo. A normalidade dos valores obtidos para cada grupo será verificada usando teste de Kolmogorov-Smirnov. Para avaliar volume do canal, área de superfície, transporte, centralização, desobturação, o teste estatístico escolhido será o ANOVA, quando os valores apresentarem normalidade; não havendo uma distribuição normal dos dados, será utilizado o teste de Friedman. Para quantificar debris extruídos e o tempo de preparo, se os dados forem paramétricos será utilizado o Teste ANOVA de 1 via, não havendo distribuição normal será aplicado o teste de Kruskal-Wallis. O nível de significância será ajustado em 5% para todos os testes aplicados. Somos pela aprovação. Os autores devem cadastrar o projeto na Plataforma Brasil para posterior submissão ao CEP.

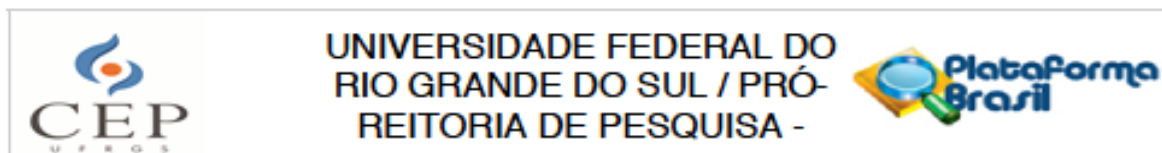
Atenciosamente,

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

Prof. Dr. Fabrício Mezzomo Collares

Coordenador da Comissão de Pesquisa ODONTOLOGIA UFRGS

ANEXO D - Carta de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFRGS.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DO PREPARO, EXTRUSÃO APICAL DE DEBRIS DE DENTINA E DESOBTURAÇÃO EM CANAIS CURVOS APÓS O USO DOS SISTEMAS DE NÍTI

Pesquisador: Fabiana Soares Grecca

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 51967715.0.0000.5347

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.716.594

Apresentação do Projeto:

Projeto bem apresentado, apresentando, embasamento teórico necessário para a compreensão do tema e dos objetivos do mesmo. Da mesma forma, é possível compreender, com clareza, seus objetivos e a metodologia vinculada ao mesmo. Trata-se de uma proposta de pesquisa a ser realizada com dentes humanos, in

vitro, visando avaliar o sistema NiTi em relação a etapas envolvidas nos tratamentos de canal. Trata-se de um projeto vinculado a um doutoramento.

Objetivo da Pesquisa:

A proponente identifica, de forma clara, o objetivo principal [(O objetivo deste estudo será avaliar a geometria do preparo e a quantidade de debris extruídos apicalmente utilizando os sistemas Twisted File Adaptive, WaveOne, WaveOne Gold e manual Flexofile em canais mesiais de molares inferiores. Após o preparo a amostra será obturada e avaliada a capacidade de desobturação dos sistemas Reciproc e WaveOne com o uso de ativação passiva ultrassônica (PUI)] e os secundários:

• Avaliar os seguintes parâmetros através de microtomografia computadorizada:

a) centralização do preparo;

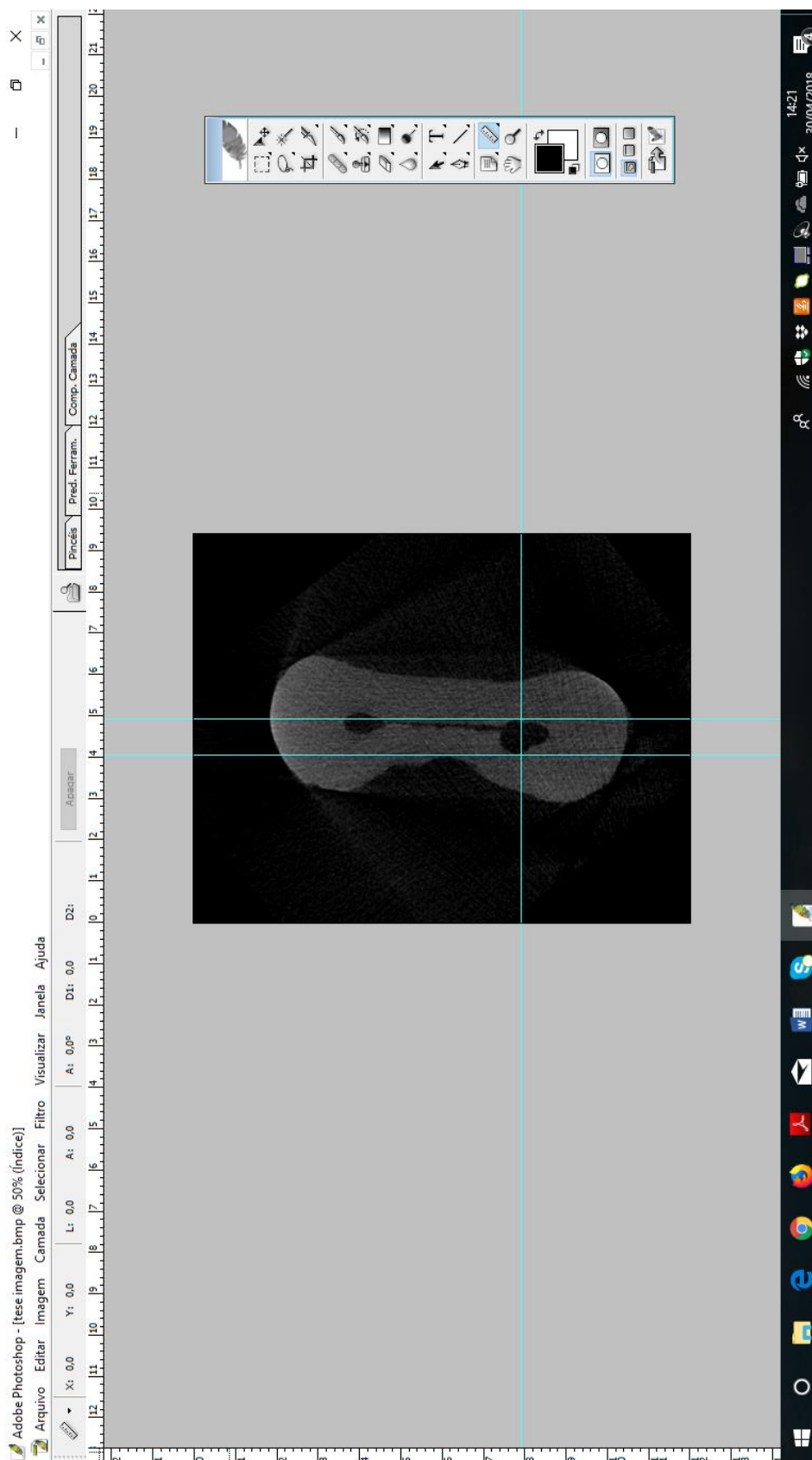
b) transporte apical;

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@propeq.ufrgs.br

ANEXO E - Dispositivo utilizado na coleta de detritos apical.



ANEXO F - Imagem representativa de microtomografia.



Mensuração do transporte, com auxílio do Programa Adobe Photoshop CS3 software (Adobe Systems Incorporated), aplicando a fórmula $TCR=(X1-X2)-(Y1-Y2)$, onde X (mesial) Y (distal).