



**UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara**



Camila Galletti Espir Passador

**Emprego da microtomografia computadorizada na análise de preparo, limpeza
e obturação de canais radiculares ovalados**

Araraquara

2018



UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Camila Galletti Espir Passador

**Emprego da microtomografia computadorizada na análise de preparo, limpeza
e obturação de canais radiculares ovalados**

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara para obtenção do título de Doutor em Odontologia, na Área de Endodontia

Orientador: Prof. Dr. Mario Tanomaru Filho

Araraquara

2018

Passador, Camila Galletti Espir

Emprego da microtomografia computadorizada na análise de preparo, limpeza e obturação de canais radiculares ovalados / Camila Galletti Espir Passador. -- Araraquara: [s.n.], 2018

113 f. ; 30 cm.

Tese (Doutorado em Odontologia) – Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Mario Tanomaru Filho

1. Endodontia 2. Obturação do canal radicular 3. Preparo de canal
radiocular I. Título

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Ana Cristina Jorge, CRB-8/5036
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Camila Galletti Espir Passador

**Emprego da microtomografia computadorizada na análise de preparo, limpeza
e obturação de canais radiculares ovalados**

Comissão julgadora

Tese para obtenção do grau de doutor em Odontologia (Endodontia)

Presidente e orientador Prof. Dr. Mario Tanomaru Filho

2º Examinador Prof. Dr. Joni Augusto Cirelli

3º Examinador Prof. Guilherme Ferreira da Silva

4º Examinador Prof. Dr. Marco Antonio Hungaro Duarte

5º Examinador Profa. Dra. Laila Gonzales Freire

Araraquara, 19 de fevereiro de 2018.

DADOS CURRICULARES

Camila Galletti Espir Passador

NASCIMENTO: 08/04/1988 – Jales – São Paulo

FILIAÇÃO: Estela Maria S. Galletti Abdulmassih Espir e Frederico Abdulmassih Espir

Março 2007 - Dez 2011: Graduação em Odontologia pela Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP

Agosto 2010 - Junho 2011: Extensão em Endodontia (100 horas) - Fundação Araraquarense de ensino e pesquisa em Odontologia – FAEPO

Março 2012 - Março 2014: Mestrado do programa de Pós-Graduação em Odontologia - Endodontia pela Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP

Março 2012 - Março 2014: Especialização em Endodontia pela Fundação Araraquarense de ensino e pesquisa em Odontologia – FAEPO

Abril 2014 – atual - Doutoranda do programa de Pós-Graduação em Odontologia - Endodontia pela Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP

Quando iniciei meu Mestrado, tive a honra de ter em minha turma uma pessoa que não imaginava o quanto se tornaria especial em minha vida.

Costumo dizer que ele foi um anjo!

Nossa convivência infelizmente foi muito rápida mas tenho certeza que representou uma das amizades mais especiais que já tive!

Dedico este trabalho a você, Adinael!

Onde quer que você esteja hoje, tenho a certeza de que em nenhum momento estive sozinha. Por nenhum segundo se quer nos momentos mais difíceis que fossem, me senti desamparada por você. E nessas horas, era apenas pensar no seu rosto doce ou lembrar da sua risada única que tudo parecia ficar bem.

Obrigada por ter sido uma das melhores pessoas da minha vida e por ter me dado a honra de, mesmo que rápido, ter tido sua convivência e poder te chamar de

AMIGO!

AGRADECIMENTOS

Durante toda minha trajetória, o que não me faltaram foram motivos para agradecer. Costumo dizer que tive muita sorte! Estar sempre rodeada de amigos e pessoas que querem te ver bem é uma honra! E por isso, agradeço primeiramente a Deus, sendo realmente muito grata pela minha vida.

E esta gratidão começa desde que nasci. Tive a honra de ser filha de Frederico e Estela. E bota honra nisso! Agradeço eternamente os ensinamentos, o amor e o carinho e tudo que fizeram e ainda fazem por mim sem medir esforços! Tenho certeza que sem vocês eu não seria nada! Minha eterna gratidão a vocês.

Como se não bastasse, esta família me dá de presente o meu maior presente: uma irmã! Costumamos dizer que somos metades e nossa maior saudade diária. Não tenho dúvidas disso! Acredito que irmãos deveriam ficar para sempre na mesma casa. Mas, como isso não é possível, ainda bem que tenho você sempre comigo.

Não posso deixar de agradecer também a toda minha família. Pessoas que mesmo de longe sempre se fizeram muito presentes em toda minha vida. Uma energia boa e sentimentos tão puros que impulsionam e nos fazem sempre seguir em frente.

Em se tratando de família, hoje posso dizer que tenho a minha. Um outro presente de Deus, conheci o Felipe ainda na época da graduação e por uma alegria do destino, estamos juntos até hoje, casados e muito felizes! Em alguns momentos, confesso que implorei para que ele tivesse feito pós-graduação para me entender melhor rs. Tenho certeza que sem ele ao meu lado nada teria sido tão leve. Obrigada por me fazer sempre melhor e por estar ao meu lado todos os dias!

Neste caminho que decidi trilhar, acabei ainda ganhando uma outra família. E que sorte a minha! Por todos estes anos, o Departamento de Endodontia da Faculdade de Odontologia de Araraquara foi minha segunda casa e ali, a cada ano que passava, conquistava novos amigos que se tornavam parte de mim.

E quando digo que tive sorte, tive mesmo! Encontrei ali um orientador que hoje posso dizer que é um amigo e uma das melhores pessoas que já conheci. Desde a graduação, no meu mestrado e no doutorado, tive a honra de ter suas orientações. E além delas, pude também crescer muito com seus ensinamentos de vida. Nossas conversas em sua sala muitas vezes não eram apenas de trabalho.

Falamos de viagens, família, acontecimentos. Como foi bom pra mim trabalhar todos esses anos com o senhor. Sou eternamente grata a você, professor Mario. Ou melhor dizendo, meu pai da pesquisa!

Agradeço também à professora Juliane, ou apenas Ju! Sua risada única vou levar comigo para sempre e a forma leve e alegre de levar a vida também! Obrigada por tudo que me ensinou, e acima de tudo, pela sua amizade.

Aos professores do Departamento, mais um motivo de sorte. Conviver com o professor Idomeo e todo seu conhecimento clínico; professor Fabio e sua incansável busca por algo novo; professor Renato com seu coração que não cabe no peito; professora Gisele e seu conhecimento impecável, além de sua amizade; e professor Kuga e seu conhecimento único, foi realmente uma honra! Jamais vou esquecer tudo que aprendi com cada um de vocês. Meu muito obrigada!

Mais que ensinamentos, uma questão de amizade. E não uma amizade qualquer, mas aquela que te impulsiona, que te acompanha nos momentos mais difíceis e que aparece em sua vida da forma mais leve e também turbulenta. Amigos de pós-graduação, amigos de pesquisa, amigos de laboratório, amigos para a vida! De uma forma cíclica, pessoas que vem e em seguida se vão, mas que deixam sua marca especial. Agradeço a todos, sem exceção. Mas alguns não teria como não fazer um agradecimento especial.

Gisselle, minha peruana favorita! O que teria sido de mim sem você? Além de uma amiga, ganhei uma mãe! Que presente mais especial foi ter te conhecido. Agradeço simplesmente tudo! Seu carinho por mim, sua paciência, sua competência e disciplina motivantes, e até mesmo suas lamentações! Rs Muito obrigada por tudo!

Roberta, minha querida amiga. Comigo desde a graduação, não teria palavras para te agradecer! Você hoje é uma saudade diária, mas saber que está feliz já me deixa completa. Obrigada pela nossa parceria sempre!

Fernanda, a irmã que a pós me deu. Dividir meus dias ao seu lado foi algo único! Nossos dias bons e ruins não teriam sido tão especiais sem você ali. Obrigada pela sua amizade, por sermos um time e por ter sido tudo exatamente da maneira que foi. Muito obrigada!

Ana Lívia, Leticia e Raqueli, amigas que também não poderia esquecer. Comigo também desde o começo, foram pessoas muito importantes e que levarei comigo para sempre!

Ao Jader e à Mariana, meu agradecimento é por um motivo especial. Além da nossa amizade, agradeço muito pela confiança e pela oportunidade que me deram. Foi para mim uma honra passar um pouco daquilo que sei e ajudar no trabalho de vocês. Muito obrigada de coração!

Gostaria de deixar também um agradecimento especial a algumas pessoas que fizeram parte em especial de minha formação em pesquisa. Minha amiga Camila, que se tornou uma parceira fundamental em todas as etapas da nossa pesquisa. Professor Joni, agradeço sua atenção e todo empenho em me ajudar com o micro-CT. Professores Laila e Bruno, minha eterna gratidão! Terem me passado todo conhecimento e tirado tantas dúvidas é algo que jamais vou me esquecer. Tenho certeza que esta pesquisa não teria sido metade sem vocês. Muito obrigada! Professor Guilherme, muito obrigada! Me lembro de você desde a minha graduação, nos laboratórios, nos corredores e na copinha do Departamento. Obrigada por todos os ensinamentos, amizade e conselhos. Agradeço também à Luana, minha técnica de laboratório favorita e que compartilhou comigo os momentos mais inusitados desta trajetória!

Por fim, agradeço à Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, na pessoa da sua Diretora Profa. Dra. Elaine Maria Sgavioli Massucato e vice-diretor Prof. Dr. Edson Alves Campos. Agradeço também às agências de fomento Capes pela concessão da bolsa de estudo para realização do doutorado e FAPESP pela concessão do auxílio para financiamento da pesquisa (Processo nº 2015/03437-6).

Espir CG. Emprego da microtomografia computadorizada na análise de preparo, limpeza e obturação de canais radiculares ovalados [tese]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2018.

RESUMO

Este estudo avaliou morfologia, preparo e obturação com diferentes técnicas e materiais em canais radiculares ovais. Quinhentos e vinte incisivos inferiores foram avaliados por meio de radiografias digitais nos sentidos vestibulo lingual (VL) e mesio distal (MD), sendo obtidos a partir da relação de diâmetro VL/MD: 23.3% canais achatados; 41.3% ovais; 27.3% arredondados; 4.5% redondos e 3.6% com achatamento VL (Publicação 1). Os incisivos classificados como ovais foram preparados: Reciproc 40 (R40) reciprocante anti-horário; MTwo 40, taper .06 (M 40.06) reciprocante horário (150° horário e 30° anti-horário); e MTwo 20, taper .06 seguido de MTwo 40, taper .06 (M 20/40.06) em reciprocante horário (Publicação 2); R40, Unicore 20.06 seguido de 40.06 reciprocante (Uni20/40.06) e sistema Mtwo até 40.06 rotatório (Mtwo seq) (Publicação 3); e R40, M40.06 e Mtwo seq (Publicação 4). A obturação foi realizada pelas técnicas de cone único (CU) ou condensação lateral (CL) e cimento AH Plus (AHP) (Publicação 4); CU e AHP ou Neo MTA Plus (NMTAP) (Publicação 5); e CL e MTA Fillapex (MTAF) ou AHP (Publicação 6). Escaneamentos foram realizados antes e após cada etapa experimental, utilizando o microtomógrafo SkyScan 1176. Volume, porcentagem de debris, de superfície não instrumentada e de falhas na obturação foram obtidos. Dados foram submetidos aos testes estatísticos ANOVA e Tukey, Kruskal-Wallis e Dunn, T Pareado ou Mann-Whitney ($\alpha=0.05$). Reciproc e MTwo usando diferentes cinemáticas apresentaram aumento similar de volume do canal, e de superfície não instrumentada. M20/40.06 apresentou o menor percentual de debris no terço médio. O movimento reciprocante para R40 e M40.06 apresentaram preparos similares. Melhor limpeza de debris no terço médio foi obtida utilizando dois instrumentos com diâmetros diferentes (Publicação 2). O preparo Unicore apresentou maior aumento de volume, e maior percentual de debris e de superfície não instrumentada no canal e no terço médio. Maior limpeza e menor percentual de debris foi obtido para preparo reciprocante com R40 e MTwo seq (Publicação 3). MTwo seq apresentou maior percentual de debris e superfície não instrumentada no terço cervical, além de maior percentual de falha para técnica de CU na extensão total e terços cervical e apical após este preparo. O preparo de canais ovais com R40 e M40.06 proporcionaram maiores percentuais de limpeza, e obturação semelhante para CU e CL (Publicação 4). Não foram observadas diferenças significantes nos diferentes terços para obturação com cimentos AHP ou NMTAP. O cimento NMTAP apresenta capacidade de preenchimento de canais ovais pela técnica de CU similar ao AHP (Publicação 5). Obturação com MTAF apresentou maior percentual de falhas no terço cervical, sem diferença nos demais terços. A análise da alteração volumétrica demonstrou maior perda volumétrica para MTAF. MTAF proporciona maior porcentagem de falhas no preenchimento de canais ovais, e apresenta maior perda volumétrica que o AHP. (Publicação 6).

Palavras chave: Endodontia. Obturação do canal radicular. Preparo de canal radicular.

Espir CG. Use of computerized microtomography in the analysis of preparation, cleaning and obturation of oval root canals [tese]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2018.

ABSTRACT

This study evaluated the morphology, preparation and filling using different techniques and materials in oval-shaped canals. Five hundred and twenty mandibular incisors were evaluated using digital radiography in the buccolingual (BL) and mesio distal (MD) directions, being obtained from the VL / MD diameter ratio: 23.3% flattened canals; 41.3% ovals; 27.3% rounded; 4.5% round e 3.6% with flattening BL (Publication 1). The oval-shaped incisors were prepared: Reciproc 40 (R40) counterclockwise reciprocating; MTwo 40, taper .06 (M 40.06) clockwise reciprocating (150° clockwise and 30° counterclockwise); and MTwo 20, taper .06 and MTwo 40, taper .06 (M 20/40.06) clockwise reciprocating (Publication 2); R40, Unicore 20.06 and 40.06 reciprocating (Uni20/40.06) and Mtwo rotary system until 40.06 (Mtwo seq) (Publication 3); and R40, M40.06 e Mtwo seq (Publication 4). Filling was performed using single-cone technique (SC) or lateral condensation (LC) and AH Plus sealer (AHP) (Publication 4); SC and AHP or Neo MTA Plus (NMTAP) sealer (Publication 5); and LC using MTA Fillapex (MTAF) or AHP sealer (Publication 6). Scans were performed before and after each experimental stage, using the SkyScan 1176 micro-computed tomography. Volume, percentage of debris, percentage of uninstrumented surface and voids in obturation were obtained. Data were submitted to ANOVA and Tukey's tests or Kruskal–Wallis and Dunn tests, non-paired T test or Mann-Whitney ($\alpha=0.05$). Reciproc and Mtwo using different kinematics were associated with a similar increase in root canal volume. M20/40.06 was associated with significantly lower debris in the middle third. The reciprocation motion for R40 and the clockwise reciprocation motion for Mtwo resulted in similar root canal preparations. Less remaining debris was present in the middle third when two instruments with different diameters were used (Publication 2). Unicore preparation was associated with higher debris, increase in root canal volume and uninstrumented surface in entire root canal and in the middle third. Better cleaning and less remaining debris was observed when R40 and Mtwo seq were used (Publication 3). Mtwo seq was associated with higher debris and uninstrumented surface in the cervical third, and higher percentage of failure for the SC in the entire root canal and in cervical and apical thirds after this prepare. R40 and M40.06 were associated with less remaining debris and a similarity between SC and LC (Publication 4). No significant differences were observed in the different thirds for AHP or NMTAP sealer. NMTAP sealer presents the ability to fill oval canals by SC similar to AHP (Publication 5). Filling using MTAF showed higher percentage of voids in cervical third, with no difference in the other thirds. The volumetric change analysis revealed higher volumetric loss to MTAF. MTAF provides a greater percentage of voids in the filling of oval canals, and presents greater volumetric loss than the AHP. (Publication 6).

Keywords: Endodontics. Root canal obturation. Root canal preparation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 PROPOSIÇÃO	15
2.1 Proposição Geral	15
2.2 Proposições Específicas	15
3 PUBLICAÇÕES	16
3.1 Publicação 1	16
3.2 Publicação 2	28
3.3 Publicação 3	41
3.4 Publicação 4	55
3.5 Publicação 5	67
3.6 Publicação 6	75
4 DISCUSSÃO	85
5 CONCLUSÃO	90
REFERÊNCIAS	91
APÊNDICE A – METODOLOGIA DETALHADA	98
ANEXO A - AUTORIZAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DA PUBLICAÇÃO 1	108
ANEXO B – AUTORIZAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DA PUBLICAÇÃO 2	109
ANEXO C – APROVAÇÃO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	110

1 INTRODUÇÃO

A morfologia do canal radicular exerce influência na qualidade do preparo¹⁻⁴. Dentre as diversas anatomias, canais radiculares denominados ovais apresentam diâmetro mesiodistal (MD) menor que o vestibulo-lingual (VL), são mais susceptíveis à fratura radicular^{5,6}, e apresentam áreas de mais difícil acesso durante o preparo. Versiani et al.² avaliaram por meio de análise microtomográfica o preparo de canais ovais utilizando diferentes sistemas (SAF, Reciproc, WaveOne e ProTaper Universal) e concluíram que nenhum sistema foi capaz de preparar completamente o canal radicular. Incisivos inferiores apresentam na maioria das vezes um único canal^{7,8,9} além de elevada incidência de canais com morfologia oval, em prevalência que pode exceder um percentual de 50%^{9,10}. Esta morfologia é empregada para estudos de preparo e limpeza do canal radicular por apresentar áreas de difícil acesso¹¹.

A cinemática dos instrumentos também pode influenciar o preparo do canal radicular. O movimento recíprocante consiste em movimento rotatório não contínuo em direções opostas (direção de corte do instrumento e direção de liberação do instrumento). Esta cinemática previne o travamento do instrumento no canal radicular, permite o preparo com uso de um único instrumento e promove redução de fadiga cíclica¹²⁻¹⁵. Os sistemas Reciproc e WaveOne são usados com movimento recíprocante¹⁶⁻¹⁹, apresentando um maior movimento no sentido anti-horário que corresponde ao corte do instrumento, seguido de menor rotação no sentido inverso (horário), proporcionando a progressão do instrumento para o ápice²⁰. Reciproc consiste em sistema de lima única fabricado com liga de Níquel titânio M-Wire, disponível em três diferentes tamanhos (R25, R40 e R50). O sistema Unicone (UnicOne, Medin, Nové Město Moravě, Czech Republic) apresenta ponta inativa e secção triangular, disponível nos tamanhos 20.06, 25.06 e 40.06 sendo preconizado uso em movimento recíprocante anti-horário, como o Sistema Reciproc. Em análise comparativa utilizando este sistema, um menor transporte foraminal para o Sistema Unicone foi observado quando comparado aos sistemas Reciproc e ProTaper²¹.

Considerando-se a capacidade de corte no sentido horário dos instrumentos rotatórios, o uso dos mesmos em movimento recíprocante no sentido horário vem sendo avaliado^{17,22}. O sistema rotatório Mtwo (VDW, Munich, Germany) consiste em uma sequência de limas de NiTi, que apresenta efetividade no preparo²³, incluindo

limpeza de debris no terço apical²⁴. MTwo e Reciproc são instrumentos com secção transversal semelhante (em forma de “S”), porém direção de corte inversa. Desta forma, o uso da cinemática recíproca horária para instrumentos com a capacidade de corte para direita vem sendo avaliada^{13,17,25,26}, utilizando rotação horária maior que a anti-horária.

Com base nestas considerações, a utilização da cinemática recíproca em diferentes sistemas mecanizados pode reduzir a fadiga cíclica e torsional dos instrumentos^{13,25,26}, podendo permitir a redução do número de instrumentos para o preparo.

O preparo biomecânico dos canais radiculares visa, além de limpeza, proporcionar conformação cônica, adequada para a obturação do canal²⁷. Assim, a qualidade da obturação pode ser influenciada pelo preparo com diferentes sistemas de instrumentação²⁸, utilização de diferentes técnicas de obturação²⁹, e materiais obturadores³⁰⁻³². Dentre as técnicas preconizadas, a compactação lateral é um método bastante usado devido ao baixo custo e habilidade seladora³³, além de apresentar menores taxas de sobre-obturaçã³⁴. Quando comparada à técnica de cone único, apresenta resultados similares quanto a quantidade de guta-percha^{35,36}, habilidade seladora^{37,38} e qualidade da obturação³⁹. A técnica de cone de guta-percha único tem sido bastante utilizada atualmente em associação aos preparos mecanizados⁴⁰. No entanto, a falta de padronização nas medidas de fabricação dos cones dentro de um mesmo sistema e as diferentes anatomias do canal radicular podem promover falhas na obturação⁴¹⁻⁴³.

Além da técnica utilizada, o cimento obturador é um fator importante para o sucesso do tratamento. Associado aos cones de guta-percha, os diferentes cimentos visam o selamento do sistema de canais radiculares. Porém, o material obturador pode permitir infiltração bacteriana³⁰⁻³², conduzindo ao insucesso do tratamento endodôntico. AH Plus é um material endodôntico à base de resina epóxica que apresenta habilidade seladora além de baixa solubilidade, o que garante uma maior integridade do cimento com menor perda de estrutura para o ambiente oral⁴⁴. MTA Fillapex tem sido proposto como material obturador endodôntico, apresentando algumas propriedades físicas adequadas⁴⁵, como escoamento e radiopacidade conforme recomendações ISO. No entanto, em análise de propriedades físico-químicas e mecânicas, altos valores de solubilidade foram observados^{46,47}. Neo MTA Plus consiste em um material a base de silicato de cálcio que apresenta adequada

radiopacidade e hidratação, não promove descoloração, radiopacidade satisfatória e liberação de íons cálcio e hidroxila significativamente maior que MTA Plus, além de apresentar biocompatibilidade⁴⁸⁻⁵⁰. As finas partículas dos componentes do material podem favorecer o escoamento do cimento⁵¹, além de ter sido demonstrada penetrabilidade do Neo MTA Plus nos túbulos dentinários⁵².

A maior parte dos estudos existentes para análise de materiais, em especial para Neo MTA Plus, consiste em avaliar suas propriedades físico-químicas e biológicas. A comparação deste material com relação à atuação em canais radiculares ovais avaliando falhas na obturação, sendo ainda comparados a um cimento padrão ouro como AH Plus ainda se encontra escassa na literatura.

Para análise comparativa das etapas do tratamento endodôntico realizadas com diferentes variáveis, dentre os métodos atuais destaca-se a microtomografia computadorizada (micro CT). A possibilidade de executar análises não destrutivas permite que um mesmo espécime seja utilizado na análise dessas diferentes etapas do tratamento, como preparo e obturação. A análise do preparo avaliando parâmetros de volume, superfície não instrumentada, aumento de volume, debris, entre outros^{53,54} e da obturação de canais radiculares, em especial analisando falhas na obturação^{55,56} é realizada empregando esta ferramenta que possibilita alta resolução e qualidade de imagens. Suas características de análise permitem a avaliação de detalhes tridimensionais, especialmente falhas da obturação.

Sendo assim, a análise do preparo de canais radiculares ovais empregando diferentes sistemas, cinemáticas e instrumentos, além da obturação com diferentes técnicas e materiais são propostas deste estudo.

2 PROPOSIÇÃO

Os objetivos do presente estudo foram:

2.1 Proposição Geral

Classificar incisivos inferiores e avaliar por meio de micro-CT o preparo e obturação de canais radiculares ovais.

2.2 Proposições específicas

Publicação 1: Avaliar e classificar a morfologia do canal radicular e espessura dentinária, comparando análises radiográficas e em micro-CT.

Publicação 2: Avaliar por micro-CT o preparo de canais radiculares ovais empregando movimento recíprocante com diferente clemática utilizando os sistemas Reciproc e MTwo.

Publicação 3: Avaliar por meio de micro-CT o preparo de canais radiculares ovais empregando movimento recíprocante e rotatório utilizando os sistemas Reciproc, Unicone e MTwo.

Publicação 4: Avaliar por meio de micro-CT a qualidade de obturação de canais ovais preparados com sistemas Reciproc R40, Mtwo 40.06 e sequência Mtwo e obturados com cone único e compactação lateral.

Publicação 5: Avaliar a qualidade de obturação de canais radiculares ovais com diferentes cimentos (Neo MTA Plus e AH Plus) após preparo com sistema Unicone e obturados pela técnica de cone único.

Publicação 6: Avaliar a qualidade de obturação de canais radiculares ovais com diferentes materiais (MTA Fillapex e AH Plus) obturados pela técnica de cone único, e a alteração volumétrica dos cimentos endodônticos.

3 PUBLICAÇÕES

3.1 Publicação 1*

Radiographic and Micro-CT classification of root canal morphology and dentin thickness of mandibular incisors

ABSTRACT

Context: Root canal anatomy is evaluated using different methodologies.

Aims: To evaluate and classify root canal morphology and dentin thicknesses (DT), comparing radiographic and Micro-CT analysis.

Methods and Material: Canal diameter and DT of mandibular incisors (n=520) were evaluated using digital radiographs in buccolingual (BL) and mesiodistal (MD) directions. The diameter ratio (DR) BL/MD was classified: flattened (FL, $DR > 4$); oval (OV, $2 \leq DR \leq 4$); rounded (RN, $1.1 < DR < 2$); round (RO, $0.9 \leq DR \leq 1.1$); and with BL flatness (BL, $DR < 0.9$). OV (n=110) were subjected to Micro-CT. DT and DR were evaluated at 3, 6 and 9 mm. ANOVA, Tukey and paired Wilcoxon tests ($P < 0.05$) were used.

Results: Radiographic classification was 23.3% FL; 41.3% OV; 27.3% RN; 4.5% RO and 3.6% BL. DT was similar. Radiographic DT at 3 and 9 mm was greater than Micro-CT ($P < 0.05$), and were similar at 6 mm ($P > 0.05$). DR differed between the analyses. Oval canals were predominant at all levels radiographically and at 9 and 6 mm in Micro-CT analysis, with greater variation at 3mm.

Conclusion: Oval root canals are predominant in mandibular incisors at 9 mm. Radiographic DT is larger than observed in Micro-CT at 3 and 9 mm, and the classification differed in each root level. The classification at 9 mm is indicated.

Key Words: Endodontics, radiography, root canal anatomy, x-Ray Microtomography.

Key Messages: The oval shape is predominant in mandibular incisors with a single canal, at 9 mm from the apex. When comparing the radiographic and Micro-CT analyses, the radiographic mesial and distal thickness is greater at 3 and 9 mm. The classification at 9 mm from the apex must be indicated for root canal classification.

* Artigo publicado e descrito segundo as normas do periódico *Journal of Conservative Dentistry* (Confira autorização da editora para publicação no Anexo A) .

INTRODUCTION

Root canal morphology is evaluated using different methodologies, such as staining and clearing techniques, radiographic, cone beam computed tomography¹ or microtomographic analysis^{2,3,4}. Mandibular incisors are commonly used for different analysis, especially considering the number of main and accessory canals⁵. Mandibular incisors are also widely used in Endodontics studies because they have flattened and oval canals. The cross section morphology of the root canal is classified according to the radiographic measurement of the mesiodistal (MD) and buccolingual (BL) diameter ratio (DR)^{6,7}: round (similar DR), oval (DR two times larger), long oval (DR up to 4 times larger), flattened (DR 4 or more) and irregulars (undefined values)⁷. It has been defined based on different root levels⁷ or sections at 1, 2, 3, 4 and 5 mm from the apex (DR \geq 2)⁶.

Mandibular incisors commonly have a single canal⁸ and high prevalence of oval root canal^{2,3}, been extensively used to evaluation of root canal cleaning and preparation using different instruments^{9,10}. Microtomographic analysis has also been widely used to evaluate this morphology, such as root canal preparation, root canal filling and retreatment protocols^{11,12}.

Dentin thickness of root walls at the different levels are important to the planning of root canal preparation maintaining the root strength¹³. Roots with a MD dimension smaller than the BL are more susceptible to fracture, as observed in maxillary premolars, mesial roots of mandibular molars, and mandibular incisors¹⁴. Moreover, planning for intracanal posts¹⁵ depends on evaluating the remaining dentin thickness¹⁶. This thickness may be evaluated radiographically⁶, with possible occurrence of distortions due to superimposition of root wall structures. Evaluation by using microtomographic analysis obtain precise measurements of this thickness^{2,17}.

Considering the importance of root canal morphology and dentin thickness of root walls for research protocols and clinical procedures, the aims of this study is to evaluate and classify the root canal shape and dentin wall thicknesses of mandibular incisors, and compare radiographic and Micro-CT analyses.

MATERIAL AND METHODS

Five hundred and twenty mandibular incisors approved by Ethics Committee (#699.061) were radiographed (Kodak RVG 6100 Atlanta, GA, USA) in the buccolingual (BL) and mesio distal (MD) directions to select teeth with single canal, absence of endodontic treatment and without extensive restorations.

Radiographic Analysis

The images obtained were analyzed by CTan (V1.11.8; SkyScan, Belgium) software, measuring the root canal diameter in the BL and MD direction ($n=520$). These measurements were made at 9 mm from the apex (middle third) to classify the root canal shape. According to the BL/MD diameter ratio (DR), were classified: flattened canals (FL, $DR > 4$); oval canals (OV, $2 \leq DR \leq 4$); and an additional classification, with rounded canals (RN, $1.1 < DR < 2$); round (RO, $0.9 \leq DR \leq 1.1$) and with flattening BL (BL, $DR < 0.9$) (Figure 1A). The dentin thickness (DT) of buccal, lingual, mesial and distal walls was also evaluated in each sample, by using the same tool. The measurements were made at 3 and 9 mm from the apex. The distance between the root canal and external wall was considered as the value corresponding to the dentin thickness of the walls (Figure 1B).

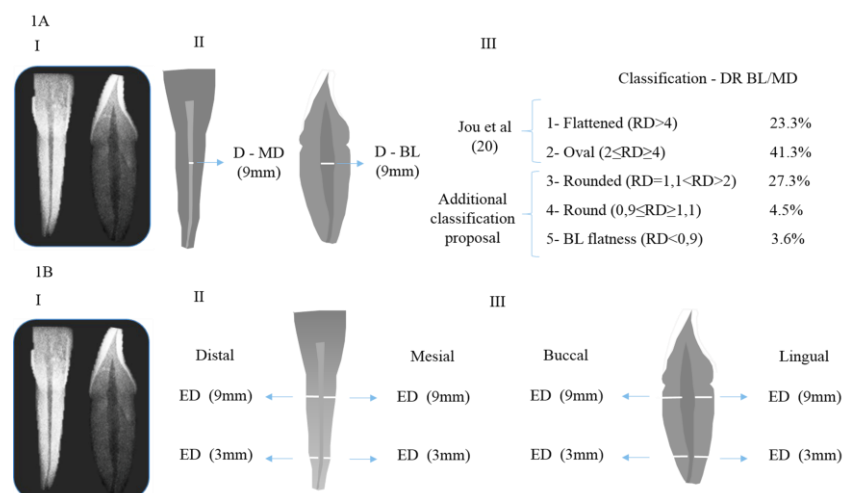


Fig. 1 1A: Buccolingual (BL) and mesiodistal (MD) radiographic images (I). Analysis of mesiodistal (MD) and buccolingual (BL) diameter (D) of root canal at 9mm from the apex (II). Classification according to the observed diameter ratio (DR) BL/MD (III).

1B: Radiographic images (I) used to analysis the dentin thickness (DT) of mesial (M) and distal (D) (II) dentin walls and e buccal (B) and lingual (L) (III) at 3 and at 9 mm from the apex.

Microtomographic and Radiographic Analysis

At this stage, a hundred and ten mandibular incisors radiographically classified as oval were subjected to microtomographic scanings using the Micro-CT scanner (SkyScan 1176, Bruker-microCT, Kontich, Belgium). The scanning parameters were based on a pilot study and were performed at 70 kV, 353 mA and 360° rotation, and a 0.5° rotation step, resulting in an image with a 17.42- μ m voxel size, filter made of aluminum and duration time of 23 minutes 14 seconds.

Thereafter, the images were reconstructed using NRecon (V1.6.4,7; SkyScan, Belgium) software. The adjustment of reconstruction parameters were made in order to suppress noises. Fine-tuning function enabled set artifact correction values, such as Gaussian filter, beam hardening correction, post alignment and ring artifact correction.

The resulting images were processed in Data Viewer (V1.5.1.2; Sky Scan, Belgium) software, to obtain sagittal sections and were analyzed with CTan (V1.11.8; SkyScan, Belgium) (Figure 2A). The BL/MD DR, and dentin thickness of mesial and distal walls of the samples was measured at 3, 6 and 9 mm from the apex (Figure 2B), as previously described. These 110 samples were also evaluated radiographically again, with the DR and dentin thickness being measured at 3, 6, and 9 mm from the apex.

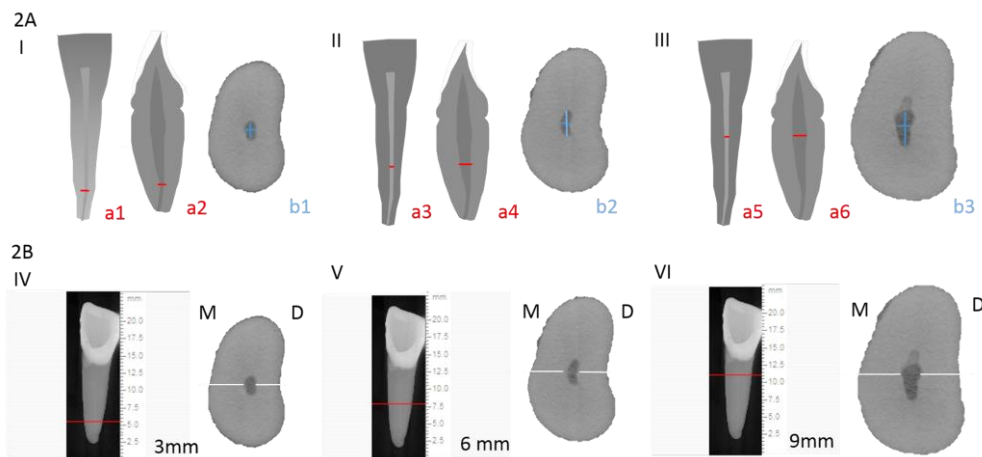


Fig. 2 2A - Diameter mesiodistal (MD – a1, a3, a5) and buccolingual (BL – a2, a4, a6) evaluated in radiographic images (red lines). Diameter ratio (DR) (b1, b2, b3) observed (blue lines) in micro CT images at 3 (I), 6 (II) e 9 (III) mm from the apex.

2B - Images obtained using CTan software and measurements of dentin thickness (white lines) of mesial (M) e distal (D) dentin walls at 3 (IV), 6 (V) and 9 (VI) mm from the apex.

Statistical Analysis

The data obtained were submitted to the ANOVA and Tukey tests and Wilcoxon paired correlation test, at a 5% level of significance.

RESULTS

Radiographic Analysis

The 520 mandibular incisors evaluated at 9 mm from the apex were classified: 121 (23.3%) flattened; 215 (41.3%) oval; 142 (27.3%) rounded; 23 (4.5%) round; and 19 (3.6%) with BL flatness. As regards the dentin wall measurements, the thicknesses at 3 and 9 mm from the apex were similar between the different classifications, except for the buccal wall that was greater for flattened canals compared with those considered rounded, both at 3 and at 9 mm (Table 1).

Microtomographic and Radiographic Analysis

A hundred and ten samples radiographically considered oval were evaluated. A comparison between the values obtained radiographically and by Micro-CT analysis was performed. The radiographic dentin thickness was greater than that obtained by Micro-CT for the mesial and distal walls at 3 and 9 mm ($P < 0.05$), and were similar at 6mm ($P > 0.05$) (Table 2).

Based on the values for the DR at the 3 root levels, the authors reclassified the samples considered oval by the radiographic exam at 9 mm level. Therefore, using Micro CT at 9mm level, the classification was: 94 (85.4%) oval; 14 (12.7%) flattened; and 2 (1.8%) rounded. By the Micro-CT analysis at 6mm: 58 (52.7%) were oval; 9 (8.1%) flattened; 28 (25.4%) rounded; 11 (10%) round; and 4 (3.6%) with BL flatness. At 3 mm, 35 (31.8%) were considered oval; 1 (0.9%) flattened; 48 (43.6%) rounded; 17 (15.4%) round; and 9 (8.1%) with BL flatness. Radiographically at 9 mm, the 110 samples were classified as oval. However, at 6mm, 69 (62.7%) were considered oval; 27 (24.5%) flattened; 12 (10.9%) rounded; and 2 (1.8%) round and at 3 mm, 62 (56.3%) were considered oval; 8 (7.27%) flattened; 25 (22.7%) rounded; 13 (11.8%) round; and 2 (1.8%) with BL flatness (Table 3).

Table 1 – Distribution of mandibular incisors classified at 9 mm from apex by diameter ratio (DR); buccolingual (BL) and mesio distal (MD) ratio. Mean and standard deviation of dentin thickness (in mm) of buccal (B); lingual (L); mesial (M); and distal (D) walls after radiographic analysis

Radiographic evaluation of mandibular incisors with single canal (n-520)

Classification	Total 520	%	Dentin thickness (DT)							
			3mm				9mm			
			B	L	M	D	B	L	M	D
*Flattened (DR>4)	212	23.3	1.55 ^a (±0.2)	1.56 ^a (±0.2)	0.83 ^a (±0.2)	0.87 ^a (±0.2)	1.98 ^a (±0.3)	2.00 ^a (±0.2)	1.25 ^a (±0.2)	1.29 ^a (±0.2)
*Oval (2≤DR≤4)	215	41.3	1.48 ^{a,b} (±0.2)	1.54 ^a (±0.2)	0.83 ^a (±0.19)	0.88 ^a (±0.19)	1.91 ^{a,b} (±0.2)	1.96 ^a (±0.2)	1.25 ^a (±0.2)	1.27 ^a (±0.2)
**Rounded (1.1<DR<2)	142	27.3	1.43 ^b (±0.2)	1.49 ^a (±0.2)	0.83 ^a (±0.19)	0.87 ^a (±0.18)	1.85 ^b (±0.2)	1.95 ^a (±0.2)	1.29 ^a (±0.2)	1.27 ^a (±0.2)
**Round (0.9≤DR≤1.1)	23	4.5	1.39 ^{a,b} (±0.2)	1.44 ^a (±0.2)	0.80 ^a (±0.16)	1.21 ^a (±1.4)	1.99 ^{a,b} (±0.2)	1.97 ^a (±0.2)	1.25 ^a (±0.17)	1.31 ^a (±0.2)
** BL flatness (DR<0.9)	19	3.6	1.43 ^{a,b} (±0.2)	1.50 ^a (±0.2)	0.78 ^a (±0.17)	0.83 ^a (±0.18)	1.78 ^{a,b} (±0.2)	1.95 ^a (±0.2)	1.20 ^a (±0.2)	1.21 ^a (±0.15)

Different letters in each column indicate statistically significant differences (P<0.05).

*Classification according to Jou et al. (20)

**Additional Classification proposed

Table 2 - Means and standard deviation (±) for mesial (M) and distal (D) dentin thickness values (in mm). Buccolingual (BL) and mesio distal (MD) diameter values (in mm) of the radiographic and microtomographic analyses. Mandibular incisors with root canal radiographically classified at 3, 6 and 9 mm from Apex

Radiographic and microtomographic analyses of the dentin thickness and canal diameters

Analysis	Dentin thickness						Canal Diameters					
	3mm		6mm		9mm		3mm		6mm		9mm	
	M	D	M	D	M	D	BL	MD	BL	MD	BL	MD
Rx	0.77 ^a ±0.19	0.85 ^a ±0.18	0.97 ^a ±0.19	1.06 ^a ±0.2	1.21 ^a ±0.2	1.26 ^a ±0.2	0.5 ^a ±0.24	0.22 ^a ±0.08	0.97 ^a ±0.33	0.31 ^a ±0.12	1.37 ^a ±0.37	0.51 ^a ±0.14
Micro CT	0.71 ^b ±0.13	0.74 ^b ±0.16	0.92 ^a ±0.13	0.98 ^a ±0.7	1.10 ^b ±0.16	1.09 ^{b±} 0.15	0.52 ^a ±0.18	0.33 ^b ±0.1	0.78 ^b ±0.27	0.37 ^b ±0.11	1.30 ^b ±0.3	0.39 ^b ±0.1

Different letters in each column indicate statistically significant differences ($P < 0.05$).

Table 3 - Reclassification according to the buccolingual/mesio distal diameter ratio by radiographic and microtomographic analyses at 3, 6 and 9 mm of mandibular incisors samples with root canals radiographically classified as oval at 9 mm from the Apex

Radiographic and microtomographic reclassification of oval root canals

Classification	DR (VL/MD)	Radiographic Analysis			Microtomographic Analysis		
		3mm	6mm	9mm	3mm	6mm	9mm
*Flattened	DR > 4	8 (7.27%)	27 (24.5%)	0	1 (0.9%)	9 (8.1%)	14 (12.7%)
*Oval	2 ≤ DR ≤ 4	62 (56.3%)	69 (62.7%)	110 (100%)	35 (31.8%)	58 (52.7%)	94 (85.4%)
**Rounded	1.1 < DR < 2	25 (22.7%)	12 (10.9%)	0	48 (43.6%)	28 (25.4%)	2 (1.8%)
**Round	0.9 ≤ DR ≤ 1.1	13 (11.8%)	2 (1.8%)	0	17 (15.4%)	11 (10%)	0
** BL flatness	DR < 0.9	2 (1.8%)	0	0	9 (8.1%)	4 (3.6%)	0

*Classification according to Jou et al.²⁰

**Additional Classification proposed

DISCUSSION

In the present study, high variability of the DR BL/MD was observed by using radiographic measurements at 9 mm from the apex. This DR showed values ranging from 0.9 to values higher than 4. The root canal morphology is classified by means of various criteria, and it is normally considered oval when the DR values are over 2⁹. Therefore, considering this variability and the need for standardizing the planning of different studies in Endodontics, it was considered: flattened (FL, DR>4) and oval (OV, 2≤DR≤4) canals, as previously described⁷, as well as an additional classification: rounded (RN, 1.1<DR<2), round (RO, 0.9≤DR≤1.1) and BL flatness (BL, DR<0.9).

The root level used to determine the classification of cross section morphology of the root canal is variable and frequently not specifically described^{14,18,19}. The authors observed high variability in the values for DR used in teeth selection^{12,20}, as well as divergence between the classification of oval or flattened canals^{10,13}. This study used specific values to determine the points of measurement for the analysis (3, 6 and 9 mm) in order to achieve more standardized definition for the different types of studies. Cross section morphology of the root canal considered oval after radiographic classification at 9 mm from the apex presented other classifications at 3 and 6 mm from the apex, corroborating with previous studies¹⁷. Moreover, radiographic and microtomographic analyses showed no correlation, demonstrating different classifications between them. Many studies make this measurement in the apical third,^{4,13} since an oval morphology is commonly found at 3 mm from the apex. However, at this distance, the authors found higher percentages of samples considered rounded (43.6%) in Micro-CT, corroborating with previous study². At 9 mm, a higher correlation to the DR was obtained, with lower variability and a higher prevalence of oval morphology at this point (Table 3). This higher prevalence of oval classification for mandibular incisors was also reported, varying from 76.2% at 3mm²; 56% at 5mm⁶; or even 88% from 3-5 mm¹¹.

In the present study, the MD canal diameter at 3mm was 0.22mm, corroborating with previous study a constant MD distance in the 3 mm apical measurements, with values between 0.20 and 0.25mm². In the remaining levels of measurement (6 and 9 mm), the MD and BL diameters showed values increasing progressively in the coronal direction (Table 2). These variations in diameter

significantly interfere in the BL/MD diameter ratios of root canals, influencing the distribution of classifications (Table 3).

The mesial and distal dentin thickness showed values between 0.9 and 1.0 at 6mm level, without difference between the radiographic and microtomographic analyses. However, the measurements at 3 and 9 mm showed values between 0.71 and 1.26, with difference between them (Table 2). The analyses by using Micro-CT show values closer to real²¹, since they eliminate the superimposition of structures. Moreover, it is possible to observe the flattening dentin wall, specially evaluating the sagittal section (Figure 2). In spite of being a simpler method, radiographic evaluation may show a larger thickness than that obtained by Micro-CT, due this superimposition of structures and distortions of the image. No flattened areas (apical or middle third) were shown in the radiographs, and this may influence planning of apical instrumentation or preparation for intracanal posts. Although radiographic is clinically the most widely used method, microtomography is suggested as a tool for the selection of samples to be used in different studies, especially when specific morphologies are selected, standardizing results with high clinical relevance. A poorer image details was observed, for example, to cone beam computed tomography in comparison to microcomputed tomography, with difference when used in the different root thirds¹⁷.

The root wall morphology and structure has a direct influence on planning of root canal preparation¹³ and intracanal posts¹⁵. An incorrect planning may favor micro-cracks or diminish the strength of the root. Smaller dentin thickness may increase susceptibility root fracture²². Although fractures predominantly occur in the BL direction²³, a considerable number of fractures in the MD direction was observed²⁴, with different types of cracks and DT values ($DT \leq 0.3$ or $DT \geq 0.3$). Therefore, the proximal DT observed (values ≥ 0.3 – as demonstrated in Table 2) may be used for planning studies about the influence of it on apical instrumentation of the root canal, or the use of intracanal posts.

CONCLUSION

Oval root canals is predominant in mandibular incisors with a single canal, after radiographic and Micro-CT analysis at 9 mm from the apex. In radiographic analysis, dentin thickness is similar between the different classifications (i.e. oval,

round, flattened). However, when comparing the radiographic and Micro-CT analysis of oval canals, the radiographic mesial and distal thickness is greater at 3 and 9 mm, and the diameter ratio values vary according to the root level. The classification at 9 mm from the apex showed greater proximity between the analyses, and must be indicated for root canal classification.

The authors declare that they have no conflict of interest.

REFERENCES

- 1- Lin Z, Hu Q, Wang T, Ge J, Liu S, Zhu M, Wen S. Use of CBCT to investigate the root canal morphology of mandibular incisors. *Surg Radiol Anat* 2014; 36:877-82.
- 2- Milanezi de Almeida M, Bernardineli N, Ordinola-Zapata R, Villas-Bôas MH, Amoroso-Silva PA, Brandão CG, Guimarães BM, Gomes de Moraes I, Húngaro-Duarte MA. Micro-computed tomography analysis of the root canal anatomy and prevalence of oval canals in mandibular incisors. *J Endod* 2013; 39:1529-33.
- 3- Leoni GB, Versiani MA, Pécora JD, Damião de Sousa-Neto M. Micro-computed tomographic analysis of the root canal morphology of mandibular incisors. *J Endod* 2014; 40:710-6.
- 4- Freire LG, Gavini G, Cunha RS, Santos Md. Assessing apical transportation in curved canals: comparison between cross-sections and micro-computed tomography. *Braz Oral Res* 2012; 26:222-7.
- 5- Vertucci FJ. Root canal anatomy of the mandibular anterior teeth. *J Am Dent Assoc* 1974; 89:369–71.
- 6- Wu MK, R'Oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000; 89:739–43.
- 7- Jou YT, Karabucak B, Levin J, Liu D. Endodontic working width: current concepts and techniques. *Dent Clin North Am* 2004; 48:323-35.
- 8- Boruah LC, Bhuyan AC. Morphologic characteristics of root canal of mandibular incisors in North-East Indian population: An in vitro study. *J Conserv Dent* 2011; 14:346-50.

- 9- Siqueira JF Jr, Alves FR, Almeida BM, de Oliveira JC, Rôças IN. Ability of chemomechanical preparation with either rotary instruments or self-adjusting file to disinfect oval-shaped root canals. *J Endod* 2010; 36:1860-5.
- 10- De Melo Ribeiro MV, Silva-Sousa YT, Versiani MA, Lamira A, Steier L, Pécora JD, de Sousa-Neto MD. Comparison of the cleaning efficacy of self-adjusting file and rotary systems in the apical third of oval-shaped canals. *J Endod* 2013; 39:398-401.
- 11- Paes da Silva Ramos Fernandes LM, Rice D, Ordinola-Zapata R, Alvares Capelozza AL, Bramante CM, Jaramillo D, Christensen H. Detection of various anatomic patterns of root canals in mandibular incisors using digital periapical radiography, 3 cone-beam computed tomographic scanners, and micro-computed tomographic imaging. *J Endod* 2014; 40:42-5.
- 12- Crozeta BM, Silva-Sousa YT, Leoni GB, Mazzi-Chaves JF, Fantinato T, Baratto-Filho F, Sousa-Neto MD. Micro-Computed Tomography Study of Filling Material Removal from Oval-shaped Canals by Using Rotary, Reciprocating, and Adaptive Motion Systems. *J Endod* 2016; 42:793-7.
- 13- Abou El Nasr HM, Abd El Kader KG. Dentinal damage and fracture resistance of oval roots prepared with single-file systems using different kinematics. *J Endod* 2014; 40:849-51.
- 14- Rivera ER, Walton RE. Longitudinal tooth fractures: findings that contribute to complex endodontic diagnoses. *Endod Top* 2009; 16:82–111.
- 15- Cheung W. A review of the management of endodontically treated teeth post, core and the final restoration. *J Am Dent Assoc* 2005; 136:611–9.
- 16- Alomari QD, Barrieshi KM, Al-Awadhi SA. Effect of post length and diameter on remaining dentine thickness in maxillary central and lateral incisors. *Int Endod J* 2011; 44:956-66.
- 17- Marca C, Dummer PM, Bryant S, Vier-Pelisser FV, Só MV, Fontanella V, Dutra VD, de Figueiredo JÁ. Three-rooted premolar analyzed by high-resolution and cone beam CT. *Clin Oral Investig* 2013; 17:1535-40.
- 18- Arruda MP, Carvalho Junior JR, Miranda CE, Paschoalato C, Silva SR. Cleaning of Flattened Root Canals with Different Irrigating Solutions and Nickel-Titanium Rotary Instrumentation. *Braz Dent J* 2009; 20:284-9.
- 19- 2Versiani MA, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Microcomputed tomography analysis of the root canal morphology of single-rooted mandibular canines. *Int Endod J* 2013; 46:800-7.

- 20- Rechenberg DK, Paqué F. Impact of cross-sectional root canal shape on filled canal volume and remaining root filling material after retreatment. *Int Endod* 2009; 46:547-55.
- 21- Balto K, Muller R, Carrington DC, Dobeck J, Stashenko P. Quantification of periapical bone destruction in mice by micro-computed tomography. *J Dent Res* 79:35–40.
- 22- Wilcox LR, Roskelley C, Sutton T. The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. *J Endod* 1997; 23:533– 4.
- 23- Bellucci C, Perrini N. A study on the thickness of radicular dentine and cementum in anterior and premolar teeth. *Int Endod J* 2002; 35:594–606.
- 24- Sathorn C, Palamara JEA, Palamara D, Messer HH. Effect of root canal size and external root surface morphology on fracture susceptibility and pattern: a finite element analysis. *J Endod* 2005; 31:288–92.

3.2 Publicação 2*

Counterclockwise or clockwise reciprocating motion for oval root canal preparation: a micro-CT analysis

ABSTRACT

Aim To evaluate oval root canal preparation using one or two instruments in counterclockwise or clockwise reciprocating motion.

Methodology The radiographic diameter of mandibular human incisors was evaluated, and oval canals were selected ($2 \leq \text{Diameter Ratio} \leq 4$). Fiftyseven teeth were assigned to root canal preparation ($n = 19$): Reciproc 40 (R40) in a counterclockwise reciprocating motion; Mtwo size 40, .06 taper (M 40.06) in a clockwise reciprocating motion or Mtwo size 20, .06 taper and size 40, .06 taper (M 20/ 40.06) in a clockwise reciprocating motion. Mtwo instruments were coupled to an ENDO DUAL motor, turning 150° clockwise and 30° counterclockwise. Scanning was performed before and after root canal preparation using a SkyScan 1176 micro-computed tomography. Volume, percentage of debris and percentage of uninstrumented surface were analysed in the entire root canal and in each third of the canal. Data were compared using ANOVA and Tukey's tests or Kruskal–Wallis and Dunn tests.

Results The Reciproc and Mtwo systems using diferente kinematics were associated with a similar increase in root canal volume. Additionally, both system had similar percentage of uninstrumented surface ($P > 0.05$). Mtwo size 20, .06 taper and size 40, .06 taper was associated with significantly lower debris ($P < 0.05$) in the middle third (0.56%) when compared to R40 (1.31%) and M size 40, .06 taper (1.54%).

Conclusions The conventional reciprocation motion for R40 and the clockwise reciprocation motion for Mtwo resulted in similar root canal preparations. Less remaining debris was present in the middle third when two instruments with diferente diameters were used.

Keywords: micro-computed tomography, reciprocating motion, root canal preparation.

* Artigo publicado e descrito segundo as normas do periódico *International Endodontics Journal* (Confira autorização da editora para publicação no Anexo B)

INTRODUCTION

Reciprocating motion is a noncontinuous rotation, originally with a movement towards the cutting direction of the instrument (counterclockwise), followed by a minor rotation in the release direction (clockwise). Rotary instruments are produced to cut in clockwise rotation and the use of these instruments in reciprocating motion has been evaluated (Yared 2008, De-Deus *et al.* 2010a, Gavini *et al.* 2012, Giuliani *et al.* 2014), using clockwise rotation greater than the counterclockwise rotation.

Single-file root canal preparation has some potential advantages, promoting simple and adequate shaping ability (Burklein *et al.* 2012, Stern *et al.* 2012, Versiani *et al.* 2013). However, in complex root canals and isthmus areas, the use of more than one instrument may be preferred, promoting better root canal cleaning with less debris (Robinson *et al.* 2013). Preparation with an additional instrument can also decrease the area of uninstrumented canal wall (Amoroso-Silva *et al.* 2016).

Mtwo and Reciproc (VDW, Munich, Germany) are systems with S-shaped cross-sectional design. However, Mtwo is a rotary NiTi file system used in clockwise rotation, whilst Reciproc is a single-file system manufactured with NiTi M-wire alloy, used with reciprocating counterclockwise motion.

Cross-sectional root canal morphology directly influences many endodontic procedures, such as root canal preparation (Versiani *et al.* 2013) and filling (Rechemberg & Paqué 2013). Oval root canals are often studied (Oliveira *et al.* 2015, Farmakis *et al.* 2016, de Siqueira *et al.* 2016), especially as they are more difficult to clean effectively (Versiani *et al.* 2013).

Thus, the aim of this study was to assess the preparation of oval canals with one or two instruments using different kinematics. The null hypothesis was that there are no differences in the shaping ability and cleaning capacity between the clockwise or counterclockwise reciprocating motion and the use of one or two instruments.

MATERIAL AND METHODS

Selection of teeth

After Institutional Ethics Committee approval (CEP #31725014.7.0000.5416), extracted mandibular incisors were selected. They were submitted to digital radiography (Kodak RVG 6100), and the diameter ratio (DR) was obtained by

measuring the mesiodistal and buccolingual length of the root canal. Oval-shaped root canals were selected when the buccolingual distance was 2–4 times larger than the mesiodistal diameter ($2 \leq DR \leq 4$). Fifty-seven teeth with single roots and fully formed apices were selected and stored in 0.1% thymol solution at 5 °C. All teeth were mounted on a custom attachment and scanned using a high-definition micro-CT scanner SkyScan 1176 (SkyScan 1176, Bruker-microCT, Kontich, Belgium). The parameters used were 70 kV, 353uA, 360° rotations, a 0.5-mm-thick aluminium filter and a 0.5° rotation step, resulting in an image with a 17.42- μ m voxel size. Images of all specimens were reconstructed using NRecon software (NRecon v.1.6.3, Bruker-microCT). A 3D evaluation of the initial volume and surface area of the root canal was performed using CTAn (CTAn v.1.14.4, Bruker-microCT), and based on morphological parameters of the root canals (length, diameter ratio, volume and surface area), teeth were divided into three experimental groups (n = 19).

After washing in water for 48 h, access to the root canals was created using high-speed diamond burs (n.2, KG Sorensen, Sao Paulo, SP, Brazil) and the root canals were explored using a size 10 K-file (Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland). When the tip of the instrument became visible through the apical foramen, the work length (WL) was established 1 mm shorter. Then, a glide path was established using a size 10 K-file (Dentsply Sirona) and a single operator with clinical experience with Reciproc and Mtwo systems prepared all samples.

Root canal preparation with Reciproc 40

R40 (size 40, .06 taper) instruments were driven with an electric motor (VDW.SILVER, VDW GmbH, Munich, Germany) in a reciprocating motion, according to manufacturer's instructions. The instrument was gradually inserted into root canal in a slow in and- out motion, at the three levels (cervical, middle and apical), with a brushing motion against the walls of the root canals. A new R40 instrument was used for each root canal preparation.

Root canal preparation with Mtwo size 40, .06 taper

Mtwo 40 (size 40, .06 taper) instrument was used in an alternating rotation (150° in clockwise [CW] 150° and counterclockwise [CCW] 30°) driven with the ENDO DUAL electric motor (Satelec, By Dental srl, Pistoia, Italy). The recommended in-and-out motion was the same as described for the R40. A new M size 40, .06 taper instrument was used for each root canal preparation.

Root canal preparation with Mtwo size 20, .06 taper and size 40, .06 taper

In this group, before the use of Mtwo size 40, .06 taper instruments as previously described, an Mtwo 20 (size 20, .06 taper) instrument was used. Both instruments prepared each canal with the same kinematic described for M size 40, .06 taper. A new M size 20, .06 taper and M size 40, .06 taper instruments were used for each root canal preparation. Root canal irrigation was performed with 2 mL 2.5% NaOCl after preparation of each third. After preparation, the root canals were irrigated with 5 mL 2.5% NaOCl followed by a final irrigation with 2 mL 17% EDTA. The time of preparation was also recorded.

Micro-CT analysis

The scans before and after root canal preparation were reconstructed using NRecon software. A geometric alignment was performed using the 3D registration function in Data Viewer software (Data Viewer v.1.5.1, Bruker-microCT). After Data Viewer analysis, images were quantitatively analysed using CTAn software (CTAn v.1.14.4, Bruker-microCT). A density histogram was used in a global threshold method. This segmentation determined the dentine before and after instrumentation, and the values ranged from 65 to 73. Task lists were applied and arithmetic and logical operations between the superimposed cross-sectional images were performed.

The initial volume (IV) and the final volume (FV) – after preparation – were obtained. Based on these values, the increase in volume (FV - IV) and the percentage of increase $[(FV - IV) / IV] \times 100$ was calculated. The percentage of debris (material with a density similar to dentine previously occupied by air) and percentage of uninstrumented surface were obtained, using specific formulas as follows:

$$\% \text{debris} = \frac{\text{final debris vol} \times 100}{\text{final volume}}$$

$$\% \text{of uninstrumented areas} = \frac{\text{uninstrumented area} \times 100}{\text{initial area}}$$

Hard-tissue debris is formed inside the root canal as confirmed in a previous study using high-resolution micro-CT imaging (Paque *et al.* 2009). The three-dimensional (3D) study also enables the evaluation of the previous state of dentine surface before the root canal preparation, allowing the evaluation of the free

debris area or an unprepared area (De-Deus *et al.* 2011). Voxels representing the dentine wall in the main root canal that were removed during instrumentation and then occupied by hard-tissue debris could not be measured because of the impossibility to discern between accumulated hard-tissue debris and dentine on the scans (Paque *et al.* 2009, Freire *et al.* 2015). Matched images of the surface areas of the root canals before and after preparation were examined to evaluate the percentage of uninstrumented canal wall surface (number of static voxel surface) (da Silva Limoeiro *et al.* 2016). All values were calculated by subtracting the scores for the treated canals from those recorded for their untreated counterparts and then converted into percentages (Amoroso-Silva *et al.* 2016). All analyses were conducted in the entire canal and in each third of the root canal (apical, middle and cervical).

Statistical evaluation

Data obtained for the initial volume (IV) and the final volume (FV) were submitted to one-way ANOVA and Tukey's tests ($\alpha < 0.05$). The data obtained for the percentage relation between the volume measures (%V), the percentage of debris (%D) and the percentage of uninstrumented surface (%S) were submitted to Kruskal–Wallis test, complemented by Dunn's test for multiple comparisons ($\alpha < 0.05$).

RESULTS

Volume

Table 1 shows the results of initial volume (mm^3), final volume (mm^3) and percentage of increase in the volume of the entire root canal and of each third. For the entire canal and each third, there was no significant difference amongst the groups ($P > 0.5$). The entire preand postoperative volumes (mm^3) of the root canals were not different amongst the R40 (3.37 and 6.05 mm^3 , respectively), M size 40, .06 taper (3.53 and 6.59 mm^3 , respectively) and M size 20, .06 taper/size 40, .06 taper (3.64 and 6.33 mm^3 , respectively) ($P > 0.05$). The preparation with regard to volume using different instruments was similar, as demonstrated by the increase of volume (%), with no significant difference for the entire canal and in its thirds ($P > 0.05$). The 3D reconstructions for the groups with regard to canal volume are shown in Fig. 1a,b.

Debris

The results for debris are shown in Table 2 for the entire root canal and its thirds. The R40 and M size 40, .06 taper preparation produced in the middle third more debris than M size 20, .06 taper/size 40, .06 taper ($P < 0.05$). Throughout the canal and in the other thirds, there were no significant differences ($P > 0.05$). The Fig. 1d,e shows representative images, in which the black colour indicates the total accumulated hard-tissue debris plus instrumented areas.

Uninstrumented surfaces

The results of uninstrumented surfaces are also shown in Table 2 for the entire canal and its thirds. No differences were observed amongst the groups ($P > 0.05$). Changes in the canal shape are demonstrated by the superimposition of preoperative root canal (green) and post-instrumentation (red), showing untouched areas (Fig. 1c).

Preparation time

The time of preparation using R40, M size 40, .06 taper and M size 20, .06 taper/size 40, .06 taper were not significantly different ($P > 0.05$), with a mean of 2.658, 2.827 and 3.207 min, respectively.

Table 1 - Initial, final and increase in the volume (%) of root canal volume (means and standard deviations).

		Experimental groups		
		R40	M40.06	M20/40.06
Volume (mm ³) (initial)	All*	3.37±0.79	3.53±1.84	3.64±1.12
	Cervical	2.27±0.57	2.38±1.42	2.50±0.79
	Middle	0.9±0.32	0.99±0.41	0.85±0.3
	Apical	0.31±0.15	0.33±0.15	0.26±0.08
Volume (mm ³) (final)	All*	6.05±1.01	6.59±1.15	6.33±0.77
	Cervical	3.71±0.61	3.98±0.8	3.98±0.49
	Middle	1.73±0.3	1.94±0.29	1.8±0.24
	Apical	0.59±0.19	0.64±0.15	0.57±0.11
Increase in volume (%)	All*	79.52±34.37	86.68±51.35	73.9±23.61
	Cervical	63.43±24.07	67.22±41.67	59.2±33.93
	Middle	92.2±43.38	95.95±51.33	111.76±47.91
	Apical	90.32±60.15	93.93±70.21	119.23±56.64

No statistically significant difference was observed between groups in any variable measured throughout the canal and in each region ($P > 0.05$), according to ANOVA and Tukey tests. *All: entire root canal.

Table 2 – Median percentage and minimum and maximum values (interquartile range) of different parameters measured after root canal preparation

		Experimental groups		
		R40	M40.06	M20/40.06
Debris (%)	All*	1.87 (0.36 – 5.85)	2.14 (0.08 – 6.61)	1.43 (0.16 – 5.69)
	Cervical	0.16 (0.01 – 2.26)	0.39 (0.01 – 2.65)	0.11 (0.01 – 1.11)
	Middle	1.21 (0.05 – 4.08) ^a	1.47 (0.01 – 5.11) ^a	0.41 (0.01 – 2.37) ^b
	Apical	0.78 (0.01 – 3.25)	0.69 (0.01 – 2.98)	0.49 (0.04 – 2.35)
Uninstrumented surface (%)	All*	17.81 (3.93 - 36.75)	16.99 (1.15 – 34.83)	10.27 (2.02 – 37.82)
	Cervical	2.99 (0.27 – 19.08)	4.77 (0.03 – 13.35)	1.75 (0.19 – 14.59)
	Middle	6.32 (1.48 – 18.75)	6.89 (0.06 – 17.83)	4.82 (0.14 – 21.76)
	Apical	4.41 (0.01 – 18.65)	4.1 (0.19 – 15.5)	3.13 (0.64 – 26.21)

Different superscript bold letters in the same line indicate statistical significant difference between groups (Kruskal–Wallis test, $P < 0.05$). No statistically significant difference was observed between groups in any variable measured throughout the canal and in each region ($P > 0.05$), except for the analysis of accumulated debris after preparation measured in the middle third ($P < 0.05$). *All: entire root canal.



Figure 1 Three-dimensional micro-CT scans reconstruction of the external and internal anatomy of oval canals of mandibular incisors of the R40, M40.06 and M20/40.06 groups. (a) The root canal before (green) and (b) after (red) preparation. (c) Superimposition of preoperative root canal (a) and post-instrumentation (b). (d) Superimposition of accumulated hard-tissue debris plus instrumented areas (black areas) over the postoperative anatomy (green). (e) Total accumulated hard-tissue debris plus instrumented areas (black areas).

DISCUSSION

The effectiveness of root canal preparation depends on many factors, including root canal morphology, techniques and instruments. Several studies have investigated the unprepared surfaces on root canal walls (Paque *et al.* 2010, Ruckman *et al.* 2013, Busquim *et al.* 2015) or accumulated hard-tissue debris (Paque *et al.* 2012, De-Deus *et al.* 2014, Freire *et al.* 2015, Versiani *et al.* 2016). Reciprocating motion using a clockwise rotation greater than the counterclockwise motion allows the use of a greater number of instruments available. Furthermore, reciprocating motion as an alternative to continuous rotation may reduce the risk of instrument fracture and root canal aberrations (Yared 2008, Varela-Patino *et al.* 2010).

A side effect of root canal preparation is the production of debris retained on dentine or on instrumented surfaces. Smear layer and accumulated hard-tissue debris are collect specifically in isthmuses, irregularities and ramifications of the complex root canal network (Paque *et al.* 2009, De-Deus *et al.* 2014). Accumulated hard-tissue debris may interfere with disinfection of the root canal (Paque *et al.* 2012) or with root filling (Metzger *et al.* 2010, Freire *et al.* 2015). The use of nondestructive micro-computed tomography allows the scanning of teeth before and after preparation, making possible the measurement of the debris using software (De-Deus *et al.* 2014, Freire *et al.* 2015, Versiani *et al.* 2016). According to Robinson *et al.* (2013), 'pixels that were occupied by air and then became dentine must be debris'. In the present study, this tool was used to quantify the volume of debris and its percentage in the root canal. It was calculated using specific tasks lists and arithmetic and logical operations between the superimposed cross-sectional images (Freire *et al.* 2015).

According to the present study, more debris was observed in the middle third of the root canal. Mandibular incisors commonly have a single canal (Vertucci 1974,

Miyashita *et al.* 1997, Mauger *et al.* 1998) with variable morphology and high prevalence of oval root canal (Wu *et al.* 2000, Milanezi de Almeida *et al.* 2013), classified according to radiographic measurement of diameter ratio (Wu *et al.* 2000, Jou *et al.* 2004). Root canals are normally considered oval when the cross-sectional long-short diameter ratio is ≥ 2 (Wu *et al.* 2000, Milanezi de Almeida *et al.* 2013) or when the buccolingual diameter is 2.5 or more times larger than the mesiodistal diameter (Versiani *et al.* 2013). The straightening in the mesiodistal direction in this anatomy makes irregularities more prevalent in the middle thirds, contributing to unprepared surfaces and accumulating microorganisms and debris in the canal system (Metzger *et al.* 2010, Moura-Netto *et al.* 2013). The use of an instrument with smaller diameter may improve disinfection in areas with difficult access. In the present study, the use of Mtwo size 20, .06 taper before Mtwo size 40, .06 taper was associated with less debris accumulation in the middle third, without increasing preparation time. Probably, the smallest diameter of the instrument allowed the cleaning of irregularities and areas difficult to access.

The majority of debris is detected in uninstrumented regions of the teeth including fins or recesses in the canal wall (Robinson *et al.* 2013), and it is concentrated in the middle third (De-Deus *et al.* 2014). M size 20, .06 taper/size 40, .06 taper had the lowest percentage of uninstrumented areas [10.27 (2.02–37.82) %] compared with the R40 [17.81 (3.93–36.75) %] and M size 40, .06 taper [16.99 (1.15–34.83) %]. It can explain the presence of less debris in the middle third of oval canals when prepared using M size 20, .06 taper/size 40, .06 taper. The preparation using this technique promotes more effective cleaning of the canals in the middle region.

The use of more than one instrument has been considered previously (Busquim *et al.* 2015, Marceliano-Alves *et al.* 2015, Amoroso-Silva *et al.* 2016). Oval-shaped root canals prepared by the conventional ProTaper full sequence was associated with a significant improvement in debridement than the single-file F2 ProTaper technique (De-Deus *et al.* 2010b). The use of a sequence of instruments or the association of more than one instrument may be preferred, specially related to debris accumulation and regions difficult to access and clean (Robinson *et al.* 2013, Busquim *et al.* 2015, Amoroso-Silva *et al.* 2016).

CONCLUSIONS

Reciprocating motion in the counterclockwise direction for R40 and in the clockwise direction for Mtwo instruments resulted in similar root canal preparations. Less debris in the middle third of oval root canals was obtained when two instruments with different diameters were used.

Acknowledgements

This work is supported by the Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) grant (2015/03437-6).

Conflict of interest

The authors have stated explicitly that there are no conflict of interests in connection with this article.

REFERENCES

- Amoroso-Silva P, Alcalde MP, Duarte MA *et al.* (2016) Effect of finishing instrumentation using niti hand files on volume, surface area and uninstrumented surfaces in C-shaped root canal systems. *International Endodontics Journal* 2016. doi: 10.1111/iej.12660. [Epub ahead of print].
- Bürklein S, Hinschitza K, Dammaschke T, Schäfer E (2012) Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *International Endodontics Journal* 45, 449-61.
- Busquim S, Cunha RS, Freire L, Gavini G, Machado ME, Santos M (2015) A micro-computed tomography evaluation of long-oval canal preparation using reciprocating or rotary systems. *International Endodontics Journal* 48, 1001-6.
- da Silva Limoeiro AG, Dos Santos AH, De Martin AS *et al.* (2016) Micro-Computed Tomographic Evaluation of 2 Nickel-Titanium Instrument Systems in Shaping Root Canals. *Journal of Endodontics* 42, 496-9.
- de Siqueira Zuolo A, Zuolo ML, da Silveira Bueno CE, Chu R, Cunha RS (2016) Evaluation of the Efficacy of TRUShape and Reciproc File Systems in the Removal of Root Filling Material: An Ex Vivo Micro-Computed Tomographic Study. *Journal of Endodontics* 42, 315-9.

De-Deus G, Moreira EJ, Lopes HP, Elias CN (2010a) Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. *International Endodontics Journal* 43, 1063-8.

De-Deus G, Barino B, Zamolyi RQ *et al.* (2010b) Suboptimal debridement quality produced by the single-file F2 ProTaper technique in oval-shaped canals. *Journal of Endodontics* 36, 1897-1900.

De-Deus G, Reis C, Paciornik S (2011) Critical appraisal of published smear layer-removal studies: methodological issues. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Endodontics* 112,531–43.

De-Deus G, Marins J, Neves Ade A *et al.* (2014) Assessing accumulated hard-tissue debris using micro-computed tomography and free software for image processing and analysis. *Journal of Endodontics* 40, 271-6.

Farmakis ET, Sotiropoulos GG, Abràmovitz I, Solomonov M (2016) Apical debris extrusion associated with oval shaped canals: a comparative study of WaveOne vs Self-Adjusting File. *Clinical Oral Investigation* 20, 2131-8.

Freire LG, Iglecias EF, Cunha RS, Dos Santos M, Gavini G (2015) Micro-Computed Tomographic Evaluation of Hard Tissue Debris Removal after Different Irrigation Methods and Its Influence on the Filling of Curved Canals. *Journal of Endodontics* 41, 1660-6.

Gavini G, Caldeira CL, Akisue E, Candeiro GT, Kawakami DA (2012) Resistance to flexural fatigue of Reciproc R25 files under continuous rotation and reciprocating movement. *Journal of Endodontics* 38, 684-7.

Giuliani V, Di Nasso L, Pace R, Pagavino G (2014) Shaping Ability of WaveOne Primary Reciprocating Files and ProTaper System Used in Continuous and Reciprocating Motion. *Journal of Endodontics* 40, 1468-71.

Jou YT, Karabucak B, Levin J, Liu D (2004) Endodontic working width: current concepts and techniques. *Dental clinics of North America* 48, 323-35.

Marceliano-Alves MF, Sousa-Neto MD, Fidel SR *et al.* (2015) Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated multfile rotary systems: a micro-CT study. *International Endodontics Journal* 48, 1129-36.

Mauger MJ, Schindler WG, Walker WA 3rd (1998) An evaluation of canal morphology at different levels of root resection in mandibular incisors. *Journal of Endodontics* 24, 607–9.

- Metzger Z, Zary R, Cohen R, Teperovich E, Paqué F (2010) The quality of root canal preparation and root canal obturation in canals treated with rotary versus self-adjusting files: a threedimensional micro-computed tomographic study. *Journal of Endodontics* 36, 1569-73.
- Milanezi de Almeida M, Bernardineli N, Ordinola-Zapata R *et al.* (2013) Micro-computed tomography analysis of the root canal anatomy and prevalence of oval canals in mandibular incisors. *Journal of Endodontics* 39, 1529-33.
- Miyashita M, Kasahara E, Yasuda E, Yamamoto A, Sekizawa T (1997) Root canal system of the mandibular incisor. *Journal of Endodontics* 23, 479–84.
- Moura-Netto C, Palo RM, Camargo CH, Pameijer CH, Bardauil MR (2013) Micro-CT assessment of two different endodontic preparation systems. *Brazilian Oral Research* 27, 26-30.
- Oliveira MA, Alves LD, Pereira AG, Raposo LH, Biffi JC (2015) Influence of flexion angle of files on the decentralization of oval canals during instrumentation. *Brazilian Oral Research* doi: 10.1590/1807-3107BOR-2015.vol29.0078. [Epub 2015 Jun 16].
- Paqué F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M (2009) Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *Journal of Endodontics* 35, 1044-7.
- Paqué F, Balmer M, Attin T, Peters OA (2010) Preparation of oval-shaped canals in mandibular molars using nickeltitanium rotary instruments: a micro-computed tomography study. *Journal of Endodontics* 36, 703–7.
- Paqué F, Al-Jadaa A, Kfir A (2012) Hard-tissue debris accumulation created by conventional rotary versus selfadjusting file instrumentation in mesial root canal systems of mandibular molars. *International Endodontic Journal* 45, 413–8.
- Rechemberg DK, Paqué F (2013) Impact of cross sectional root canal shape on filled canal volume and remaining root filling material after retreatment. *International Endodontics Journal* 46, 547-55.
- Robinson JP, Lumley PJ, Cooper PR, Grover LM, Walmsley AD (2013) Reciprocating root canal technique induces greater debris accumulation than a continuous rotary technique as assessed by 3-dimensional micro-computed tomography. *Journal of Endodontics* 39, 1067-70.
- Ruckman JE, Whitten B, Sedgley CM, Svec T (2013) Comparison of the Self-Adjusting File with rotary and hand instrumentation in long-oval-shaped root canals. *Journal of*

Endodontics 39, 92–5.

Stern S, Patel S, Foschi F, Sherriff M, Mannocci F (2012) Changes in centring and shaping ability using three nickel-titanium instrumentation techniques analysed by micro-computed tomography (μ CT). *International Endodontics Journal* 45, 514-23.

Varela-Patiño P, Ibanez-Parraga A, Rivas-Mundina B, Cantatore G, Otero XL, Martin-Biedma B (2010) Alternating versus continuous rotation: a comparative study of the effect on instrument life. *Journal of Endodontics* 36, 157–9.

Versiani MA, Leoni GB, Steier L et al. (2013) Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the self-adjusting file, Reciproc, WaveOne, and ProTaper universal systems. *Journal of Endodontics* 39, 1060-6.

Vertucci FJ (1974) Root canal anatomy of the mandibular anterior teeth. *Journal of American Dental Association* 89, 369–71.

Versiani MA, Alves FR, Andrade-Junior CV *et al.* (2016) Micro-CT evaluation of the efficacy of hard-tissue removal from the root canal and isthmus area by positive and negative pressure irrigation systems. *International Endodontics Journal* 49, 1079-87.

Wu MK, R'Oris A, Barkis D, Wesselink PR (2000) Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology and endodontics* 89, 739–4.

Yared G (2008) Canal preparation using only one Ni-Ti Rotary instrument: preliminary observations. *International Endodontics Journal* 41, 339–44.

3.3 Publicação 3*

Shaping ability of rotary or reciprocating systems for oval root canal preparation: a micro-computed tomography study

ABSTRACT

Objectives To evaluate the shaping ability and cleaning after oval root canal preparation using one or more instruments in reciprocating or rotary motion.

Materials and methods Oval-shaped mandibular incisors were selected, based on the radiographic diameter ($2 \leq \text{Diameter Ratio} \leq 4$), and assigned according root canal preparation (n=18): single-file (Reciproc R40); two reciprocating files (Unicone size 20 and 40, .06 taper) or Mtwo rotary files until size 40, .06 taper file. Scanning was performed before and after preparation using SkyScan 1176 with a voxel size of 17.42 μm . Volume, percentage of debris and percentage of uninstrumented surface were analyzed in the entire root canal and in each root canal third. Data were compared using ANOVA and Tukey or Kruskal-Wallis and Dunn tests ($\alpha = 5\%$).

Results: The initial volume were similar among the groups ($p > .05$). Unicone preparation was associated with higher debris, increase in root canal volume and uninstrumented surface in entire root canal and in the middle third ($p < .05$). Mtwo was associated with lower uninstrumented surface in the entire root canal and in the cervical third. The apical third were similar for the 3 preparations.

Conclusions: Unicone system using two instruments in reciprocating motion resulted in higher increase in volume. However, less remaining debris was observed when Reciproc single-file and Mtwo rotary systems were used.

Clinical relevance: A preparation that volumetrically increases the root canal is not necessarily associated with better cleaning. Shaping and hard tissue debris removal depends on root canal anatomy, kinematics, number of instruments and instrument design.

*Artigo em revisão e descrito segundo as normas do periódico *Clinical Oral Investigation*

INTRODUCTION

Root canal preparation may be influenced by the design [1], kinematics [2-4], diameter and taper [5], and the number of instruments used [6, 7]. Reciprocating motion allows preparation with a lower number of instruments [8]. However, the importance of using more than one instrument to promote better root canal cleaning with less debris and decrease in the area of uninstrumented canal wall, including different diameters, has been demonstrated [6, 7, 9].

Oval-shaped and flattened root canals may make it difficult to root canal preparation, especially because they present areas that are difficult to access, favoring the accumulation of debris and microorganisms [10, 11]. The oval-shaped anatomy has been studied [3, 4, 12, 13] and self-adjusting instruments [14] or different additional disinfection procedures [15, 16] have been proposed for cleaning these kind of canals. Nevertheless, some regions of the canal may remain unprepared [17-19].

The Unicone System (Medin, Nove Mesto Morave, Czech Republic) is composed of 3 instruments for reciprocating motion, with diameters #20, #25 and #40 and taper 6%. When used as a single-file (size 25, .06 taper), this system was associated with a more conservative preparation, and lower foramen transportation when compared with the Reciproc (R25) and ProTaper (sequence until F2) systems [20]. However, it had less cyclic fatigue resistance when compared with the Reciproc R25 and WaveOne Primary instruments [21]. No studies have been found to analyze the preparation characteristics using this system.

Reciproc is a single-file instrument made of a special NiTi alloy (M-Wire), used with reciprocating counterclockwise motion and available in 3 different sizes (R25, R40 and R50) to be used in different canal diameter. This instrument produces a similar preparation with regard to the amount of touched dentin walls to Self-Adjusting File, WaveOne and Protaper systems when used in oval-shaped root canals [3], and greater increase in the root canal volume when compared with the BioRace rotary system until size 40, .04 taper file in long-oval root canals [22]. MTwo (VDW, Munich, Germany) is a system of NiTi files with S-shaped cross-sectional design, manufactured to operate in a rotary clockwise motion. In comparison to Reciproc, it demonstrated similar apical preparation in mandibular molars [23].

The aim of this study was to evaluate by means of micro-computed tomography (micro-CT) the shaping ability and cleaning effectiveness of different root canal preparation systems (Reciproc, Unicone and MTwo) in oval root canals.

MATERIAL AND METHODS

Selection of teeth and preparation

Extracted mandibular incisors (CEP #31725014.7.0000.5416) were selected by using digital radiography (Kodak RVG 6100). Mesiodistal and buccolingual length measurements were used to define the diameter ratio (DR) at 9 mm from anatomic apex of each specimen. Only single rooted teeth, with long oval canals ($2 \leq DR \leq 4$), completely formed apices and a root length of 20 ± 2 mm were initially selected. Sixty-six teeth were selected and stored in a glass bottle containing 0.1% thymol solution at 5°C.

The selected specimens were scanned using a high-definition micro-CT scanner SkyScan 1176 (SkyScan 1176, Bruker-microCT, Kontich, Belgium) at 70 kV, 353uA, 360° rotations, a 0.5-mm-thick aluminium filter and 0.5° rotation step, resulting in an image with 17.42 µm voxel size. An initial reconstruction using NRecon software (NRecon v.1.6.3, Bruker-microCT) and analysis using CTAn software (CTAn v.1.14.4, Bruker-microCT) with regard morphological parameters of the root canals (length, volume and surface area) ensured another selection of specimens and fifty-four root canals (n=54) were randomly assigned to one of the three different instrumentation groups.

After washing in water for 48 h, a conventional access to the root canals was created using high-speed diamond burs (n2, KG Sorensen, São Paulo, Brazil) and the patency of the root canals was confirmed when a #10 K-file (Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland) was visible at the apical foramen. The working length was then set at 1.0 mm shorter and a single operator with clinical experience prepared all samples.

Root canal preparation with Reciproc 40 (n=18): R40 (size 40, .06 taper) instruments were acted in reciprocating motion (VDW.SILVER, VDW GmbH), according to manufacturer's instructions. The instrument was gradually inserted into root canal in a slow in-and-out motion in the three levels (cervical, middle and apical), with a brushing motion against the walls. After prepare of each third, the instrument was

cleaned in a gauze and the canal was irrigated. A new R40 instrument was used for each root canal preparation.

Root canal preparation with UniCone 20.06 and 40.06 (n=18): a Unicone 20 (size 20, .06 taper) instrument was used before the Unicone 40 (size 40, .06 taper) instrument in reciprocating motion (VDW.SILVER, VDW GmbH). The recommended in-and-out motion was the same as described above for the R40 instrument.

Preparation with Mtwo files (n=18): Mtwo files were used in sequence and in rotary motion and 300 rpm (VDW.SILVER, VDW GmbH). For cervical, middle and apical preparation, size 25, .07 taper, size 25, .06 taper and size 20, .06 taper instruments, respectively, were used. After this, a sequence of Mtwo files from size 25, .06 taper instrument up to size 40, .06 taper instrument were used. After the use of each instrument, it was cleaned in a gauze and the canal was irrigated.

Root canal irrigation during prepare was performed with a total of 6 mL 2.5% NaOCl (2 mL for each third to Reciproc, 1 mL for each third after both instruments to Unicone and 1 mL for each instrument change to Mtwo rotary system). A 30-G NaviTip needle (NaviTip, Ultradent Products, South Jordan, UT, USA) placed to 1 mm short of working length in a 5-mL syringe (Ultradent Products, South Jordan, UT, USA) was used with a flow rate of 2 mL /min and simultaneous suction by using a 0.014-in tip (Capillary tips, Ultradent, USA). The continuous flow of the irrigant was associated with an in-and-out movement. A final irrigation with 5 mL 2,5% NaOCl followed by 2 mL 17% EDTA was performed in each sample. Root canals were aspirated with a capillary tip and dried with absorbent paper points (Dentsply Sirona), and the specimens submitted to postoperative scanning and reconstruction, applying the aforementioned parameters.

Micro-CT analysis

After reconstruction of the scans before and after root canal preparation by using NRecon software, the datasets were geometrically aligned by using the 3D registration function of the Data Viewer software (Data Viewer v.1.5.1, Bruker microCT). Images were quantitatively analyzed using CTAn software (CTAn v.1.14.4, Bruker microCT) and defined parameters of increase in volume, percentage of debris and percentage of uninstrumented surface were obtained as previously described [7, 24-26]. The analysis was performed in the total extension of the samples (from the coronal limit that enamel became invisible to the apex of the root) and in thirds (cervical, middle and apical).

Statistical evaluation

Data were compared using one-way ANOVA and Tukey to initial volume; to increase in volume (%) in the cervical, middle and apical thirds; to debris (%) in the total and apical third; and to uninstrumented surface (%) in the total and middle and apical thirds ($\alpha = 5\%$). Kruskal-Wallis and Dunn tests were used to increase in volume (%) in the total; to debris (%) in the cervical and middle thirds; and to uninstrumented surface (%) in the cervical third ($\alpha = 5\%$).

RESULTS

The results obtained showed that there was no difference among the systems evaluated with regard the initial volume, confirming the degree of homogeneity (baseline) of the groups ($P > .05$). Unicone group was associated with the highest increase in volume values ($P < .05$), with no difference among groups in the cervical and apical thirds ($P > .05$), as shown in Table 1. For this system, a higher percentage of debris was also observed in the entire root canal and in the middle third ($P < .05$). With regard to the percentage of uninstrumented surface, there was no significant difference among the systems in the middle and apical thirds ($P > .05$). However, a higher percentage of uninstrumented surface in the entire root canal and in the cervical third was observed for Unicone Group when compared with Reciproc group ($P < .05$) (Table 1). Figure 1 shows representative 3D reconstructions of mandibular incisors before and after canal preparation with the tested systems.

Table 1 – Means and standard deviations (\pm)* or median percentage (maximum and minimum values)** of the parameters analyzed in the different experimental groups

		Experimental groups		
		R40	UniCone 20/40.06	MTwo files
		3.23±0.89 ^a	3.48±0.96 ^a	3.91±1.03 ^a
Initial volume	Total*	2.15±0.63 ^a	2.32±0.87 ^a	2.49±0.73 ^a
	Cervical*	0.81±0.25 ^a	0.98±0.3 ^a	0.99±0.32 ^a
	Médio*			
	Apical*	0.26±0.08 ^a	0.27±0.11 ^a	0.31±0.1 ^a
Increase in volume (%)	Total**	84.32 (41.7-186.9) ^b	111.9(83.53-203.2) ^a	82.08(58.17-117.1) ^b
	Cervical*	74.22±28.92 ^a	81.82±27.54 ^a	78.81±25.47 ^a
	Médio*	121.9±62.99 ^a	83.49±27.98 ^b	108.0±34.99 ^{a,b}
	Apical*	147.9±95.23 ^a	203.4±101.5 ^a	147.4±66.1 ^a
Debris (%)	Total*	2.33±1.95 ^b	4.45±2.05 ^a	2.87±1.69 ^b
	Cervical**	0.18(0.005-2.26) ^b	0.8(0.01-2.32) ^a	1.22(0.09-3.17) ^a
	Médio**	1.36(0.05-4.08) ^b	4.38(2.92-9.5) ^a	0.82(0.13-4.8) ^b
	Apical*	1.04±0.97 ^a	1.05±0.69 ^a	0.95±0.72 ^a
Uninstrumented surface (%)	Total*	17.3±10.41 ^b	30.0±7.64 ^a	23.15±12.17 ^{a,b}
	Cervical**	3.3(0.16-19.08) ^b	8.25(2.88-16.65) ^a	6.64(0.46-23.43) ^{a,b}
	Médio*	6.59±4.82 ^a	10.04±3.45 ^a	8.43±5.69 ^a
	Apical*	6.3±5.22 ^a	6.28±2.06 ^a	6.21±2.52 ^a

* Different superscript letters in the same line indicate statistical significant difference between groups (ANOVA and Tukey* or Kruskal–Wallis and Dunn** tests, P < 0.05).

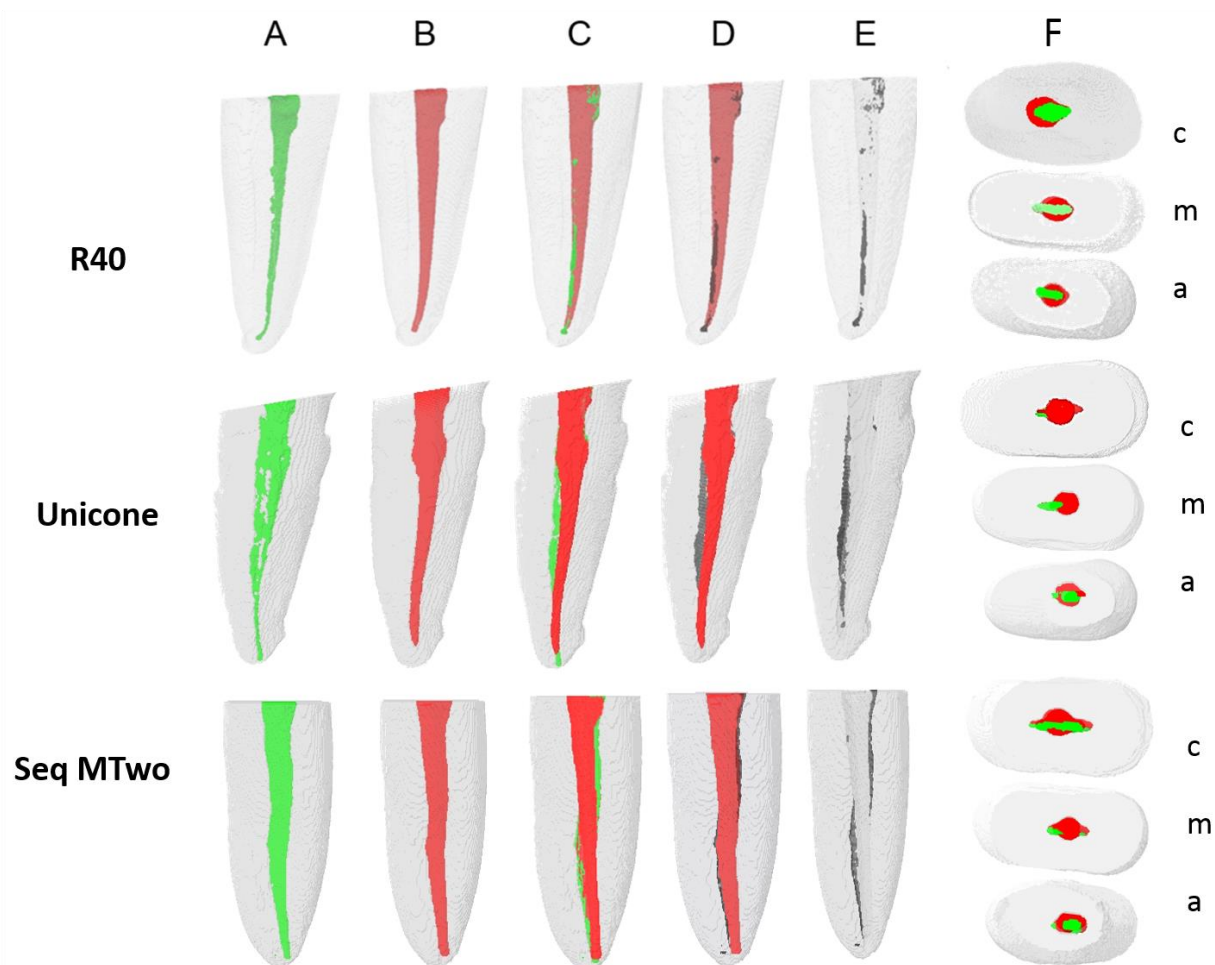


Figure 1 – Tridimensional micro-CT scan reconstructions of the external and internal anatomy of oval canals of mandibular incisors, in the Reciproc, Unicone and Mtwo groups. (A) The root canal before (green) and (B) after (red) preparation. (C) Superimposition of preoperative root canal (A) and postoperative anatomy (B). (D) Superimposition of accumulated hard-tissue debris plus instrumented areas (black areas) on the postoperative anatomy (green). (E) Total accumulated hard-tissue debris plus instrumented areas (black areas). (F) Axial view of superimposed root canals before (green) and after (red) preparation at coronal (c), middle (m), and apical (a) thirds.

DISCUSSION

The volumetric increase of the root canal, percentage of debris and uninstrumented surface have been evaluated by means of computed microtomography. Oval canal preparation represents a clinical challenge [18, 19] and the use of different instruments [14] or even auxiliary means of cleaning [15,16] did not promote complete preparation and cleaning of oval canals, corroborating the findings of the present study. The teeth were first selected by means of radiographic analysis, as other studies [3, 19, 27]. Selected teeth were then analyzed using micro-CT with regard morphological parameters of the root canals and could be randomly

assigned to one of the experimental groups. The similar initial volume to all groups proved the corrected distribution (Table 1).

In the present study, the higher increase in the root canal volume throughout the extension of the canal and in the middle third was observed for the Unicone reciprocating system, using two instruments. However, in spite of the increase in volumetric values, a higher percentage of untouched areas were also observed for this system. In previous studies, WaveOne, for example, promoted a higher increase in the volume value of the canal, with a similar percentage of uninstrumented surfaces of oval canals to Easy ProDesign Logic and OneShape systems [28]. It was also observed that although the SAF system touched the canal walls to a larger extent, it removed less dentin in the preparation of oval root canals [19]. Corroborating with our results, these data demonstrated that root canal preparation was influenced by diverse factors, such as instrument design, kinematics and number of instruments. An increase in canal volume indicates that the instrument provided greater wear on the dentin walls, but does not mean that this wear accompanied the anatomy. What probably occurred in this study is that in the Unicone group there was more prepare in the mesiodistal direction and in the middle and cervical thirds. Therefore, areas of flattening of the canal in the buccal-lingual direction were not touched by the instrument and still housed debris. The accumulation of debris may also have been favored by the desing of the instrument.

In spite of standardizing the size (instruments with tip #40) and taper (taper .06), the taper may be influenced the preparation. The Unicone instruments present a constant taper throughout the entire active part, while Reciproc presents taper .06 in the apical 3 mm and a reduction to 0.04 mm up to the end of the active part. This reduction may have favored the grater action in the middle of the oval canal, which narrows significantly [10,11], thereby promoting a larger area of instrumented surface, and a reduction in the percentage of debris. It means that the reduction of taper to Reciproc probably improve its capacity of prepare because it could reach regions of more difficult access. In the apical region, where the tip and taper were similar among the systems, no difference in the uninstrumented surface value or accumulation of debris was observed.

The size of the apical enlargement of root canal preparation can be associated to a significant effect on apical crack initiation [29]. However, with the purpose of performing a correct cleaning and disinfection of the root canals, studies have shown

that the use of larger instruments is significantly more effective in eliminating bacteria [30-32]. The enlargement of the canal to 3 sizes larger than the first apical binding file is considered adequate [33]. With respect to mandibular incisors, besides presenting greater straightening in the mesiodistal direction with irregularities more prevalent in the middle thirds, contributing to unprepared surfaces and accumulating microorganisms and debris in the canal system [10,11], this anatomy presents the prevalence of oval canals at the apical third [12,34,35], which presents difficulty to achieve efficient cleaning [17-19]. With basis on these concepts, regarding the anatomy and the systems used in our study with their availability of instruments, we standardized the preparation up to file #40, .06 taper. The use of a file #25, for example, could lead to doubts about a cleaning preparation that falls short of what is expected when disinfecting and removing debris are evaluated.

The highest percentage of uninstrumented surface in the preparation with Unicone, and the highest percentage of debris may also be related to its metallic nucleus. Reciproc and Mtwo instruments have a cylindrical nucleus, which gives them greater flexibility and escape area [36]. The Unicone instrument has a conical nucleus, which makes the instrument more rigid and less resistant, difficulting its performance in all the walls of the root canal. These characteristics corroborate previous studies, which have demonstrated low flexibility and a short lifetime during cyclic fatigue test [21, 37]. Furthermore, the Unicone instruments presented smaller escape areas [38] and interlaminar distance [39] than the Reciproc instruments. Areas that remained untouched during preparation may be colonized by biofilm, capable of compromising the endodontic treatment [16, 41].

In relation to cleaning (considered by the percentage of debris), the preparation of oval canals were shown to be cleaner (lower percentage of debris) with the reciprocating R40, and rotary system with the Mtwo sequence of instruments. A lower percentage of debris in the middle third of oval canals prepared with MTwo or R40 instruments was observed when compared with the preparation performed with a single Mtwo 40.06 instrument [7]. Favorable results were also obtained with the use of the Mtwo sequence of instruments, in the analysis of preparation in mandibular molars with two separate mesial canals and severe curvature [40]. The production of debris during preparation usually involves their accumulation in specific regions, such as isthmus, irregularities and ramifications [26]. Oval canals present mostly straightening in the middle region of the root canal

[11], making this region critical to cleaning and prepare. The smaller volumetric increase of this region observed for the Unicone system may be related to a reduced capacity of hard tissue debris removal, maintaining its accumulation in this third.

CONCLUSION

The Unicone system using two instruments in reciprocating motion resulted in higher increase in volume values. However, less remaining debris was present when Reciproc single-file and Mtwo rotary system were used. A preparation that volumetrically increases the root canal is not necessarily associated with better cleaning. Shaping and cleaning depend on root canal anatomy, kinematics, number of instruments and instrument design.

Acknowledgements

This work is supported by the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) grant (2015/03437-6).

REFERENCES

- 1- Peters OA (2009) Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 30:559-567.
- 2- De-Deus G, Barino B, Zamolyi R, et al (2010) Suboptimal debridement quality produced by the single-file F2 Protaper technique in oval-shaped canals. *J Endod* 36: 1897–1900. doi: 10.1016/j.joen.2010.08.009
- 3- Versiani MA, Leoni GB, Steier L et al (2013) Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the self-adjusting file, Reciproc, WaveOne, and ProTaper universal systems. *J Endod* 39:1060-1066. doi: 10.1016/j.joen.2013.04.009
- 4- Farmakis ET, Sotiropoulos GG, Abràmovitz I, Solomonov M (2016) Apical debris extrusion associated with oval shaped canals: a comparative study of WaveOne vs Self-Adjusting File. *Clin Oral Investig* 20:2131-2138. doi: 10.1007/s00784-016-1709-3
- 5- Vandenberghe B, Bud M, Sutanto A, Jacobs R (2010) The use of high-resolution digital imaging technology for small diameter K-file length determination in endodontics. *Clin Oral Investig* 14:223-231. doi: 10.1007/s00784-009-0285-1

- 6- Robinson JP, Lumley PJ, Cooper PR, Grover LM, Walmsley AD (2013) Reciprocating root canal technique induces greater debris accumulation than a continuous rotary technique as assessed by 3-dimensional micro-computed tomography. *J Endod* 39:1067-1070. doi: 10.1016/j.joen.2013.04.003
- 7- Espir CG, Nascimento-Mendes CA, Guerreiro-Tanomaru JM, Freire LG, Gavini G, Tanomaru-Filho M (2017) Counterclockwise or clockwise reciprocating motion for oval root canal preparation: a micro-CT analysis. *Int Endod J*. doi: 10.1111/iej.12776.
- 8- Pedullà E, Grande NM, Plotino G, Gambarini G, Rapisarda E (2013) Influence of continuous or reciprocating motion on cyclic fatigue resistance of 4 different nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 39:258–261. doi: 10.1016/j.joen.2012.10.025
- 9- Amoroso-Silva P, Alcalde MP, Duarte MA et al (2016) Effect of finishing instrumentation using niti hand files on volume, surface area and uninstrumented surfaces in C-shaped root canal systems. *Int Endod J*. doi: 10.1111/iej.12660
- 10- Metzger Z, Zary R, Cohen R, Teperovich E, Paqué F (2010) The quality of root canal preparation and root canal obturation in canals treated with rotary versus self-adjusting files: a threedimensional micro-computed tomographic study. *J Endod* 36:1569-1573. doi: 10.1016/j.joen.2010.06.003
- 11- Moura-Netto C, Palo RM, Pinto LF, Mello-Moura AC, Daltoé G, Wilhelmsen NS (2015) CT study of the performance of reciprocating and oscillatory motions in flattened root canal areas. *Braz Oral Res* 29:1-6.
- 12- Wu MK, R'Oris A, Barkis D, Wesselink PR (2000) Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 89:739–743.
- 13- Jou YT, Karabucak B, Levin J, Liu D (2004) Endodontic working width: current concepts and techniques. *Dent Clin North Am* 48:323-335. doi: 10.1016/j.cden.2003.12.006
- 14- Versiani MA, Pécora JD, de Sousa-Neto MD (2011) Flat-oval root canal preparation with self-adjusting file instrument: a micro-computed tomography study. *J Endod* 37:1002-1007. doi: 10.1016/j.joen.2011.03.017
- 15- Siqueira JF Jr, Alves FR, Almeida BM, de Oliveira JC, Rôças IN (2010) Ability of chemomechanical preparation with either rotary instruments or self-adjusting file to disinfect oval-shaped root canals. *J Endod* 36:1860-1865. doi: 10.1016/j.joen.2010.08.001

- 16- Alves FR, Almeida BM, Neves MA, Moreno JO, Rôças IN, Siqueira JF Jr (2011) Disinfecting oval-shaped root canals: effectiveness of different supplementary approaches. *J Endod* 37:496-501. doi: 10.1016/j.joen.2010.12.008
- 17- Versiani MA, Leoni GB, Steier L et al (2013) Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the self-adjusting file, Reciproc, WaveOne, and ProTaper universal systems. *J Endod* 39:1060-1066. doi: 10.1016/j.joen.2013.04.009
- 18- De-Deus G, Belladonna FG, Silva EJ et al (2015) Micro-CT evaluation of non-instrumented canal areas with different enlargements performed by NiTi systems. *Braz Dent J* 26:624-629. doi: 10.1590/0103-6440201300116
- 19- Zuolo ML, Zaia AA, Belladonna FG, et al (2017) Micro-CT assessment of the shaping ability of four root canal instrumentation systems in oval-shaped canals. *Int Endod J* doi: 10.1111/iej.12810 [Epub ahead of print]
- 20- Maia Filho EM, Rizzi Cde C, Coelho MB, et al (2015) Shaping ability of Reciproc, Unicone, and Protaper Universal in simulated root canals. *ScientificWorldJournal*. doi: 10.1155/2015/690854
- 21- Silva EJ, Villarino LS, Vieira VT et al (2016) Bending Resistance and Cyclic Fatigue Life of Reciproc, Unicone, and WaveOne Reciprocating Instruments. *J Endod* 42:1789-1793. doi: 10.1016/j.joen.2016.08.026
- 22- Busquim S, Cunha RS, Freire L, Gavini G, Machado ME, Santos M (2015) A micro-computed tomography evaluation of long-oval canal preparation using reciprocating or rotary systems. *Int Endod J* 48:1001-1006. doi: 10.1111/iej.12398.
- 23- Sant'Anna Júnior A, Cavenago BC, Ordinola-Zapata R et al (2014) The effect of larger apical preparations in the danger zone of lower molars prepared using the Mtwo and Reciproc systems. *J Endod* 40:1855-1859. doi: 10.1016/j.joen.2014.06.020
- 24- Freire LG, Iglecias EF, Cunha RS, Dos Santos M, Gavini G (2015) Micro-computed tomographic evaluation of hard tissue debris removal after different irrigation methods and its influence on the filling of curved canals. *J Endod* 41:1660-1666. doi: 10.1016/j.joen.2015.05.001
- 25- da Silva Limoeiro AG, Dos Santos AH, De Martin AS et al (2016) Micro-computed tomographic evaluation of 2 nickel-titanium instrument systems in shaping root canals. *J Endod* 42:496-499. doi: 10.1016/j.joen.2015.12.007

- 26- Paqué F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M (2009) Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *J Endod* 35:1044-1047. doi: 10.1016/j.joen.2009.04.026
- 27- Oliveira MA, Alves LD, Pereira AG, Raposo LH, Biffi JC (2015) Influence of flexion angle of files on the decentralization of oval canals during instrumentation. *Braz Oral Res*. doi: 10.1590/1807-3107BOR-2015.vol29.0078
- 28- Coelho BS, Amaral RO, Leonardi DP et al (2016) Performance of Three Single Instrument Systems in the Preparation of Long Oval Canals. *Braz Dent J* 27:217-222. doi: 10.1590/0103-6440201302449
- 29- Çapar İD, Uysal B, Ok E, Arslan H (2015) Effect of the size of the apical enlargement with rotary instruments, single-cone filling, post space preparation with drills, fiber post removal, and root canal filling removal on apical crack initiation and propagation. *J Endod* 41:253-6. doi: 10.1016/j.joen.2014.10.012.
- 30- Siqueira JF Jr, Lima KC, Magalhães FA, Lopes HP, de Uzeda M (1999) Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *J Endod* 25:332-33. doi: 10.1016/S0099-2399(06)81166-0
- 31- Mickel AK, Chogle S, Liddle J, Huffaker K, Jones JJ (2007) The role of apical size determination and enlargement in the reduction of intracanal bacteria. *J Endod* 33:21-23. doi: 10.1016/j.joen.2006.08.004
- 32- Rollison S, Barnett F, Stevens RH (2002) Efficacy of bacterial removal from instrumented root canals in vitro related to instrumentation technique and size. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 94:366-371. doi: 10.1067/moe.2002.126164
- 33- Saini HR, Tewari S, Sangwan P, Duhan J, Gupta A (2012) Effect of different apical preparation sizes on outcome of primary endodontic treatment: a randomized controlled trial. *J Endod* 38:1309-1315. doi: 10.1016/j.joen.2012.06.024
- 34- Milanezi de Almeida M, Bernardineli N, Ordinola-Zapata R, Villas-Boas MH, Amoroso-Silva PA, Brandao CG, Guimaraes BM, Moraes IG, Hungaro-Duarte MA (2013) Micro-Computed Tomography Analysis of the Root Canal Anatomy and Prevalence of Oval Canals in Mandibular Incisors. *J Endod* 19:1529-1533. doi: 10.1016/j.joen.2013.08.033

- 35- Leoni GB, Versiani MA, Pécora JD, Sousa-Neto MD (2014) Micro-Computed Tomographic Analysis of the Root Canal Morphology of Mandibular Incisors. *J Endod* 40:710-716. doi: 10.1016/j.joen.2013.09.003.
- 36- Lopes HP, Elias CN, Vieira MV, Siqueira JF Jr, Mangelli M, Lopes WS, Vieira VT, Alves FR, Oliveira JC, Soares TG (2013) Fatigue Life of Reciproc and Mtwo instruments subjected to static and dynamic tests. *J Endod* 39:693-6. doi: 10.1016/j.joen.2012.11.048.
- 37- de Almeida-Gomes F, de Matos HR, Nunes RF, et al (2016) Cyclic fatigue resistance of different continuous rotation and reciprocating endodontic systems. *Indian J Dent Res* 27:278–82. doi: 10.4103/0970-9290.186244
- 38- Alcalde MP, Tanomaru-Filho M, Bramante CM, et al (2017) Cyclic and Torsional Fatigue Resistance of Reciprocating Single Files Manufactured by Different Nickel-titanium Alloys. *J Endod* 43:1186-1191. doi: 10.1016/j.joen.2017.03.008
- 39- Sampaio FC, Brito AP, Veloso HH et al (2017) Flute and shank dimensions of reciprocating instruments before and after simulated root canal shaping. *J Contemp Dent Pract* 18:198-204
- 40- Dietrich MA, Kirkpatrick TC, Yaccino JM (2012) In vitro canal and isthmus debris removal of the self-adjusting file, K3, and WaveOne files in the mesial root of human mandibular molars. *J Endod* 38:1140-1144. doi: 10.1016/j.joen.2012.05.007
- 41- Pedullà E, Plotino G, Grande NM et al (2016) Shaping ability of two nickel-titanium instruments activated by continuous rotation or adaptive motion: a micro-computed tomography study. *Clin Oral Investig* 20:2227-2233. doi: 10.1007/s00784-016-1732-4

3.4 Publicação 4*

Effect of different root canal preparation in different filling techniques of oval canal obturation. A microcomputed tomography study

ABSTRACT

Aim: Root canal preparation influences the root canal filling. The aim of this study was to evaluate the influence of reciprocating motion in counter-clockwise and clockwise direction or rotary instrumentation on root canal filling.

Methodology: Oval-shaped mandibular incisors were prepared (n=20) using Reciproc 40 (R40); MTwo size 40, .06 taper (M 40.06) in clockwise reciprocating motion; or MTwo rotary files. After preparation, the teeth were filled with single-cone (n=10) or lateral condensation (n=10) techniques, with gutta-percha and AH Plus sealer. Root canals before and after preparation, and after filling were assessed by micro-computed tomography (SkyScan 1176). Percentage of volume, debris, uninstrumented surface and voids in root canal filling were analyzed in the entire root canal and in each third of the canal. Data were compared using ANOVA and Tukey or Kruskal-Wallis and Dunn tests ($\alpha = 5\%$).

Results: The increase in volume was similar among the groups ($p > .05$). MTwo Rotary files was associated with higher debris and uninstrumented surface in the cervical third ($p < .05$). A higher percentage of failure was observed for the single-cone technique in the entire root canal and in cervical and apical thirds after MTwo Rotary preparation ($p < .05$). R40 and MTwo size 40, .06 taper were associated with less remaining debris and similar root canal filling was observed for these techniques ($p > .05$).

Conclusions: The root canal preparation can influence the quality of root canal filling. Higher percentage of debris after preparation with MTwo rotary files resulted in a higher percentage of failures for the single-cone filling technique.

* Artigo submetido e descrito segundo as normas do periódico *International Endodontics Journal*

INTRODUCTION

Tridimensional filling after root canal preparation is essential for the prognosis of endodontic treatment (Whitworth 2005). The effect of different types of preparations on the quality of filling has demonstrated similar sealing in canals prepared with MTwo or Protaper, and filled with a single, lateral condensation, or heated vertical compaction techniques (Taşdemir *et al.* 2009). Moreover, similar leakage have been observed after preparation with rotary instruments in root canals filled with sealer and gutta percha (Genç *et al.* 2011). The influence of root canal preparation on filling quality may also be associated with the variability in conicity between the preparation and gutta percha used, producing differences in the percentages of gutta percha, areas filled with sealer, and failures (Schäfer *et al.* 2013).

Oval root canals present difficult to root canal preparation due to the irregularities more prevalent in the middle third (Moura-Netto *et al.* 2015), which compromises the proper cleaning (De Deus *et al.* 2006). Even after root canal preparation, uninstrumented areas may be observed in many oval canals, and these regions will not be completely filled (Wu & Wessilink 2001). In the analysis of filling after flattened canals preparation with the K3 system, failures were observed, even with the use of the thermomechanical compaction, wave condensation and Thermafil techniques (De Deus *et al.* 2008).

Single-cone or lateral compaction filling techniques are widely used (Schäfer *et al.* 2013, De Deus *et al.* 2006, Wu & Wessilink 2001, De Deus *et al.* 2008). Similar quantity of gutta percha (Gordon *et al.* 2005), sealing ability (Yilmaz *et al.* 2009) and filling quality (Hosted-Bindslev *et al.* 2011, Wu *et al.* 2009) have been observed when these techniques were compared. On the other hand, less filling have also been observed by the single-cone technique relative to the percentage of area filled by gutta-percha (Schäfer *et al.* 2012), coronal sealing ability (Al-Hadlaq *et al.* 2010) and a larger quantity of sealer and failure (Marciano *et al.* 2011). Micro computed tomography (micro-CT) has been widely used for analyzing the quality of filling (Jung *et al.* 2005, Somma *et al.* 2011, Celikten *et al.* 2015, Ho *et al.* 2016, Araújo *et al.* 2016, Küçükkaya *et al.* 2015), allowing tridimensional volumetric results to be found.

Therefore, the aim of this study was to assess, through micro computed tomography, the influence of different preparations on the quality of oval canal

fillings. The null hypothesis tested was that the use of different preparations would have no influence on the filling by the single-cone or lateral compaction techniques.

MATERIALS AND METHODS

Selection of teeth

The Dental School Committee approved this project (#31725014.7.0000.5416). Sixty-six mandibular incisors were analyzed by measuring the mesiodistal and buccolingual length using digital radiography (Kodak RVG 6100). Teeth with a long to short canal ratio between 2 and 4 ($2 \leq RD \leq 4$), single root and completely formed apices were selected. The radiographically selected specimens were then scanned using a high-definition micro-CT scanner SkyScan 1176 (SkyScan 1176, Bruker-microCT, Kontich, Belgium) at 70 kV, 353uA, 360° rotations, a 0.5-mm-thick aluminum filter and 0.5° rotation step, resulting in an image with 17.42 μm voxel size. With regard to the morphological parameters of the root canals (length, volume and surface area), sixty root canals (n=60) were randomly assigned to one of the three different instrumentation groups.

Root canal preparation

The conventional access to the root canals was performed using high-speed diamond burs (n.2, KG Sorensen, Sao Paulo, SP, Brazil) and the patency of the root canals was confirmed when a #10 K-file (Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland) was visible at the apical foramen. The working length (WL) was then set at 1.0 mm shorter and a glide path was established by using a size 10 K-file (Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland). A single operator with clinical experience prepared all samples.

Root canal preparation with Reciproc 40 (n=20): R40 (size 40, .06 taper) instruments were acted in reciprocating motion (VDW.SILVER, VDW GmbH), according to manufacturer's instructions. The instrument was gradually inserted into root canal in a slow in-and-out motion in the three levels (cervical, middle and apical), with a standardized brushing motion against the walls. A new R40 instrument was used for each root canal preparation.

Preparation with MTwo size 40, .06 taper (n=20): MTwo 40 (size 40, .06 taper) instruments were used in an alternating rotation (150° in clockwise [CW] 150° and counter-clockwise [CCW] 30°) driven with ENDO DUAL electric motor (Satelec, By Dental srl, Pistoia, Italy). The recommended in-and-out motion was the same as

described for the R40. A new M size 40, .06 taper instrument was used for each root canal preparation.

Preparation with MTwo files (n=20): MTwo files were used in sequence and in rotary motion (VDW.SILVER, VDW GmbH). For cervical, middle and apical preparation, size 25, .07 taper, size 25, .06 taper and size 20, .06 taper instruments, respectively, were used. After this, a sequence of MTwo files from size 25, .06 taper instrument up to size 40, .06 taper instrument were used.

Root canal irrigation was performed with a total of 6 mL 2.5% NaOCl (2 mL for each third in single techniques and 1 mL for each instrument change to Mtwo rotary system) and a final irrigation with 2 mL 17% EDTA and 2 mL of saline. Root canals were dried with absorbent paper points (Dentsply Sirona).

Root canal filling

All prepared teeth were redistributed (n=10 each group) and filled with gutta-percha and AH Plus sealer using two techniques:

Single-cone technique: a gutta-percha point (Mtwo, VDW GmbH, Munich, Germany) corresponding to the final instrument was chosen. AH Plus sealer (Dentsply, GmbH, Konstanz, Germany) manipulated according to fabricant instructions was taken to the canal using Lentulo #40 (Dentsply, GmbH, Konstanz, Germany) and the gutta-percha cone was coated with sealer before insertion into the canal. The excess of gutta-percha and sealer was removed with a hot instrument.

Lateral condensation technique: gutta-percha cones 0.02/40 in size (Mtwo, VDW GmbH, Munich, Germany) were fitted into the full WL. AH Plus sealer (Dentsply, GmbH, Konstanz, Germany) was taken to the canal using Lentulo #40 (Dentsply, GmbH, Konstanz, Germany). The cones were coated with the sealer and placed in the root canal. Finger spreaders size B (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Germany) were adjusted to the level of 1-2 mm from the cone tips and accessory cones size XF (Tanari, São Paulo, Brazil) were inserted into the space formed, until the entire root canal was filled. The excess of gutta-percha and sealer was removed with a hot instrument.

The filled teeth were stored at 37°C under 100% humidity for 7 days.

Assessment of canal preparation and filling

After reconstruction of the scans before and after root canal preparation by using NRecon software, the datasets were geometrically aligned by using the 3D registration function of the Data Viewer software (Data Viewer v.1.5.1, Bruker

microCT). Images were quantitatively analyzed using CTAn software (CTAn v.1.14.4, Bruker microCT) and defined parameters of increase in volume, percentage of debris and percentage of uninstrumented surface were established as previously described (Freire *et al.* 2015, Espir *et al.* 2017).

Using the segmentation of the filling material (gutta-percha and sealer), voids were calculated by subtracting the post-preparation canal volume value from the volume of filling material value. The percentage of filling material and voids were calculated using filling material volume x 100 / post-preparation canal volume and the percentage of voids using 100 - % filling material (Freire *et al.* 2015).

The analysis was performed in the total extension of the samples (from the coronal limit that enamel became invisible to the apex of the root) and in thirds (cervical, middle and apical).

Statistical evaluation

Data obtained for preparations were submitted to one-way ANOVA and Tukey tests ($\alpha=0.05$) or Kruskal–Wallis complemented by Dunn's test for multiple comparisons ($\alpha=0.05$). The analyses of failure in filling were submitted to the paired T-test ($\alpha=0.05$).

RESULTS

There was no difference among the systems evaluated with regard the increase in volume ($P>.05$) in all segments of the root canal. In the entire root canal and apical and middle thirds, there was no difference in debris and uninstrumented surface ($P>.05$). However, the cervical third was associated with a higher percentage of debris and uninstrumented surface for the preparation using MTwo files in rotary motion ($P<.05$), Data are presented in Table 1. The 3D reconstructions of the groups are shown in Figure 1.

Furthermore, significant difference between the filling techniques was observed only for the group that was prepared with MTwo files in rotary motion, with higher percentage of failure for the single-cone technique in the entire root canal and in the apical and cervical thirds ($P<.05$), as shown in Table 2. The 3D reconstructions of the groups are shown in Figure 1.

Table 1 – Mean and Standard Deviation (\pm)* or median percentage (maximum and minimum values)** of the initial volume, percentage increase in volume, percentage

of debris and percentage of uninstrumented surface of the specimens in the different experimental groups

		Experimental Groups		
		R40	MTwo 40.06	MTwo Sequence
Increase in	Total**	79.78 (28.6-186.9) ^a	103.0(21.82-281.6) ^a	95.59(39.37-202.2) ^a
Volume (%)	Cervical*	66.04±31.03 ^a	101.4±76.85 ^a	79.35±28.15 ^a
	Middle*	107.0±63.98 ^a	121.0±89.63 ^a	110.3±41.43 ^a
	Apical**	127.59(6.71-345.4) ^a	114.9 (15.97-345.4) ^a	146.7(31.58-280.9) ^a
Debris (%)	Total**	2.23 (0.36-5.85) ^a	3.67 (0.08-22.59) ^a	2.9 (0.41-7.41) ^a
	Cervical**	0.4(0.005-2.26) ^b	0.69 (0.008-4.23) ^b	1.18(0.09-3.17) ^a
	Middle*	1.35(0.05-4.08) ^a	1.88 (0.001-12.71) ^a	1.17 (0.13-4.8) ^a
	Apical**	1.02 (0.0003-3.2) ^a	1.07 (0.005-5.61) ^a	0.96 (0.003-2.66) ^a
Uninstrumented Surface (%)	Total*	17.3±9.61 ^a	17.6±9.47 ^a	23.45±11.68 ^a
	Cervical**	3.06 (0.16;-19.08) ^b	4.81 (0.03;-13.35) ^b	*6.72 (-23.43) ^a
	Middle*	6.58±4.35 ^a	7.71±5.52 ^a	8.61±5.32 ^a
	Apical**	6.63±4.99 ^a	5.14±3.9 ^a	6.27±2.46 ^a

Different superscript letters on the same line indicated statistical difference among the groups (ANOVA and Tukey* or Kruskal–Wallis and Dunn** tests, P < 0.05).

Table 2 – Volumetric data of filling quality - percentage of failures with different filling techniques

		Experimental Groups					
		R40		MTwo 40.06		MTwo Sequence	
		LC	SC	LC	SC	LC	SC
Failures in Filling (%)	Total	8.65±2.55 ^a	9.56±4.41 ^a	5.27±2.92 ^a	6.94±4.11 ^a	7.98±3.68 ^b	14.52±6.29 ^a
	Cervical	3.18±2.53 ^a	4.05±4.51 ^a	5.28±3.75 ^a	8.08±5.81 ^a	6.9±5.02 ^b	13.2±7.21 ^a
	Middle	9.18±4.78 ^a	9.59±7.59 ^a	7.63±4.26 ^a	9.4±5.08 ^a	11.46±4.44 ^a	15.06±6.11 ^a
	Apical	9.61±3.89 ^a	10.22±10.82 ^a	10.56±5.96 ^a	16.92±17.4 ^a	4.7±2.25 ^b	14.7±7.34 ^a

Different superscript letters on the same line for each preparation indicated statistical difference among the filling techniques (non-paired T-test, P<0.05). LC = lateral condensation; SC = single-cone.

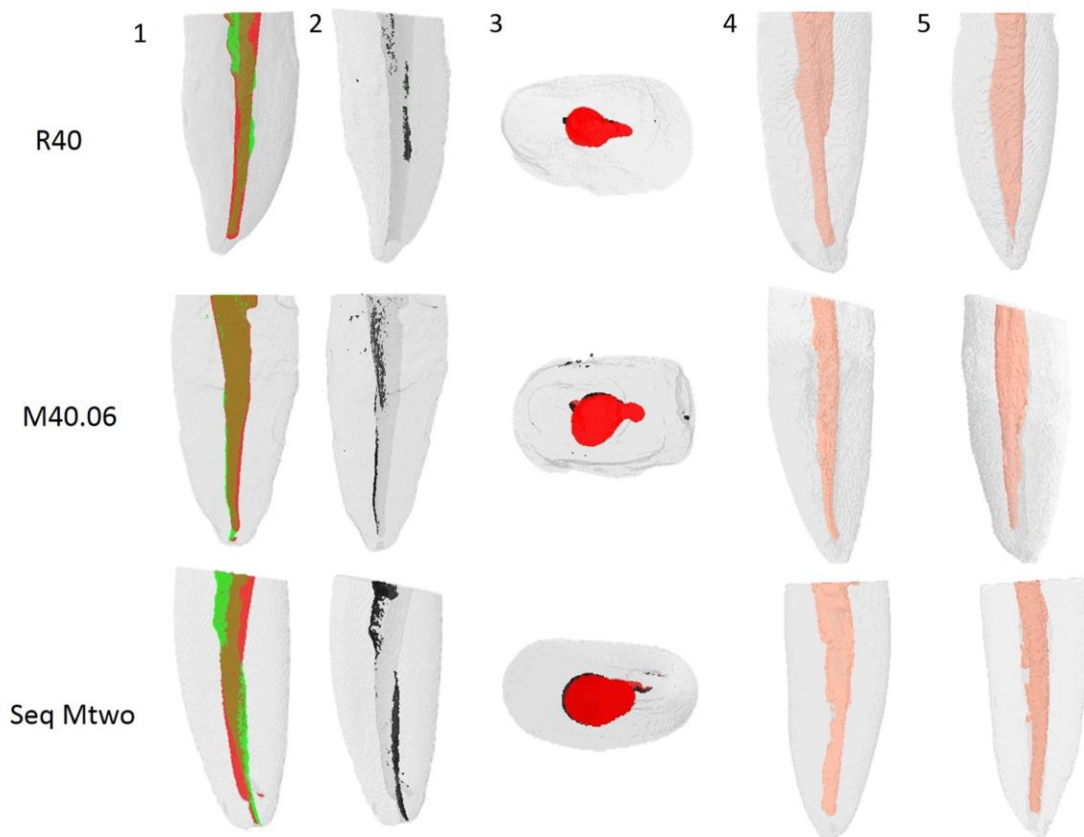


Figure 1 – Three-dimensional micro-CT scans reconstruction of the external and internal anatomy of mandibular oval incisors prepared with R40, M40.06 and M20/40.06. Superimposition of preoperative root canal (green) and post-instrumentation (red) (1). Total accumulated hard-tissue debris plus instrumented areas (black areas) (2). An axial view of superimposition of post-instrumentation (red) and debris (black) to the cervical third (3). Representative reconstruction of filling with single-cone (4) and lateral condensation (5).

DISCUSSION

The root canal shaping and cleaning may influence the quality of the root canal filling. Root canal preparation of the ProTaper or MTwo rotary systems produced similar sealing in filling by the single-cone, lateral compaction or heated vertical compaction techniques (Taşdemir *et al.* 2009). In the analysis of apical preparation using rotary or manual instrumentation, leakage after filling was observed in all the groups (Genç *et al.* 2011).

According to the results of the present study, higher root canal cleaning values occurred for the preparations performed with R40 and MTwo 40.06 in reciprocant motion instruments, with a lower percentage of debris. Filling by means of the single-cone or lateral compaction techniques after the use of these preparation techniques showed similar quality, without difference between them. The higher percentage of

debris and uninstrumented surface in the cervical third observed for the preparation with the MTwo sequence, could have interfered in the filling of the root canals, because difference was observed between the filling techniques, with a higher percentage of failures for the single-cone technique in the entire extension, cervical and apical thirds. Analysis of the preparation and filling of oval canals demonstrated uninstrumented areas in 65% of the canals, and in the majority of cases, these areas showed filling with visible failures, or were unfilled (Wu & Wessilink 2001). In a recent study, areas that remained untouched after instrumentation, as revealed by microtomographic analyses, were usually observed to be covered with debris in the form of pulp tissue remnants, bacteria and dentine chips (Siqueira *et al.* 2017). This layer of organic and inorganic material produced by instrumentation harms the adaptation of the filling material to the canal walls (Violich & Chandler 2010).

The apical third of the root canal represents the critical region of endodontic treatment, with greater difficulty to disinfect the root canal (Schilder 1967). In the present study, the highest percentage of failures for the single-cone with significant difference to lateral condensation in this third was observed after preparation by means of the MTwo sequence. The cervical region of this preparation remained with the highest percentage of untouched areas, and these were probably covered with debris (Siqueira *et al.* 2017), which may have influenced the adaptation of the cement to the canal walls (Violich & Chandler 2010), and increased the percentage of failures in this region.

In the present study, the use of rotary kinematics and MTwo system resulted in reduced cleaning, with a higher percentage of debris and uninstrumented surface in the cervical third. The use of the ProTaper rotary system in the preparation of mandibular molars also presented accumulation of debris after analysis by Micro-CT (Paqué *et al.* 2009). However, the reciprocating technique (WaveOne) promoted higher values of debris accumulation than the rotary (ProTaper) system after the preparation of mandibular molars (Robinson *et al.* 2013). Evaluation by computed microtomography demonstrated the presence of debris after various preparation techniques (Paqué *et al.* 2009, Robinson *et al.* 2013), or means of irrigation (Paqué *et al.* 2012).

The filling quality may also be influenced by the anatomy of canals. In a study comparing the percentage of gutta-percha area in oval mandibular incisors, a limited

filling ability was observed when using three different filling techniques (De Deus *et al.* 2008), without difference among the techniques. These results corroborate the findings of the present study for the groups R40 and MTwo 40.06, in which the lateral compaction and single-cone techniques were similar. In a comparative study of the percentage of gutta-percha, cement and failures, and the influence of isthmus in the mesial root of mandibular molars filled by means of different techniques, no differences were also observed between the single-cone and lateral compaction techniques at the level of 2 mm (Marciano *et al.* 2011). On the other hand, the difficulty with cleaning and filling associated with the oval canal anatomy must be considered (De Deus *et al.* 2006, Wu & Wessilink 2001, De Deus *et al.* 2007), and may justify the failures observed in all the techniques used.

CONCLUSIONS

In conclusion, preparation of oval canals with the reciprocating techniques R40 and MTwo 40.06 produced higher percentages of cleaning in the cervical third, resulting in similar filling conditions for the single-cone and lateral compaction techniques. MTwo rotary systems resulted in higher percentages of debris and uninstrumented surface at cervical third, resulting in failures for single-cone fillings compared to lateral condensation. The cleaning capacity produced by the system used influenced the filling ability by means of single-cone technique.

Acknowledgments

This work was supported by the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) grant (2015/03437-6).

The authors deny any conflicts of interest related to this study.

REFERENCES

- Al-Hadlaq SM, Al-Jamhan A, Alsaeed T (2010) Comparison of the single cone and lateral compaction techniques in sealing 0.04 taper root canal preparations. *General Dentistry* 58, e219–22.
- Araújo VL, Souza-Gabriel AE, Cruz Filho AM, Pécora JD, Silva RG (2015) Volume of sealer in the apical region of teeth filled by different techniques: a micro-CT analysis.

Brazilian Oral Research doi: 10.1590/1807-3107BOR-2016.vol30.0027. [Epub ahead of print].

Celikten B, F Uzuntas C, I Orhan A, Tufenkci P, Misirli M, O Demiralp K, Orhan K (2015) Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques. *Journal of Oral Science* 57, 361-6.

De Deus G, Murad CF, Reis CM, Gurgel-Filho E, Coutinho Filho T (2006) Analysis of the sealing ability of different obturation techniques in oval-shaped canals: a study using a bacterial leakage model. *Brazilian Oral Research* 20, 64 –9.

De-Deus G, Audi C, Murad C, Fidel S, Fidel RA (2007) Sealing ability of oval-shaped canals filled using the System B heat source with either gutta-percha or Resilon: an ex vivo study using a polymicrobial leakage model. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 104, 114 –9.

De-Deus G, Reis C, Beznos D, de Abranches AM, Coutinho-Filho T, Paciornik S (2008) Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. *Journal of Endodontics* 34, 1401-5.

Espir CG, Nascimento-Mendes CA, Guerreiro-Tanomaru JM, Freire LG, Gavini G, Tanomaru-Filho M (2017) Counterclockwise or clockwise reciprocating motion for oval root canal preparation: a micro-CT analysis. *International Endodontics Journal* doi: 10.1111/iej.12776. [Epub ahead of print]

Freire LG, Iglecias EF, Cunha RS, Dos Santos M, Gavini G (2015) Micro-Computed Tomographic Evaluation of Hard Tissue Debris Removal after Different Irrigation Methods and Its Influence on the Filling of Curved Canals. *Journal of Endodontics* 41, 1660-6.

Genç Ö, Alaçam T, Kayaoglu G (2011) Evaluation of three instrumentation techniques at the precision of apical stop and apical sealing of obturation. *Journal of Applied Oral Science* 19, 350-4

Gordon MP, Love RM, Chandler NP (2005) An evaluation of .06 tapered gutta-percha cones for filling of .06 taper prepared curved root canals. *International Endodontics Journal* 38, 87–96.

Ho ES, Chang JW, Cheung GS (2016) Quality of root canal fillings using three gutta-percha obturation techniques. *Restorative Dentistry & Endodontics* 41, 22-8.

Hosted-Bindslev P, Andersen MA, Jensen MF, Nilsson JH, Wenzel A (2007) Quality of molar root canal fillings performed with the lateral compaction and the single-cone technique. *Journal of Endodontics* 33, 468–71.

- Jung M, Lommel D, Klimek J (2005) The imaging of root canal obturation using micro-CT. *International Endodontics Journal* 38, 617–26.
- Küçükkaya Eren S, Askerbeyli Örs S, Yılmaz Z (2017) Effect of Post Space Preparation on Apical Obturation Quality of Teeth Obturated with Different Techniques: A Micro-computed Tomographic Study. *Journal of Endodontics* 43, 1152-6.
- Marciano MA, Ordinola-Zapata R, Cunha TV, Duarte MA, Cavenago BC, Garcia RB, Bramante CM, Bernardineli N, Moraes IG (2001) Analysis of four gutta-percha techniques used to fill mesial root canals of mandibular molars. *International Endodontics Journal* 44, 321-9.
- Moura-Netto C, Palo RM, Pinto LF, Mello-Moura AC, Daltoé G, Wilhelmsen NS (2015) CT study of the performance of reciprocating and oscillatory motions in flattened root canal areas. *Brazilian Oral Research* 29, 1-6.
- Paqué F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M (2009) Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *Journal of Endodontics* 35, 1044-7.
- Paqué F, Rechenberg DK, Zehnder M (2013) Reduction of hard-tissue debris accumulation during rotary root canal instrumentation by etidronic acid in a sodium hypochlorite irrigant. *Journal of Endodontics* 38, 692-5.
- Robinson JP, Lumley PJ, Cooper PR, Grover LM, Walmsley AD (2013) Reciprocating root canal technique induces greater debris accumulation than a continuous rotary technique as assessed by 3-dimensional micro-computed tomography. *Journal of Endodontics* 39, 1067–70.
- Schäfer E, Nelius B, Bürklein S (2012) A comparative evaluation of gutta-percha filled areas in curved root canals obturated with different techniques. *Clinical Oral Investigation* 16, 225–30.
- Schäfer E, Köster M, Bürklein S (2013) Percentage of gutta-percha-filled areas in canals instrumented with nickel-titanium systems and obturated with matching single cones. *Journal of Endodontics* 39, 924-8.
- Schilder H. Filling root canals in three dimensions (1967) *Dental Clinics of North America*, 723-44.
- Siqueira JF Jr, Pérez AR, Marceliano-Alves MF, *et al.* (2017) What happens to unprepared root canal walls: a correlative analysis using micro-computed

tomography and histology/scanning electron microscopy. *International Endodontics Journal* doi: 10.1111/iej.12753. [Epub ahead of print]

Somma F, Cretella G, Carotenuto M, *et al.* (2011) Quality of thermoplasticized and single point root fillings assessed by micro-computed tomography. *International Endodontics Journal* 44, 362-9.

Taşdemir T, Er K, Yildirim T, *et al.* (2009) Comparison of the sealing ability of three filling techniques in canals shaped with two different rotary systems: a bacterial leakage study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 108, e129-34.

Violich DR, Chandler NP (2010) The smear layer in endodontics - a review. *International Endodontics Journal* 43, 2-15.

Whitworth J (2005) Methods of filling root canals: principles and practices. *Endodontic Topics* 12, 2–24.

Wu MK, Wessilink PR (2001) A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *International Endodontics Journal* 34, 137– 41.

Wu MK, Bud MG, Wesselink PR (2009) The quality of single cone and laterally compacted gutta-percha fillings in small and curved root canals as evidenced by bidirectional radiographs and fluid transport measurements. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 108, 946–51.

Yilmaz Z, Deniz D, Ozcelik B, *et al.* (2009) Sealing efficiency of BeeFill 2in1 and System B/ Obtura II versus single-cone and cold lateral compaction techniques. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 108, e51–5.

3.5 Publicação 5*

Análise em Micro-CT da qualidade de obturação pela técnica de cone único de canais radiculares ovais com Neo MTA Plus

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade de preenchimento de canais radiculares ovais obturados com cimento NeoMTA Plus. Canais radiculares de vinte incisivos inferiores classificados radiograficamente como ovais foram preparados com sistema recíprocante Unicone tamanho 20, conicidade .06 e 40, conicidade .06. Os canais radiculares foram obturados pela técnica de cone único com Neo MTA Plus (n=10) ou AH Plus (n=10). Escaneamentos após preparo e após obturação foram realizados utilizando o microtomógrafo SkyScan 1176 with 17.42µm voxel size. Os softwares CTan e CTVol foram usados para avaliação da quantidade de material obturador e de falhas na obturação por meio de análises volumétricas. Os dados foram submetidos ao teste T não pareado, com 5% de significância. Não foram observadas diferenças significantes após análise do percentual de falhas nos terços cervical (9.15 e 10.19), médio (8.69 e 9.27) e apical (9.61 e 12.31), para obturação com cimentos AH Plus ou Neo MTA Plus, respectivamente (P>.05). Conclui-se que o cimento de silicato de cálcio Neo MTA Plus apresenta capacidade de preenchimento de canais ovais pela técnica de cone único sendo similar ao AH Plus.

Palavras-chave: endodontia, preparo, obturação do canal radicular, microtomografia por raio-X.

* Artigo segundo as normas do periódico *Brazilian Dental Journal*

INTRODUÇÃO

MTA Plus (Avalon Biomed Inc., Bradenton, FL, USA) é um cimento à base de silicatos de cálcio composto por silicato tricálcico, silicato dicálcico, sulfato de cálcio, carbonato de cálcio e óxido de bismuto. MTA Plus apresenta capacidade de formação de minerais de fosfato de cálcio (1), maior porosidade e solubilidade, além de capacidade de nuclear fosfatos de cálcio na superfície após imersão no HBSS (2).

Neo MTA Plus (Avalon Biomed Inc., Bradenton, FL, USA) é também um cimento a base de silicatos de cálcio, desenvolvido com composição semelhante ao MTA Plus e radiopacificador óxido de tântalo (Ta_2O_5) em substituição ao óxido de bismuto (Bi_2O_3). Apresenta adequada radiopacidade e hidratação, não promove descoloração (3), promove liberação de íons cálcio e hidroxila maior que MTA Plus (2), além de apresentar biocompatibilidade (4). AH Plus é considerado um material padrão ouro, em especial por apresentar propriedades físico-químicas satisfatórias como porosidade, biocompatibilidade, viabilidade celular (5,6) além de menor percentual de falhas na obturação quando comparado ao cimento a base de silicato tricálcico BioRoot (6). AH Plus apresenta maior capacidade de preenchimento na região apical de incisivos inferiores que outros cimentos (7). Ainda, menores percentuais de falhas foram observados para AH Plus quando comparado a MTA Fillapex a 4 mm do ápice (8).

Canais radiculares ovais apresentam maior dificuldade para limpeza (9,10), permitindo acúmulo de debris, o que pode dificultar o posterior preenchimento pelos materiais obturadores (11,12). Falhas no preenchimento de canais ovais foram observadas após obturação por técnicas de compactação lateral e termoplástica (13).

A obturação pela técnica do cone único é amplamente empregada. O preparo do canal seguido de uma técnica de cone único apresentou adequada forma do canal radicular, com menos erros processuais e uma qualidade de preenchimento mais aceitável em termos de comprimento e homogeneidade no terço apical, embora resultados menos favoráveis foram alcançados nas partes central e cervical dos canais radiculares (14). Em se tratando de irregularidades, a técnica de cone único apresentou maior percentual de área preenchida por cimento em canais ovais distais de molares inferiores, mostrando-se inadequada (15).

A Microtomografia computadorizada é utilizada para avaliação da qualidade da obturação de canais radiculares por meio de mensurações do volume de cimento, percentual de áreas preenchidas por cimento ou guta-percha, além da presença de falhas (7, 15-18). A análise por Micro-CT permite avaliação do preenchimento no canal e de seus terços, assim como de falhas (18), percentual bidimensional de falhas (16), além da avaliação da qualidade de obturação em regiões específicas, como terço apical (7).

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar por micro-CT a qualidade de obturação de incisivos inferiores ovais obturados pela técnica de cone único utilizando os cimentos Neo MTA Plus ou AH Plus.

MATERIAL E MÉTODOS

Seleção e preparo dos espécimes

Incisivos inferiores (n=20) selecionados por meio de radiografia digital (Kodak RVG 6100) aprovados pelo Comitê de Ética (CEP #31725014.7.0000.5416) foram utilizados. Mensurações no sentido mesio-distal e vestibulo-lingual foram realizadas para definir a relação de diâmetro (RD) e selecionar canais de forma oval ($2 \leq RD \leq 4$). Vinte dentes com raiz única e ápice completamente formado foram selecionados e armazenados em solução de timol 0.1% a 5°C.

Após lavagem em água por 48 horas, o acesso aos canais radiculares foi realizado com fresa esférica (n.2, KG Sorensen, Sao Paulo, SP, Brazil) e os canais foram explorados com lima tipo K#10 (Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland). O comprimento de trabalho (CT) foi estabelecido 1 mm aquém do forame apical. Um único operador com experiência clínica realizou o preparo dos canais radiculares.

Preparo dos canais radiculares

Foram utilizados instrumentos do sistema Unicone (Medin, Nove Mesto na Morave, Czech Republic) tamanho 20, conicidade .06, seguido do instrumento tamanho 40, conicidade .06 em movimento recíprocante em motor elétrico (VDW Silver, Reciproc) modo "Reciproc all". Cada instrumento foi gradualmente inserido no canal em movimento de entrada e retirada, nos três níveis (cervical, médio e apical), com pincelamento contra as paredes quando atingido o CT. A irrigação do canal foi realizada com 1 mL de NaOCl a 2,5% no preparo de cada terço, totalizando 6 mL de solução. Foi utilizado agulha NaviTip 30-G (NaviTip, Ultradent Products, South Jordan, UT, USA) a 1 mm aquém do CT em uma seringa de 5-mL (Ultradent

Products, South Jordan, UT, USA), associado com movimento de entrada e retirada. Após preparo, os canais foram irrigados com 5 mL de NaOCl a 2,5% seguido de uma irrigação final com 2 mL de EDTA 17%. Os canais foram aspirados com pontas e secos com papel absorvente (Dentsply Sirona).

Obturação dos canais radiculares

Um cone MTwo de guta-percha tamanho 40 conicidade .06 (VDW, Munique, Alemanha) foi usado associado ao cimento AH Plus (Dentsply, Maillefer) (n=10) ou Neo MTA Plus (NEO; Avalon Biomed Inc.) (n=10), manipulados de acordo com instruções do fabricante. O cimento foi inserido no canal radicular por meio de Lentulo #40 (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suíça), seguido da colocação do cone envolto pelo material obturador. Após radiografia, o excesso de guta-percha foi removido com instrumento aquecido.

Análise por microtomografia computadorizada

Após montagem em dispositivo específico, o escaner de alta resolução SkyScan 1176 (SkyScan 1176, Bruker-microCT, Kontich, Belgium) foi utilizado para obtenção das imagens, seguindo parâmetros específicos: 70 kV, 353uA, 360° rotações, um filtro de alumínio de espessura 0.5-mm e um passo de rotação de 0.5°, resultando em uma imagem com tamanho de voxel de 17.42- μ m. Escaneamentos após preparo e após obturação do canal radicular foram reconstruídos utilizando o software NRecon. Um alinhamento geométrico foi realizado através da função “3D registration” no software Data Viewer (Data Viewer v.1.5.1, Bruker microCT). Após análises neste software, as imagens foram quantitativamente analisadas utilizando o software CTA_n (CTA_n v.1.14.4, Bruker microCT). Um histograma de densidade com valores em média de 255-110 para Neo MTA Plus e 255-74 para AH Plus foi usado em um método de limite global. “Task lists” foram aplicados e operações aritméticas e lógicas entre as secções sobrepostas foram realizadas. As porcentagens de material obturador tomaram como base o volume do canal pós preparo. Dessa forma, foi obtido o percentual de falhas na obturação [(volume do canal - volume do material obturador) x 100 / volume do canal] para cada material avaliado.

Análise estatística

Teste T não pareado foi utilizado para análise dos dados obtidos ($\alpha < .05$).

RESULTADOS

Os dados obtidos estão descritos na Tabela 1. Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes na obturação pela técnica de cone único utilizando cimento AH Plus ou Neo MTA Plus nos terços avaliados com relação ao percentual de falhas ($P > .05$). Modelos tridimensionais estão representados (Fig 1).

Tabela 1 – Média e desvio padrão (\pm) dos dados volumétricos da qualidade de obturação - percentual de falhas na obturação

		Grupos experimentais	
		AH Plus	NEO MTA Plus
Falhas na obturação (%)	Cervical	9.15 \pm 4.08	10.19 \pm 3.87
	Médio	8.69 \pm 5.1	9.27 \pm 3.72
	Apical	9.61 \pm 4.41	12.31 \pm 6.12

Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi observada entre os grupos nas variáveis mensuradas em cada terço ($P > 0.05$), de acordo com o teste T não pareado.

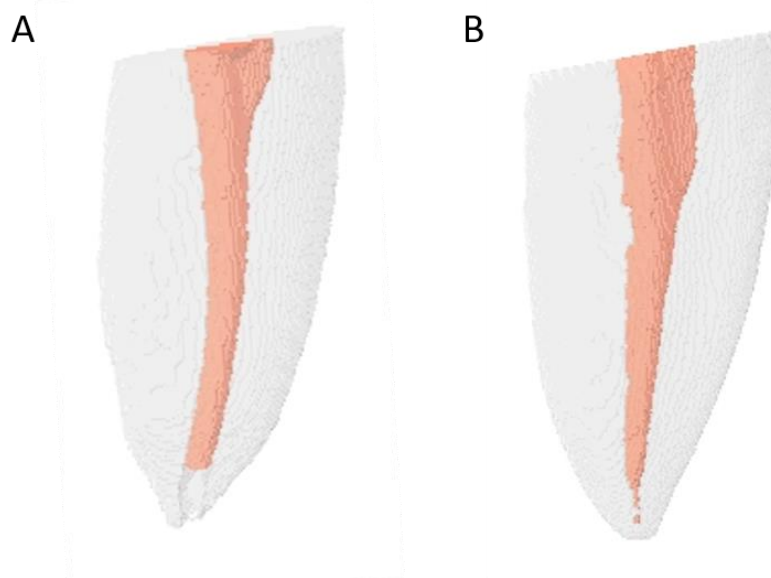


Figura 1 – Modelos tridimensionais representativos da obturação dos canais radiculares utilizando cimento AH Plus (A) e Neo MTA Plus (B).

DISCUSSÃO

No presente estudo, os cimentos AH Plus e Neo MTA Plus promoveram qualidade de obturação semelhante em canais ovais obturados pela técnica de cone único. A proporção de falhas encontrada foi similar para ambos materiais utilizados, apresentando porcentagens variando de 8.69 a 12.31. Após obturação em molares inferiores utilizando AH Plus e cone único e diferentes protocolos de limpeza, esses

valores foram próximos aos encontrados no presente estudo, com percentuais médios entre 5,5% e 8,2% de falhas (18).

AHPlus apresenta efetividade de preenchimento quando comparado a outros materiais em análises por meio de estereomicroscópio e microscopia confocal a laser (8). Além disso, em comparação a um material a base silicato tricálcico (BioRoot RCS), apresentou melhores condições de habilidade seladora por meio de microtomografia computadorizada (6). Embora ainda exista uma literatura escassa de comparações do Neo MTA Plus com outros cimentos, este material demonstra adequada radiopacidade (2,3), e suas finas partículas podem favorecer o escoamento do cimento (19). No presente estudo, este material foi comparado ao cimento AH Plus, sendo avaliada sua qualidade na obturação de canais ovais, apresentando resultados satisfatórios para o parâmetro avaliado.

Incisivos inferiores apresentam elevada incidência de canais com morfologia oval, em prevalência que pode exceder um percentual de 50% (20, 21). Esta complexidade anatômica de canais ovais prejudica sua efetiva limpeza (9), podendo comprometer a qualidade da obturação (11). Uma limitada capacidade de preenchimento foi observada por meio de análises microscópicas de secções em canais ovais, mesmo com a utilização de três diferentes técnicas de obturação (12). A avaliação dos materiais AH Plus e Neo MTA Plus em canais ovais apresentaram percentuais semelhantes de falha. Na avaliação da comparação da presença de falhas em canais ovais, cimentos biocerâmicos foram avaliados (EndoSequence BC Sealer, Smartpaste bio) e não apresentaram diferença quando comparados ao AH Plus, podendo ser usados efetivamente como AH Plus em canais radiculares ovais usando técnica de cone único (17). Dessa forma, considerando a dificuldade de preenchimento de canais ovais (12,13), podemos considerar que NeoMTA Plus proporciona preenchimento adequado na obturação de canais radiculares ovais.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a obturação de canais ovais pela técnica de cone único utilizando o cimento a base de trissilicato de cálcio Neo MTA Plus promoveu preenchimento semelhante ao AH Plus, sem diferença no percentual de falhas.

REFERÊNCIAS

1. Gandolfi MG, Siboni F, Primus CM, Prati C. Ion release, porosity, solubility, and bioactivity of MTA Plus tricalcium silicate. *J Endod* 2014; 40:1632-7.
2. Siboni F, Taddei P, Prati C, Gandolfi MG. Properties of NeoMTA Plus and MTA Plus cements for endodontics. *Int Endod J*. 2017. doi: 10.1111/iej.12787.
3. Camilleri J. Staining potential of Neo MTA Plus, MTA Plus, and Biodentine used for pulpotomy procedures. *J Endod* 2015; 41:1139–45.
4. Tanomaru-Filho M, Andrade AS, Rodrigues EM, Viola KS, Faria G, Camilleri J, Guerreiro-Tanomaru JM. Biocompatibility and mineralized nodule formation of Neo MTA Plus and an experimental tricalcium silicate cement containing tantalum oxide. *Int Endod J* 2017; 50 Suppl 2:e31-e39.
5. Collado-González M, Tomás-Catalá CJ, Oñate-Sánchez RE, Moraleda JM, Rodríguez-Lozano FJ. Cytotoxicity of GuttaFlow Bioseal, GuttaFlow2, MTA Fillapex, and AH Plus on Human Periodontal Ligament Stem Cells. *J Endod* 2017; 43:816-822.
6. Viapiana R, Moinzadeh AT, Camilleri L, Wesselink PR, Tanomaru Filho M, Camilleri J. Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. *Int Endod J* 2016; 49:774-82.
7. Araújo VL, Souza-Gabriel AE, Cruz Filho AM, Pécora JD, Silva RG. Volume of sealer in the apical region of teeth filled by different techniques: a micro-CT analysis. *Braz Oral Res* 2016. doi: 10.1590/1807-3107BOR.
8. Silva RV, Silveira FF, Horta MC, Duarte MA, Cavenago BC, Morais IG, Nunes E. Filling Effectiveness and Dentinal Penetration of Endodontic Sealers: A Stereo and Confocal Laser Scanning Microscopy Study. *Braz Dent J* 2015; 26:541-6.
9. Moura-Netto C, Palo RM, Pinto LF, Mello-Moura AC, Daltoé G, Wilhelmsen NS. CT study of the performance of reciprocating and oscillatory motions in flattened root canal areas. *Braz Oral Res* 2015; 29:1-6.
10. Espir CG, Nascimento-Mendes CA, Guerreiro-Tanomaru JM, Freire LG, Gavini G, Tanomaru-Filho M. Counterclockwise or clockwise reciprocating motion for oval root canal preparation: a micro-CT analysis. *Int Endod J* 2017. doi: 10.1111/iej.12776. [Epub ahead of print]
11. Farzaneh M, Abitbol S, Lawrence HP, Friedman S, Toronto Study. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study—phase II: initial treatment. *J Endod* 2004; 30:302–9.

12. De-Deus G, Reis C, Beznos D, de Abranches AM, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. *J Endod* 2008; 34:1401-1405.
13. Uzunoglu E, Ilgin C, Yuruker S, Görduysus M. Radiological, stereological, and microscopic evaluation of the quality of canal fillings in oval-shaped root canals prepared with self-adjusting file. *Scanning* 2016; 38:427-433.
14. Krug R, Krastl G, Jahreis M. Technical quality of a matching-taper single-cone filling technique following rotary instrumentation compared with lateral compaction after manual preparation: a retrospective study. *Clin Oral Investig*. 2017; 21:643-652.
15. Dumani A, Yilmaz S, Yoldas O, Kuden C. Evaluation of various filling techniques in distal canals of mandibular molars instrumented with different single-file nickel-titanium systems. *Niger J Clin Pract* 2017; 20:307-312.
16. Celikten B, F Uzuntas C, I Orhan A, Tufenkci P, Misirli M, O Demiralp K, Orhan K. Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques. *J Oral Sci* 2015; 57:361-6.
17. Celikten B, Uzuntas CF, Orhan AI, Tufenkci P, Kursun S, Demiralp KO. Evaluation of root canal sealer filling quality using a single-cone technique in oval shaped canals: An in vitro Micro-CT study. *Scanning* 2015; 38:133-40.
18. Freire LG, Iglecias EF, Cunha RS, Dos Santos M, Gavini G. Micro-Computed Tomographic Evaluation of Hard Tissue Debris Removal after Different Irrigation Methods and Its Influence on the Filling of Curved Canals. *J Endod*. 2015; 41:1660-6.
19. Komabayashi T, Spangberg LS. Comparative analysis of the particle size and shape of commercially available mineral trioxide aggregates and Portland cement: a study with a flow particle image analyzer. *J Endod* 2008; 34:94–8.
20. Milanezi de Almeida M, Bernardineli N, Ordinola-Zapata R, Villas-Bôas MH, Amoroso-Silva PA, Brandão CG, et al. Micro-computed tomography analysis of the root canal anatomy and prevalence of oval canals in mandibular incisors. *J Endod*. 2013; 39(12): 1529-33.
21. Wu MK, R'Oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol and Endod*. 2000; 89(6): 739–43.

3.6 Publicação 6*

Avaliação microtomográfica da obturação de canais radiculares ovais e da alteração volumétrica de cimentos endodônticos

RESUMO

Objetivo: Avaliar a qualidade da obturação em canais ovais, além da alteração volumétrica de cimentos endodônticos.

Metodologia: Canais radiculares ovais de vinte incisivos inferiores foram preparados com instrumentos MTwo tamanho 20, taper .06 e tamanho 40, taper .06 em movimento recíprocante horário. Os canais foram obturados pela técnica de condensação lateral utilizando guta-percha e AH Plus (n=10) ou MTA Fillapex (n=10), mantidos em estufa por 7 dias. Escaneamentos com microtomógrafo SkyScan 1176 foram realizados após preparo e após 7 dias da obturação. A porcentagem de material obturador e porcentagem de falhas foram obtidos. Cavidades preenchidas pelos cimentos endodônticos foram utilizadas para avaliação da alteração volumétrica dos materiais após imersão em água por 7 dias. Escaneamentos foram realizados após preenchimento das cavidades e após 7 dias. Os dados foram submetidos ao teste T não pareado, com 5% de significância.

Resultados: As obturações com MTA Fillapex apresentaram maior percentual de falhas no terço cervical ($P < .05$). Não foram observadas diferenças entre os materiais para obturação nos terços médio e apical ($P > .05$). A análise da alteração volumétrica demonstrou maior perda de volume para o MTA Fillapex após 7 dias ($p < .05$).

Conclusão: MTA Fillapex proporciona maior porcentagem de falhas no preenchimento de canais ovais, e apresenta maior perda volumétrica que o AH Plus. A qualidade da obturação pode ter relação com a estabilidade volumétrica do cimento endodôntico, uma vez que do MTA Fillapex apresentou maior perda volumétrica e maior percentual de falhas na obturação de canais ovais pela técnica de condensação lateral.

Palavras-chave: endodontia, microtomografia computadorizada, obturação do canal radicular.

* Artigo nas normas do periódico *Journal of Endodontics*

INTRODUÇÃO

A obturação dos canais radiculares visa o selamento tridimensional do sistema de canais radiculares. Canais radiculares ovais apresentam maior achatamento no terço médio (1), dificultando limpeza e obturação, e prejudicando o correto selamento (2-5). O cimento endodôntico deve favorecer o preenchimento de áreas de difícil acesso e irregularidades (6). Estabilidade dimensional e baixa solubilidade são propriedades importantes do cimento endodôntico (7,8), evitando falhas entre a dentina e o material obturador (9). Neste contexto, a avaliação do material e suas propriedades associada à sua atuação na obturação é de extrema importância para garantir a qualidade da obturação.

AH Plus é um material endodôntico à base de resina epóxica que apresenta capacidade seladora (9,10) e propriedades físicas e químicas satisfatórias (11,12). Apresenta escoamento segundo as especificações American Dental Association (ADA) (13), baixa solubilidade (14), além de estabilidade dimensional (10,15).

MTA Fillapex é um material obturador endodôntico resinoso que contém MTA, composto de resina salicilato, resina diluente, óxido de bismuto, nanopartículas de sílica, MTA e pigmentos. Altos valores de solubilidade foram observados para este material (14,16). Em comparação ao AH Plus, análises microscópicas da qualidade da obturação e de propriedades físicas demonstraram elevada solubilidade e quantidade de gaps na interface dentina / cimento para MTA Fillapex (17).

A qualidade de obturação pode ser analisada usando métodos quantitativos tridimensionais por meio de microtomografia computadorizada (18-21). Microtomografia computadorizada também pode ser empregada para análise de propriedades como escoamento (22), solubilidade (23) e alteração volumétrica (24,25), permitindo análise tridimensional em diferentes períodos e intervalos (25).

O objetivo deste estudo foi avaliar a capacidade de preenchimento dos cimentos AH Plus e MTA Fillapex em que canais ovais de incisivos inferiores por meio da análise do percentual de falhas na obturação, além da alteração volumétrica dos materiais empregando microtomografia computadorizada. A hipótese nula é que não há relação entre os materiais utilizados e a qualidade da obturação de canais ovais. Além disso, uma segunda hipótese é que não há relação entre qualidade de obturação e alteração volumétrica dos cimentos AH Plus e MTA Fillapex.

MATERIAL E MÉTODOS

Seleção e preparo das amostras

Vinte Incisivos inferiores selecionados por meio de radiografia digital (Kodak RVG 6100) aprovados pelo Comitê de Ética (CEP #31725014.7.0000.5416) foram utilizados. Após acesso aos canais utilizando uma fresa diamantada (n.2, KG Sorensen, Sao Paulo, SP, Brazil) e um glide path usando uma lima tipo Kerr tamanho 10 (Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland), as amostras foram preparadas com sistema MTwo tamanho 20, conicidade .06 seguido de tamanho 40, conicidade .06 em movimento recíprocante horária. Os instrumentos foram usados em rotação alternativa (150° horário e 30° anti-horário) rotacionados em motor elétrico ENDO DUAL (Satelec, By Dental srl, Pistoia, Italy). Cada instrumento foi gradualmente inserido no canal em um lento movimento de entrada e retirada, nos três níveis (cervical, médio e apical), com pincelamento contra as paredes.

Após preparo, os dentes foram obturados pela técnica de condensação lateral usando cimento AH Plus ou MTA Fillapex (n=10 cada grupo). O cimento foi levado ao canal utilizando Lentulo #40 (Dentsply, GmbH, Konstanz, Germany). Cones de guta-percha 0.02/40 envoltos de cimento foram levados no comprimento de trabalho. Espaçadores digitais tamanho B (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Germany) foram ajustados ao nível de 1-2 mm da ponta do cone e cones acessórios XF (Tanari, São Paulo, Brazil) foram inseridos no espaço formado pelo espaçador até que todo o canal fosse preenchido. O excesso de guta-percha e cimento foi removido com instrument aquecido. As amostras foram então mantidas em estufa 37°C sob umidade relativa 100% por um período de 7 dias, sendo então escaneadas.

Análise por microtomografia computadorizada

Após montagem em dispositivo específico, o escaner de alta resolução SkyScan 1176 (SkyScan 1176, Bruker-microCT, Kontich, Belgium) foi utilizado para obtenção das imagens, seguindo parâmetros específicos: 70 kV, 353uA, 360° rotações, um filtro de cobre/alumínio e um passo de rotação de 0.5°, resultando em uma imagem com tamanho de voxel de 17.42-µm. Escaneamentos pós preparo e pós obturação do canal radicular foram reconstruídos utilizando o software NRecon. Um alinhamento geométrico foi realizado através da função "3D registration" no software Data Viewer (Data Viewer v.1.5.1, Bruker microCT). Após análises neste software, as imagens foram quantitativamente analisadas utilizando o software CTAn (CTAn

v.1.14.4, Bruker microCT). Um histograma de densidade foi usado em um método de limite global. “Task lists” foram aplicados e operações aritméticas e lógicas entre as secções sobrepostas foram realizadas. As porcentagens de material obturador tomaram como base o volume do canal pós preparo. Dessa forma o percentual de falhas na obturação foi obtido $[(\text{volume do canal} - \text{volume do material obturador}) \times 100 / \text{volume do canal}]$.

Análise da propriedade físico-química –alteração volumétrica

Para análise da alteração volumétrica utilizando microtomografia computadorizada, cavidades em resina acrílica (n=6) com 3mm de profundidade e 1mm de diâmetro foram preparadas e preenchidas com cada material avaliado (AH Plus e MTA Fillapex) logo após manipulação. As amostras foram mantidas em estufa a 37°C e umidade relativa por um período de três vezes o tempo de presa. Após esse período inicial e o período de 7 dias, as amostras foram escaneadas utilizando o escaner já mencionado (SkyScan 11 76, Bruker-MicroCT, Kontich, Belgium). Parâmetros de escaneamento e análises foram previamente determinados (25).

Análise estatística

Dados obtidos para percentual de falha e alteração volumétrica foram submetidos ao teste T não pareado ($\alpha < 0.05$).

RESULTADOS

Os dados obtidos para percentual de falha e alteração volumétrica utilizando os diferentes materiais estão descritos na Tabelas 1.

Para a análise de percentual de falhas, um maior percentual foi observado para o cimento MTA Fillapex no terço cervical ($P < .05$). Nos terços médio e apical, não foram observadas diferenças entre os materiais ($P > .05$) (Tabela 1).

Com relação à propriedade físico-química de alteração volumétrica dos materiais no período de 7 dias, AH Plus apresentou expansão de 0,32%, enquanto MTA Fillapex apresentou uma redução volumétrica (11,14%) neste mesmo período avaliado (Tabela 1). Modelos representativos tridimensionais estão representados na Figura 1.

Tabela 1 – Média e desvio padrão dos dados de dados volumétricos da qualidade de obturação - percentual de falhas na obturação e dos dados de alteração volumétrica (%) para AH Plus e MTA Fillapex avaliada por meio de micro CT após 7 dias

		Grupos experimentais	
		AH Plus	MTA Fillapex
Falhas na obturação (%)	Cervical	7.7±5.01 ^b	14.39±8.2 ^a
	Médio	7.8±4.42 ^a	11.62±6.35 ^a
	Apical	11.79±6.71 ^a	15.67±6.59 ^a
Alteração volumétrica	7 dias	0.32 (0.13) ^a	-11.14 (1.10) ^b

Letras sobrescritas diferentes indicam diferença estatisticamente significativa entre os grupos experimentais ($P < 0.05$).

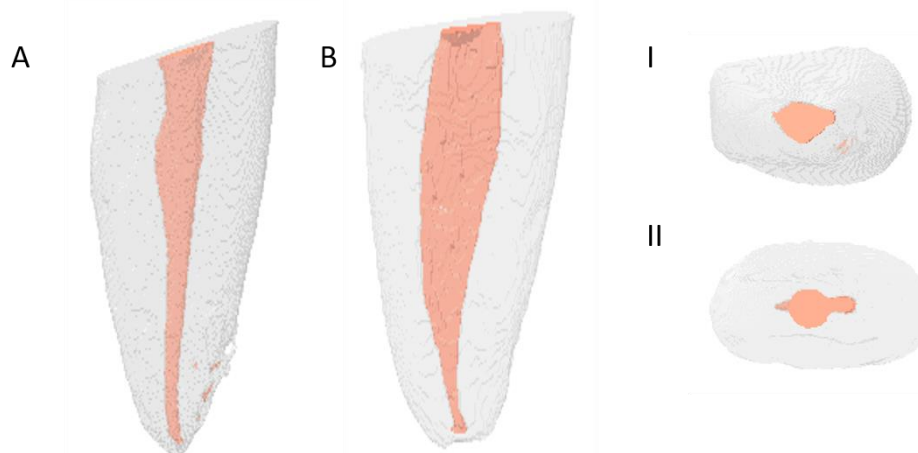


Figura 1 – Modelos tridimensionais representativos da obturação dos canais radiculares com cimento MTA Fillapex (A) ou AH Plus. Imagem representativa do corte cervical das obturações com MTA Fillapex (I) ou AH Plus(II).

DISCUSSÃO

De acordo com os resultados do presente estudo, foi observado maior percentual de falhas na obturação utilizando condensação lateral para o cimento MTA Fillapex no terço cervical quando comparado ao AH Plus. Adicionalmente, MTA Fillapex apresentou uma maior alteração volumétrica após 7 dias, em comparação ao AH Plus. Dessa forma, a hipótese nula foi rejeitada, uma vez que a qualidade de obturação foi diferente de acordo com o material utilizado. Além disso, a segunda hipótese também foi rejeitada, já que houve relação entre qualidade de obturação e

alteração volumétrica dos cimentos, uma vez que o cimento MTA Fillapex que apresentou maior perda volumétrica apresentou também maior percentual de falhas na obturação de canais ovais.

A microtomografia computadorizada é utilizada na análise da obturação de canais radiculares e avaliação dos espaços vazios (26), falhas (18), porosidade (19), volume de cimento em regiões específicas do canal (20), além da qualidade de preenchimento com diferentes materiais (21). No presente estudo, o cálculo do percentual de falhas foi baseado no volume do canal preparado com relação à obturação, como já descrito (27). O volume é calculado dentro de um volume de interesse possibilitando análise do volume de material (20), além do percentual de material e de falhas (27).

A alteração volumétrica foi avaliada segundo Torres et al. (25). O material pode ser avaliado em diferentes períodos, após imersão em água destilada. Esta análise pode complementar testes convencionais e no presente estudo foi correlacionado à qualidade da obturação. AH Plus apresenta expansão dimensional (14) e menor solubilidade (12,14) que MTA Fillapex. Testes convencionais de alteração dimensional recomendam contração linear de até 1% ou expansão menor que 0.1% (28). O cimento AH Plus demonstra expansão linear (10,15), sendo observada contração para MTA Fillapex (14), além de elevados valores de solubilidade (16). No presente estudo, AH Plus demonstrou um aumento volumétrico de 0.32%, enquanto MTA Fillapex apresentou perda volumétrica de 11.14%. O aumento volumétrico para AH Plus está correlacionado a sua expansão linear (10,15). A perda volumétrica do MTA Fillapex demonstra a contração do material (14) e pode ser relacionado a sua solubilidade (29). Além disso, no presente estudo, a perda volumétrica pode ser relacionada ao maior percentual de falha do MTA Fillapex, em especial no terço cervical da obturação, onde maior volume de material é utilizado.

MTA Fillapex demonstra maior escoamento (8). No entanto, o escoamento observado por testes convencionais pode não estar correlacionado diretamente à capacidade de preenchimento do material na obturação do canal radicular (24,30,31). MTA Fillapex também demonstrou menor efetividade de preenchimento que AH Plus, com mais espaços vazios a 4 mm do ápice após avaliação em estereomicroscopia e microscopia confocal a laser, com falhas a 4 e 6 mm do ápice radicular (32).

Desta forma, a maior solubilidade e contração demonstradas para MTA Fillapex (12,14) podem estar intimamente relacionadas à sua maior perda volumétrica e conseqüentemente maior percentual de falhas em especial no terço cervical da obturação. Além disso, a expansão linear observada para AH Plus (10,15) pode favorecer a qualidade da obturação. A associação de propriedades analisadas por testes convencionais e os dados volumétricos adicionais permitem maior entendimento do possível comportamento clínico dos materiais obturadores. O presente estudo sugere que a qualidade de obturação pode ser influenciada pelas propriedades de solubilidade e alteração dimensional do cimento endodôntico ao longo de tempo, além da capacidade de preenchimento durante a obturação.

CONCLUSÃO

MTA Fillapex proporciona maior porcentagem de falhas no preenchimento de canais ovais, e apresenta maior alteração volumétrica que o AH Plus. A qualidade da obturação pode ter relação com a estabilidade volumétrica do cimento endodôntico.

REFERÊNCIAS

1. Moura-Netto C, Palo RM, Pinto LF, Mello-Moura AC, Daltoé G, Wilhelmsen NS. CT study of the performance of reciprocating and oscillatory motions in flattened root canal areas. *Braz Oral Res.* 2015;29:1-6.
2. Wu MK, Wessilink PR. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J* 2001;34:137– 41.
3. De-Deus G, Audi C, Murad C, Fidel S, Fidel RA. Sealing ability of oval-shaped canals filled using the System B heat source with either gutta-percha or Resilon: an ex vivo study using a polymicrobial leakage model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;104:e114 –9.
4. De-Deus G, Reis C, Beznos D, de Abranches AM, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. *J Endod.* 2008; 34:1401-1405.
5. Espir CG, Nascimento-Mendes CA, Guerreiro-Tanomaru JM, Freire LG, Gavini G, Tanomaru-Filho M. Counterclockwise or clockwise reciprocating motion for oval root canal preparation: a micro-CT analysis. *Int Endod J.* 2017 doi: 10.1111/iej.12776. [Epub ahead of print]

6. Kokkas AB, Boutsoukias ACh, Vassiliadis LP, Stavrianos CK. The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study. *J Endod.* 2004; 30:100-2.
7. Chandra S, Krishna G (2010) Obturation of the radicular space. In: Chandra S, Krishna G, eds. *Grossman's Endodontic Practice*, 12th edn. Gurgaon, India: Wolters Kluwer Health, pp. 278–309.
8. Silva EJ, Rosa TP, Herrera DR, Jacinto RC, Gomes BP, Zaia AA. Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicate-based endodontic sealer MTA Fillapex. *J Endod.* 2013; 39:274-7.
9. Oliveira AC, Tanomaru JM, Faria-Junior N, Tanomaru-Filho M. Bacterial leakage in root canals filled with conventional and MTA-based sealers. *Int Endod J.* 2011;44:370-5.
10. Carvalho-Junior JR, Correr-Sobrinho L, Correr AB, Sinhorette MA, Consani S, Sousa-Neto MD. Solubility and dimensional change after setting of root canal sealers: a proposal for smaller dimensions of test samples. *J Endod* 2007; 33, 1110–6.
11. Viapiana R, Moizadeh AT, Camilleri L, Wesselink PR, Tanomaru Filho M, Camilleri J. Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. *Int Endod* 2016; 49:774-82
12. Prüllage RK, Urban K, Schäfer E, Dammaschke T. Material Properties of a Tricalcium Silicate-containing, a Mineral Trioxide Aggregate-containing, and an Epoxy Resin-based Root Canal Sealer. *J Endod.* 2016; 42:1784-1788.
13. Garrido AD, Lia RC, Franca SC, da Silva JF, Astolfi-Filho S, Sousa-Neto MD. Laboratory evaluation of the physicochemical properties of a new root canal sealer based on *Copaifera multijuga* oil-resin. *Int Endod J* 2010; 43, 283–91.
14. Viapiana R, Flumignan DL, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. *Int Endod J.* 2014; 47:437-48.
15. Flores DS, Rached FJ Jr, Versiani MA, Guedes DF, Sousa-Neto MD, Pecora JD. Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers. *Int End J* 2011; 44, 126–35.

16. Borges RP, Sousa-Neto MD, Versiani MA et al. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *Int Endod J* 2012; 45, 419–28.
17. Amoroso-Silva PA, Guimaraes BM, Marciano MA, Duarte MA, Cavenago BC, Ordinola-Zapata R, et al. Microscopic analysis of the quality of obturation and physical properties of MTA Fillapex. *Microscopy research and technique*. 2014; 77:1031-6
18. Celikten B, Uzuntas C, Orhan A, Tufenkci P, Misirli M, Demiralp K, Orhan K. Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques. *J Oral Sci* 2015; 57:361-6.
19. Moinzadeh AT, Zerbst W, Boutsoukis C, Shemesh H, Zaslansky P. Porosity distribution in root canals filled with gutta percha and calcium silicate cement. *Dent Mater*. 2015; 31:1100-8.
20. Araújo VL, Souza-Gabriel AE, Cruz Filho AM, Pécora JD, Silva RG. Volume of sealer in the apical region of teeth filled by different techniques: a micro-CT analysis. *Braz Oral Res*. 2016; doi: 10.1590/1807-3107BOR.
21. Celikten B, Uzuntas CF, Orhan AI, Orhan K, Tufenkci P, Kursun S, Demiralp KÖ. Evaluation of root canal sealer filling quality using a single-cone technique in oval shaped canals: An In vitro Micro-CT study. *Scanning*. 2016; 38:133-40.
22. Tanomaru-Filho M, Torres FFE, Bosso-Martelo R, Chávez-Andrade GM, Bonetti-Filho I, Guerreiro-Tanomaru JM. A Novel Model for Evaluating the Flow of Endodontic Materials Using Micro-computed Tomography. *J Endod*. 2017; 43:796-800.
23. Cavenago BC, Pereira TC, Duarte MA, Ordinola-Zapata R, Marciano MA, Bramante CM, Bernardineli N. Influence of powder-to-water ratio on radiopacity, setting time, pH, calcium ion release and a micro-CT volumetric solubility of white mineral trioxide aggregate. *Int Endod J*. 2014; 47:120-6.
24. Tanomaru-Filho M, Torres FFE, Chávez-Andrade GM, de Almeida M, Navarro LG, Steier L, Guerreiro-Tanomaru JM. Physicochemical Properties and Volumetric Change of Silicone/Bioactive Glass and Calcium Silicate-based Endodontic Sealers. *J Endod*. 2017; 4:2097-2101.
25. Torres FFE, Bosso-Martelo R, Espir CG, Cicelli JA, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Evaluation of physicochemical properties of root-end filling

materials using conventional and Micro-CT tests. *J Appl Oral Sci* 2017. doi: 10.1590/1678-7757-2016-0454. [Epub ahead of print]

26. Jung M, Lommel D, Klimek J. The imaging of root canal obturation using micro-CT. *Int Endod J* 2005; 38: 617-626.

27. Freire LG, Iglecias EF, Cunha RS, Dos Santos M, Gavini G. Micro-Computed Tomographic Evaluation of Hard Tissue Debris Removal after Different Irrigation Methods and Its Influence on the Filling of Curved Canals. *J Endod.* 2015; 41:1660-6.

28. International Organization for Standardization Dentistry – Root Canal Sealing Materials. London, UK: British Standards Institution ISO 6876:2012.

29. Vitti RP, Prati C, Silva EJ, Sinhoreti MA, Zanchi CH, de Souza e Silva MG, Ogliari FA, Piva E, Gandolfi MG. Physical properties of MTA Fillapex sealer. *J Endod.* 2013; 39:915-8.

30. Almeida JF, Gomes BP, Ferraz CC, Souza-Filho FJ, Zaia AA. Filling of artificial lateral canals and microleakage and flow of five endodontic sealers. *Int Endod J* 2007;40:692-9.

31. De-Deus G, Brandão MC, Leal F, Reis C, Souza EM, Luna AS, et al. Lack of correlation between sealer penetration into dentinal tubules and sealability in nonbonded rootfillings. *Int Endod J* 2012;45:642-51.

32. Silva RV, Silveira FF, Horta MC, Duarte MA, Cavenago BC, Morais IG, Nunes E. Filling Effectiveness and Dentinal Penetration of Endodontic Sealers: A Stereo and Confocal Laser Scanning Microscopy Study. *Braz Dent J.* 2015; 26:541-6.

4 DISCUSSÃO

O presente estudo associou morfologia oval dos canais radiculares e diferentes avaliações de preparo e obturação. A anatomia oval foi escolhida por proporcionar maior dificuldade no preparo^{2,55,57,58} e obturação^{39,59,60}. Devido a presença de achatamento mesio distal localizado principalmente no terço médio¹¹, algumas regiões podem permanecer não instrumentadas, favorecendo o acúmulo de debris e microorganismos^{11,55}, sendo importante a análise de diferentes técnicas para limpeza^{55,61}, além de propostas para desinfecção adicional^{62,63}.

A seleção de dentes para o presente estudo, por meio de radiografias digitais de 520 incisivos inferiores nos sentidos vestibulo-lingual (VL) e mesio distal (MD) permitiu a classificação destes dentes de acordo com a relação de diâmetro encontrada: canais achatados (AC, $RD > 4$); oval (OV, $2 \leq RD \leq 4$); arredondado (AR, $1.1 < RD < 2$); redondo (RO, $0.9 \leq DR \leq 1.1$); e com achatamento VL (VL, $RD < 0.9$). Dentro desta amostragem, foram encontrados 23.3% canais achatados, 41.3% ovais, 27.3% arredondados, 4.5% redondos e 3.6% com achatamento VL. Esta classificação aperfeiçoa estudos anteriores^{64,65}, sendo a anatomia oval predominante em incisivos inferiores (Publicação 1). Além disso, a partir desta classificação inicial, os dentes considerados ovais foram analisados em microtomografia computadorizada, revelando resultados diferentes com relação à análise radiografia.

Com relação ao preparo, uma das principais propostas do estudo foi aplicar a cinemática recíproca horária para instrumentos do sistema Mtwo, sendo preconizado ainda um preparo utilizando um (Mtwo 40.06) ou dois (Mtwo 20.06 seguido de 40.06) instrumentos. Esta cinemática foi comparada à convencional anti-horária empregada para os instrumentos Reciproc R40 e Unicone, com uso de um (R40) ou dois instrumentos (Unicone 20.06 seguido de 40.06). Ainda, uma sequência de instrumentos MTwo em cinemática rotatória contínua foi avaliada para comparação.

Durante o preparo de canais radiculares, uma técnica de instrumentação específica pode influenciar a obturação⁶⁶. O preparo do canal radicular com instrumentos NiTi resulta em melhor manutenção de sua forma original, podendo exercer impacto sobre o resultado do tratamento endodôntico^{36,67}, além de serem amplamente indicados para preparo. Diferentes formas de preparo podem ser

empregadas, tanto em sua cinemática convencional como em movimentos alternativos como o recíprocante horário. Estas alterações de cinemática podem aprimorar e ampliar as condições de preparo, otimizando o uso dos sistemas com maior limpeza e conformação^{25,68}, associado a maior aumento volumétrico do canal radicular, menor percentual de superfície não instrumentada, além de maior remoção de debris.

De acordo com as comparações propostas, o uso de dois instrumentos MTwo (20.06 seguido de 40.06) em cinemática recíprocante horária mostrou maior percentual de limpeza (ou seja, menores percentuais de debris e superfície não instrumentada) quando comparado ao uso de um único instrumento em cinemática recíprocante anti-horária (R40) ou horária (Mtwo 40.06) (Publicação 2)⁶⁹. Já a utilização de dois instrumentos Unicone (20.06 seguido de 40.06) em cinemática recíprocante apresentou resultados inferiores de limpeza quando comparado aos instrumentos R40 e sequência rotatória Mtwo, mostrando que um preparo com aumento de volume do canal radicular não necessariamente está associado a uma melhor limpeza (Publicação 3). Estes resultados confirmam a hipótese de que forma e limpeza de canais radiculares são influenciados por fatores diversos, incluindo, por exemplo, anatomia, cinemática, número de instrumentos e design dos instrumentos.

Para análise da obturação, as variáveis de comparação utilizaram diferentes preparos e sua influência na qualidade de obturação utilizando diferentes técnicas (Publicação 4) e diferentes materiais (AH Plus e Neo MTA Plus [Publicação 5] ou AH Plus e MTA Fillapex [Publicação 6]). A análise de parâmetros específicos da obturação de canal radicular foi realizada por meio de microtomografia computadorizada. Estas análises são realizadas por meio de percentuais de falha encontrados a partir da diferença de volume pós preparo e pós obturação, sendo empregada a análise por terços^{53,69,70}. Em uma das análises cuja variável foi o material obturador, também foi empregado um teste complementar de alteração volumétrica (Publicação 6).

A qualidade de obturação pode apresentar interferência do preparo e do acúmulo de debris durante a instrumentação, interferindo no correto preenchimento do canal^{59,60,71}. No presente estudo, o preparo com sequência MTwo rotatório acarretou maior percentual de debris no terço cervical dos canais, além de maior percentual de falhas nesta região após obturação pela técnica de cone único. A obturação com técnica de cone único, compactação lateral e técnica de

compactação vertical aquecida em canais preparados com instrumentos rotatórios ProTaper ou MTwo mostraram efeitos similares e satisfatórios de selamento e infiltração bacteriana³⁸. No presente estudo, a comparação das técnicas de compactação lateral e cone único apresentou diferença quando o preparo foi realizado com a sequência rotatória Mtwo, com maior percentual de falhas para cone único. Já na análise destas técnicas de obturação quando o preparo foi realizado com R40 ou Mtwo 40.06, não foram observadas diferenças. Com relação aos dados obtidos, a associação debris / qualidade da obturação foi encontrada. Dessa forma, a diferença significativa observada entre as técnicas de cone único e compactação lateral foi observada apenas para o grupo que apresentou maior percentual de debris no terço cervical (Publicação 4).

O material obturador a ser utilizado deve preencher áreas de difícil acesso, como reentrâncias e espaços irregulares⁷². A relação interface dentina-cimento adequada contribui para o selamento do canal radicular, podendo variar de acordo com o cimento utilizado^{73,74}. A associação cones de guta-percha e cimentos endodônticos com pequena espessura de cimento são desejáveis, em especial pela maior estabilidade da guta-percha⁷⁵. Características específicas de cada cimento obturador^{76,77} como solubilidade⁷⁶ e escoamento⁵¹ podem afetar o selamento dos canais radiculares. Sendo assim, a escolha de materiais com propriedades adequadas, incluindo reduzida solubilidade e estabilidade dimensional contribuem para o selamento do canal radicular por um maior período de tempo⁷⁸.

A habilidade seladora do material obturador pode estar relacionada a diferentes propriedades físico-químicas, como escoamento e espessura de cimento⁷⁹. No presente estudo, a análise da qualidade da obturação apresentou relações diretas ao tipo de material utilizado. Apesar de escassa literatura com relação ao material Neo MTA Plus, os estudos demonstram adequada radiopacidade e hidratação, sem promover descoloração, radiopacidade satisfatória e liberação de íons cálcio e hidroxila significativamente maior que MTA Plus, além de apresentar biocompatibilidade⁴⁸⁻⁵⁰. No presente estudo, sua associação à obturação pela técnica de cone único apresentou resultados similares de qualidade de obturação utilizando AH Plus, com percentual de falhas semelhantes nos terços cervical, médio e apical do canal radicular (Publicação 5). A associação da técnica de compactação lateral ao cimento MTA Fillapex apresentou maior percentual de falhas quando comparado ao uso de AH Plus. Na análise destes materiais com relação a alteração

volumétrica⁸⁰, a perda volumétrica para MTA Fillapex foi significativamente superior ao AH Plus. Dessa forma, a maior porcentagem de falhas proporcionada pelo cimento MTA Fillapex pode ser associada à sua menor estabilidade volumétrica, com maior perda volumétrica (Publicação 6).

Estudos com microtomografia computadorizada em alta resolução tridimensional permitem quantificações precisas da qualidade de preparo^{53,81,82} e de obturação^{33,69,70}. Dessa forma, seja pela sua boa correlação qualitativa com achados histológicos⁸², ou ainda pela possibilidade de análise quantitativa de diferentes parâmetros³³, a técnica de micro-CT é um método preciso para a avaliação do preparo e preenchimento de canais radiculares *in vitro*. A possibilidade de análises não destrutivas, permitindo que uma mesma amostra seja avaliada em diferentes períodos e etapas do tratamento também se apresenta como uma condição diferenciada desta ferramenta.

Os resultados e conclusões obtidos no estudo permitem algumas importantes considerações clínicas para o preparo e obturação de canais ovais. Para a avaliação da seleção de dentes com esta morfologia, análise a 9 mm do ápice radicular mostrou maior precisão. Além disso, considerando esta morfologia no terço médio do canal, a limpeza desta porção é mais efetiva quando da utilização de dois instrumentos em cinemática recíproca alternativa associada ao sistema Mtwo, visto que a utilização de um instrumento de menor diâmetro promoveu melhor limpeza desta região crítica. Além disso, ao se analisar o parâmetro preparo, o sistema e suas características específicas de instrumento também devem ser levados em consideração, uma vez que no caso do sistema Unicore, a utilização de dois instrumentos em cinemática recíproca não foi associada a maiores percentuais de redução de debris. Ainda com relação à limpeza, a influência na efetividade da obturação dos canais foi observada, visto que o preparo com maior quantidade de debris resultou em obturação com maior percentual de falhas. Com relação aos materiais utilizados, materiais com melhores e mais adequadas propriedades físico-químicas resultaram em um melhor preenchimento dos canais. Finalmente, na comparação entre as técnicas obturadoras cone único e condensação lateral, maior percentual de falhas foi observado para a técnica de cone único quando maior percentual de debris foi observado pós preparo.

Estudos adicionais são necessários para maior definição do uso da ferramenta micro-CT e parâmetros necessários para avaliação de cada etapa de

análise do preparo e obturação do canal radicular. A variação das resoluções utilizadas, por exemplo, pode comprometer achados e conclusões, em especial com base em resultados de estudos prévios^{18,82,84,85}.

5 CONCLUSÃO

De acordo com as publicações do presente estudo, pode-se concluir que:

Publicação 1: Canais ovais são predominantes em incisivos inferiores a 9mm. Espessura dentinária radiográfica é maior que a observada em micro-CT a 3 e a 9 mm, variando a classificação em cada nível radicular. A classificação a 9 mm é indicada.

Publicação 2: O movimento recíprocante convencional para R40 e o movimento recíprocante horário para MTwo resultou em preparos similares. Melhor limpeza de debris no terço médio foi obtida quando dois instrumentos com diâmetros diferentes foram usados.

Publicação 3: O preparo com dois instrumentos recíprocantes do sistema Unicone promoveu maior aumento de volume. Porém, maior limpeza e menor percentual de debris foi obtido para preparo recíprocante com R40 e sequência rotatória MTwo.

Publicação 4: O preparo de canais ovais com técnicas recíprocantes R40 e MTwo 40.06 proporcionaram maiores percentuais de limpeza, acarretando obturação semelhante por técnicas de cone único e compactação lateral. Maior percentual de debris após preparo MTwo promoveu maior percentual de falhas para obturação com cone único.

Publicação 5: O preenchimento de canais ovais pela técnica de cone único para o cimento Neo MTA Plus foi semelhante ao AH Plus.

Publicação 6: MTAFillapex proporciona maior porcentagem de falhas na obturação de canais ovais, o que pode estar relacionado com a redução volumétrica do material.

REFERÊNCIAS*

1. Rechemberg DK, Paqué F. Impact of cross sectional root canal shape on filled canal volume and remaining root filling material after retreatment. *Int Endod J*. 2013; 46(6): 547-55.
2. Versiani MA, Leoni GB, Steier L, De-Deus G, Tassani S, Pécora JD et al. Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the self-adjusting file, Reciproc, WaveOne, and ProTaper universal systems. *J Endod*. 2013; 39(8):1060-6.
3. Abou El Nasr HM, Abd El Kader KG. Dentinal damage and fracture resistance of oval roots prepared with single-file systems using different kinematics. *J Endod*. 2014; 40(6):849-51.
4. Capar ID, Ertas H, Ok E, Arslan H, Ertas ET. Comparative study of different novel nickel-titanium rotary systems for root canal preparation in severely curved root canals. *J Endod*. 2014; 40(6): 852-6.
5. Tamse A. Vertical root fractures in endodontically treated teeth: diagnostic signs and clinical management. *Endod Top*. 2006; 13: 84–94.
6. Ruckman JE, Whitten B, Sedgley CM, Svec T. Comparison of the self-adjusting file with rotary and hand instrumentation in long-oval-shaped root canals. *J Endod* 2013; 39(1): 92–5.
7. Mauger MJ, Schindler WG, Walker WA 3rd. An evaluation of canal morphology at different levels of root resection in mandibular incisors. *J Endod*. 1998; 24(9): 607–9.
8. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the mandibular anterior teeth. *J Am Dent Assoc*. 1974; 89(2): 369–71.
9. Milanezi de Almeida M, Bernardineli N, Ordinola-Zapata R, Villas-Bôas MH, Amoroso-Silva PA, Brandão CG, et al. Micro-computed tomography analysis of the root canal anatomy and prevalence of oval canals in mandibular incisors. *J Endod*. 2013; 39(12): 1529-33.
10. Wu MK, R'Oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol and Endod*. 2000; 89(6): 739–43.
11. Moura-Netto C, Palo RM, Camargo CH, Pameijer CH, Bardauil MR. Micro-CT assessment of two different endodontic preparation systems. *Braz Oral Res*. 2013; 27(1): 26-30.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

12. Paque, F., Zehnder, M., De-Deus, G. Microtomography-based comparison of reciprocating single-file F2 ProTaper technique versus rotary full sequence. *J Endod.* 2001; 37(10): 1394-7.
13. De-Deus G, Moreira EJ, Lopes HP, Elias CN. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. *Int Endod J.* 2010; 43(12): 1063-8.
14. Gambarini G, Gergi R, Naaman A, Osta N, Al Sudani D. Cyclic fatigue analysis of twisted file rotatory NiTi instruments used in reciprocating motion. *Int endod J.* 2012; 45(9): 802-6.
15. Vadhana S, SaravanaKarthikeyan B, Nandini S, Velmurugan N. Cyclic fatigue resistance of RaCe and Mtwo rotary files in continuous rotation and reciprocating motion. *J Endod.* 2014; 40(7): 995-9.
16. Burklein S, Hinschitza K, Dammaschke T, Schäfer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *Int Endod J.* 2012; 45(5):449–61.
17. Giuliani V, Di Nasso L, Pace R, Pagavino G. Shaping Ability of WaveOne Primary Reciprocating Files and ProTaper System Used in Continuous and Reciprocating Motion. *J Endod.* 2014; 40(9):1468-71.
18. Ahmetoglu F, Keles A, Simsek N, Ocak MS, Yologlu S. Comparative evaluation of root canal preparations of maxillary first molars with self-adjusting file, reciproc single file, and revo-s rotary file: A micro-computed tomography study. *Scanning.* 2015; 37(3):218-25.
19. De-Deus G, Marins J, Silva EJ, Souza E, Belladonna FG, Reis C, et al. Accumulated hard tissue debris produced during reciprocating and rotary nickel-titanium canal preparation. *J Endod.* 2015; 41(5):676-81.
20. Varela-Patino P, Ibanez-Parraga A, Rivas-Mundina B, Cantatore G, Otero XL, MartinBiedma B. Alternating versus continuous rotation: a comparative study of the effect on instrument life. *J Endod.* 2010; 36(1): 157–9.
21. Maia Filho EM, Rizzi Cde C, Coelho MB, Santos SF, Costa LM, Carvalho CN, et al. Shaping Ability of Reciproc, UnicOne, and Protaper Universal in Simulated Root Canals. *ScientificWorldJournal* 2015; 6: 908-54.
22. Kansal R, Rajput A, Talwar S, Roongta R, Verma M. Assessment of dentinal damage during canal preparation using reciprocating and rotary files. *J Endod.* 2014; 40(9): 1443-6.
23. Poggio C, Dagna A, Chiesa M, Beltrami R, Colombo M. Ultrastructural analysis of the root canal walls after preparation with two rotary nickel-titanium endodontic instruments. *Contemp Clin Dent.* 2014; 5(3): 357-60.

24. Plotino G, Grande NM, Tocci L, Testarelli L, Gambarini G. Influence of Different Apical Preparations on Root Canal Cleanliness in Human Molars: a SEM Study. *J Oral Maxillofac Res.* 2014; 5(2): e4.
25. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti Rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J.* 2008; 41(4): 339–44.
26. Gavini G, Caldeira CL, Akisue E, Candeiro GT, Kawakami DA. Resistance to flexural fatigue of Reciproc R25 files under continuous rotation and reciprocating movement. *J Endod.* 2012; 38(5): 684–7.
27. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dental Clin North Am.* 1974; 18(2): 269-96.
28. Keçeci AD, Celik Unal G, Sen BH. Comparison of cold lateral compaction and continuous wave of obturation techniques following manual or rotary instrumentation. *Int Endod J.* 2005; 38(6): 381–388.
29. Alshehri M, Alamri HM, Alshwaimi E, Kujan O. Micro-computed tomographic assessment of quality of obturation in the apical third with continuous wave vertical compaction and single match taper sized cone obturation techniques. *Scanning.* 2016; 38(4): 352-6.
30. Kangarlou A, Dianat O, Esfahrood ZR, Asharaf H, Zandi B, Eslami G. Bacterial leakage of GuttaFlow-filled root canals compared with Resilon/Epiphany and Guttapercha/AH26-filled root canals. *Aust endod J.* 2010; 38(1): 10-3.
31. Pinheiro CR, Guinesi AS, de Camargo EJ, Pizzolitto AC, Filho IB. Bacterial leakage evaluation of root canals filled with different endodontic sealers. *Oral Surg, oral med, oral pathol, oral rad endod.* 2009; 108(6): 56-60.
32. Oliveira AC, Tanomaru JM, Faria-Junior N, Tanomaru-Filho M. Bacterial leakage in root canals filled with conventional and MTA-based sealers. *Int Endod J.* 2011; 44(4): 370-5.
33. Kierklo A, Tabor Z, Pawińska M, Jaworska M. A microcomputed tomographybased comparison of root canal filling quality following different instrumentation and obturation techniques. *Med Princ Pract.* 2015; 24(1): 84-91.
34. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal obturation by warm guttapercha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *J Endod.* 2007; 33(2): 106–109.
35. Gordon MP, Love RM, Chandler NP. An evaluation of .06 tapered gutta-percha cones for filling of .06 taper prepared curved root canals. *Int Endod J.* 2005; 38(2): 87–96.
36. Schäfer E1, Bürklein S. Impact of nickel-titanium instrumentation of the root canal on clinical outcomes: a focused review. *Odontology.* 2012; 100(2): 130-6.

37. Yilmaz Z, Deniz D, Ozcelik B, Sahin C, Cimilli H, Cehreli ZC, et al. Sealing efficiency of BeeFill 2in1 and System B/ Obtura II versus single-cone and cold lateral compaction techniques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 108(6): 51–5.
38. Taşdemir T, Er K, Yildirim T, Buruk K, Celik D, Cora S, et al. Comparison of the sealing ability of three filling techniques in canals shaped with two different rotary systems: a bacterial leakage study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 108(3): 129-34.
39. Wu MK, Bud MG, Wesselink PR. The quality of single cone and laterally compacted gutta-percha fillings in small and curved root canals as evidenced by bidirectional radiographs and fluid transport measurements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 108(6): 946–51.
40. Romania C, Beltes P, Boutsoukis C, Dandakis C. Ex-vivo area-metric analysis of root canal obturation using guttapercha cones of different taper. *Int Endod J.* 2009; 42(6): 491–8.
41. Cunningham KP, Walker MP, Kulild JC, Lask JT. Variability of the diameter and taper of size #30, 0.04 gutta-percha cones. *J Endod.* 2006; 32(11): 1081–4.
42. Chesler MB, Tordik PA, Imamura GM, Goodell GG. Intramanufacturer diameter and taper variability of rotary instruments and their corresponding Gutta-percha cones. *J Endod.* 2013; 39(4): 538–41.
43. Capar ID, Ertas H, Ok E, Arslan H. Comparison of single cone obturation performance of different novel nickel-titanium rotary systems. *Acta Odont Scand.* 2014; 72(7): 537-42.
44. Carvalho-Junior JR, Correr-Sobrinho L, Correr AB, Sinhoreti MAC, Consani S, SousaNeto M. Solubility and dimensional change after setting of root canal sealers: a proposal for smaller dimensions of test samples. *J Endod.* 2007; 33(9): 1110–6.
45. Vitti RP, Prati C, Silva EJ, Sinhoreti MA, Zanchi CH, de Souza e Silva MG, Ogliari FA, Piva E, Gandolfi MG. Physical properties of MTA Fillapex sealer. *J Endod.* 2013; 39(7): 915-8.
46. Borges RP, Sousa-Neto MD, Versiani MA, Rached-Júnior FA, De-Deus G, Miranda CE, et al. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *Int Endod J.* 2012; 45(5) 419–28.
47. Viapiana R, Flumignan DL, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. *Int Endod J.* 2014; 47(5): 437-48.
48. Camilleri J. Staining potential of Neo MTA Plus, MTA Plus, and Biodentine used for pulpotomy procedures. *J Endod.* 2015; 41(7): 1139–45.

49. Siboni F, Taddei P, Prati C, Gandolfi MG. Properties of NeoMTA Plus and MTA Plus cements for endodontics. *Int Endod J*. 2017. doi: 10.1111/iej.12787.
50. Tanomaru-Filho M, Andrade AS, Rodrigues EM, Viola KS, Faria G, Camilleri J, et al. Biocompatibility and mineralized nodule formation of Neo MTA Plus and an experimental tricalcium silicate cement containing tantalum oxide. *Int Endod J*. 2017; doi: 10.1111/iej.12780.
51. Komabayashi T, Spangberg LS. Comparative analysis of the particle size and shape of commercially available mineral trioxide aggregates and Portland cement: a study with a flow particle image analyzer. *J Endod*. 2008; 34(1): 94–8.
52. McMichael GE, Primus CM, Opperman LA. Dentinal Tubule Penetration of Tricalcium Silicate Sealers. *J Endod*. 2016; 42(4): 632-6.
53. Freire LG, Iglecias EF, Cunha RS, Dos Santos M, Gavini G. Micro-Computed Tomographic Evaluation of Hard Tissue Debris Removal after Different Irrigation Methods and Its Influence on the Filling of Curved Canals. *J Endod*. 2015; 41(10):1660-6.
54. Versiani MA, De-Deus G, Vera J, Souza E, Steier L, Pécora JD, et al. 3D mapping of the irrigated areas of the root canal space using micro-computed tomography. *Clin Oral Invest*. 2015; 19(4): 859-66.
55. Metzger Z, Zary R, Cohen R, Teperovich E, Paqué F. The quality of root canal preparation and root canal obturation in canals treated with rotary versus selfadjusting files: a three-dimensional microcomputed tomographic study. *J endod*. 2010; 36(2): 1569–1573.
56. Zaslansky P, Fratzi P, Rack A, Wu MK, Wesselink PR, Shemesh H. Identification of root filling interfaces by microscopy and tomography methods. *Int Endod J*. 2011; 44(5): 395–401.
57. Farmakis ET, Sotiropoulos GG, Abramovitz I, Solomonov M. Apical debris extrusion associated with oval shaped canals: a comparative study of WaveOne vs Self-Adjusting File. *Clin Oral Invest*. 2016; 20(8): 2131-38.
58. Oliveira MA, Alves LD, Pereira AG, Raposo LH, Biffi JC. Influence of flexion angle of files on the decentralization of oval canals during instrumentation. *Braz Oral Res*. 2015; doi.org/10.1590/1807-3107bor-2015.vol29.0078.
59. De Deus G, Murad CF, Reis CM, Gurgel-Filho E, Coutinho Filho T. Analysis of the sealing ability of different obturation techniques in oval-shaped canals: a study using a bacterial leakage model. *Braz Oral Res* 2006; 20:64 –9.
60. De-Deus G, Reis C, Beznos D, de Abranches AM, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. *J Endod*. 2008; 34(11):1401-1405

61. Versiani MA, Alves FR, Andrade-Junior CV, Marceliano-Alves MF, Provenzano JC, Rôças IN, et al. Micro-CT evaluation of the efficacy of hard-tissue removal from the root canal and isthmus area by positive and negative pressure irrigation systems. *Int Endod J.* 2016; 49(11): 1079–87.
62. Siqueira JF Jr, Alves FR, Almeida BM, de Oliveira JC, Rôças IN. Ability of chemomechanical preparation with either rotary instruments or self-adjusting file to disinfect oval-shaped root canals. *J Endod.* 2010; 36(11): 1860-5.
63. Alves FR, Almeida BM, Neves MA, Moreno JO, Rôças IN, Siqueira JF Jr. Disinfecting oval-shaped root canals: effectiveness of different supplementary approaches. *J Endod.* 2011; 37(4): 496-501.
64. Milanezi de Almeida M, Bernardineli N, Ordinola-Zapata R, Villas-Bôas MH, Amoroso-Silva PA, Brandão CG, et al. Micro-computed tomography analysis of the root canal anatomy and prevalence of oval canals in mandibular incisors. *J Endod.* 2013; 39(12): 1529-33.
65. Leoni GB, Versiani MA, Pécora JD, Damião de Sousa-Neto M. Micro-computed tomographic analysis of the root canal morphology of mandibular incisors. *J Endod.* 2014; 40(5): 710-6.
66. Kirkevang LL, Horsted-Bindslev P. Technical aspects of treatment in relation to treatment outcome. *Endod Top.* 2002; 2(4): 89–102.
67. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004; 30(8):559–67.
68. Pedullà E, Plotino G, Grande NM, Avarotti G, Gambarini G, Rapisarda 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.* 2016; 20(8): 2227-2233.
69. Celikten B, F Uzuntas C, I Orhan A, Tufenkci P, Misirli M, O Demiralp K, Orhan K. Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques. *J Oral Sci.* 2015; 57(4): 361-6.
70. Araújo VL, Souza-Gabriel AE, Cruz Filho AM, Pécora JD, Silva RG. Volume of sealer in the apical region of teeth filled by different techniques: a micro-CT analysis. *Braz Oral Res.* 2016; doi: 10.1590/1807-3107BOR-2016.vol30.0027
71. Saunders WP, Saunders EM, Herd D, Stephens E. The use of glass ionomer as a root canal sealer: a pilot study. *Int Endod J.* 1992; 25(5): 238-44.
72. Kokkas AB, Boutsoukias ACh, Vassiliadis LP, Stavrianos CK. The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study. *J Endod.* 2004; 30(2): 100-2.
73. Polineni S, Bolla N, Mandava P, Vemuri S, Mallela M, Gandham VM. Marginal adaptation of newer root canal sealers to dentin: A SEM study. *J Conserv Dent.* 2016; 19(4): 360-3.

74. Mohammadian F, Farahanimastary F, Dibaji F, Kharazifard MJ. Scanning Electron Microscopic Evaluation of the Sealer-Dentine Interface of Three Sealers. *Iran Endod J.* 2017; 12(1): 38-42.
75. Brayton SM, Davis SR, Goldmann M. Gutta-percha root canal fillings: an in vitro analysis - part 1. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1973; 35(2): 226–231.
76. Kontakiotis EG, Wu MK, Wesselink PR. Effect of sealer thickness on long-term sealing ability: a 2-year follow-up study. *Int Endod J.* 1997; 30(5): 307–312.
77. Sakaue H, Komatsu K, Yoshioka T, Ishimura H, Ebihara A, Suda H. Evaluation of coronal leakage and pathway of dye leakage after obturation with various materials for open apical foramina. *Dent Mater J.* 2013; 32(1): 130–137.
78. Orstavik D, Nordahl I, Tibballs JE. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dent Mater.* 2001; 17(6): 512–519.
79. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR. Leakage of four root canal sealers at different thickness. *Int Endod J.* 1994; 27(6): 304-8.
80. Torres FFE, Bosso-Martelo R, Espir CG, Cirelli JA, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Evaluation of physicochemical properties of root-end filling materials using conventional and Micro-CT tests. *J Appl Oral Sci.* 2017; 25(4): 374-380.
81. Amoroso-Silva P, Alcalde MP, Duarte MA, De-Deus G, Ordinola-Zapata R, Freire LG, et al. Effect of finishing instrumentation using niti hand files on volume, surface area and uninstrumented surfaces in C-shaped root canal systems. *Int Endod J.* 2016; 50(6): 604-611.
82. Robinson JP, Lumley PJ, Cooper PR, Grover LM, Walmsley AD. Reciprocating root canal technique induces greater debris accumulation than a continuous rotary technique as assessed by 3-dimensional micro-computed tomography. *J Endod.* 2013; 39(8): 1067-1070.
83. Jung M, Lommel D, Klimek J. The imaging of root canal obturation using micro-CT. *Int Endod J.* 2005; 38(9): 617–26.
84. Gergi R, Osta N, Bourbouze G, Zgheib C, Arbab-Chirani R, Naaman A. Effects of three nickel titanium instrument systems on root canal geometry assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J.* 2015; 48(2) :162-70.
85. Stavileci M, Hoxha V, Görduysus Ö, Tatar I, Laperre K, Hostens J, et al. Evaluation of Root Canal Preparation Using Rotary System and Hand Instruments Assessed by Micro-Computed Tomography. *Med Sci Monit Basic Res.* 2015; 20(21): 123-30.

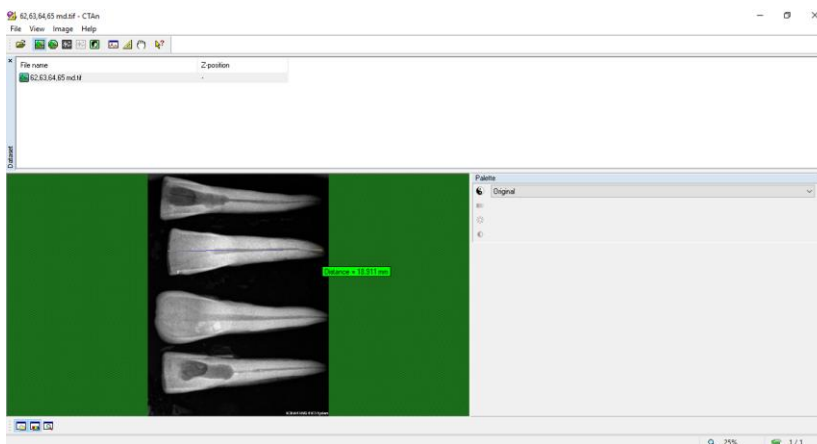
APÊNDICE A – METODOLOGIA DETALHADA

Metodologia detalhada das diferentes etapas da pesquisa

Seleção dos dentes

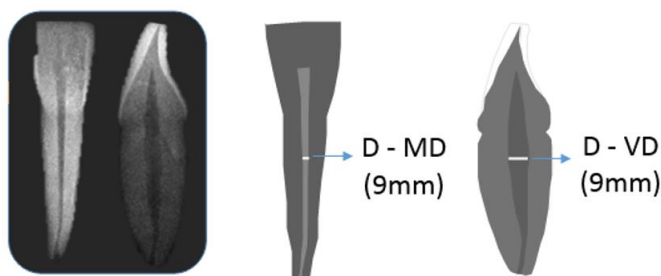
Para seleção dos dentes, 520 incisivos inferiores foram radiografados, empregando 60 kV, 7 mA, 0,32 pulsos por segundo, e distância foco-filme de 33 cm, utilizando o sistema de radiografia digital (Kodak RVG 6100). Cada dente foi radiografado no sentido vestibulo-lingual (VL) e mesio-distal (MD). Dentes com mais de um canal radicular, restaurações extensas, raízes com curvatura foram descartados. O comprimento de 20 ± 2 mm foi padronizado para os dentes, a partir de mensurações no software CTAn (CTAn v.1.14.4, Bruker-microCT) (Figura 1). A mensuração do diâmetro de cada canal radicular nas direções VL e MD (Figura 2) foi realizada empregando o software CTAn (CTAn v.1.14.4, Bruker-microCT), previamente calibrado. A mensuração foi padronizada, a 9mm do ápice radicular. A partir da relação de diâmetro (RD) VL/MD obtida, canais de diâmetro vestibulo-lingual 2 a 4 vezes maior que o mesio-distal ($2 \leq RD \leq 4$) foram considerados ovais e selecionados para os estudos 2, 3, 4, 5 e 6. Todos os dados obtidos a partir desta seleção (n=520) foram tabulados e permitiram a publicação 1, aceita no periódico Journal of Conservative Dentistry (Publicação 1).

Figura 1 – Imagem utilizada para mensuração no software CTAn para definição do tamanho dos dentes



Fonte: Elaboração própria.

Figura 2 - Esquema representativo das mensurações radiográficas do canal radicular de incisivos inferiores.



Fonte: Elaboração própria

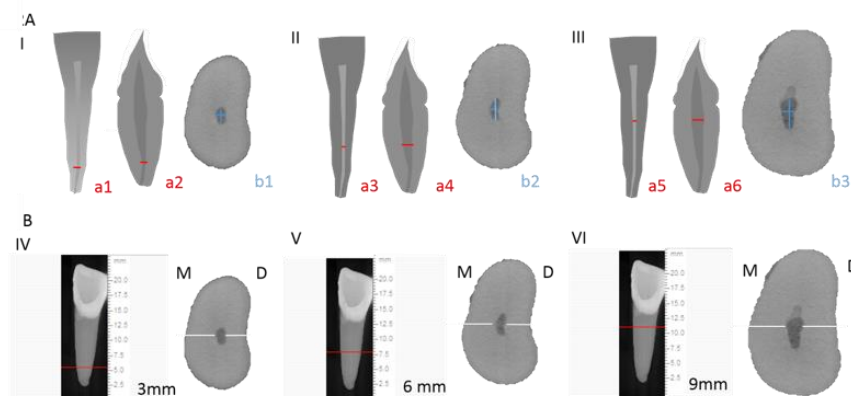
Publicação 1

A partir dos dados obtidos na etapa inicial de todos os incisivos inferiores (n=520) foi selecionada a amostra final (n=110), utilizada para classificação de acordo com a relação do diâmetro (RD) VL/MD. Foram considerados: canais achatados (AC, $RD > 4$) e ovais (OV, $2 \leq RD \leq 4$), além de uma classificação adicional proposta: canais arredondados (AR, $1,1 < RD < 2$), redondos (RE, $0,9 \leq RD \leq 1,1$) e com achatamento VL (VL, $RD > 0,9$). A espessura dentinária (ED) das paredes vestibular, lingual, mesial e distal também foi avaliada utilizando a mesma ferramenta. As mensurações foram realizadas a 3 e a 9 mm do ápice. A distância entre o canal radicular e a parede externa foi considerada como o valor correspondente à espessura dentinária das paredes (Figura 3).

Os 110 dentes classificados radiograficamente como oval foram escaneados em microtomógrafo SkyScan (SkyScan 1176, Bruker-microCT, Kontich, Bélgica). Os dentes foram colocados em cera para padronização da posição durante todos os escaneamentos. Os parâmetros de escaneamento foram baseados em estudo piloto e realizados com 70 kV, 353 mA e rotação de 360°, e um passo de rotação de 0.5°, resultando em uma imagem com 17.42- μ m de tamanho de voxel, filtro de alumínio e tempo de duração de 23 minutos e 14 segundos. As imagens obtidas foram então reconstruídas utilizando o software NRecon (V1.6.4.7; SkyScan, Bélgica). Os parâmetros de ajuste da reconstrução foram feitos a fim de reduzir falhas. A função “fine-tuning” permitiu obter valores de correção de artefato, como “Gaussian filter”, “beam hardening correction”, “post alignment” e “ring artifact correction”.

As imagens resultantes foram processadas no software Data Viewer (V1.5.1.2; Bruker-microCT), para obtenção de seções sagitais analisadas com o software CTAn (CTAn v.1.14.4, Bruker-microCT). A RD VL/MD e espessura dentinária das paredes mesial e distal dos espécimes foram mensuradas a 3, 6 e 9 mm do ápice, como previamente descrito. Estes 110 dentes foram também avaliados radiograficamente, com a RD e espessura dentinária sendo mensuradas a 3, 6, e 9 mm do ápice. Os dados obtidos foram submetidos aos testes ANOVA e Tukey e teste Wilcoxon, com nível de significância de 5%.

Figura 3 – Esquema representativo das mensurações



A: Diâmetro mesio-distal (MD – a1, a3, a5) e vestibulo-lingual (VL – a2, a4, a6) avaliados nas imagens radiográficas (linhas vermelhas). Relação de diâmetro (RD) (b1, b2, b3) observadas (linhas azuis) em imagens de micro-CT a 3 (I), 6 (II) e 9 (III) mm do ápice.

B - Imagens obtidas usando o software e mensurações da espessura dentinária (linhas brancas) das paredes mesial (M) e distal (D) a 3 (IV), 6 (V) e 9 (VI) mm do ápice.

Fonte: Elaboração própria

Os espécimes selecionados a partir da seleção inicial (n=110) foram mantidas em solução de timol 0,1% a 5°C até o uso. Após lavagem em água corrente por 48 horas, foi realizada a abertura coronária com fresas esféricas tipo diamantada nº 2 (KG SORENSEN, São Paulo, Brasil). Todas as etapas foram realizadas seguindo protocolo padronizado e por um único operador, previamente calibrado. Os canais foram explorados com instrumento tipo K #10 e o comprimento de trabalho foi determinado 1mm aquém do forame apical. Glide path foi realizado com instrumento tipo K #10 na região foraminal.

Os espécimes foram distribuídos, de acordo com os estudos propostos e suas comparações. Os grupos experimentais para o preparo foram divididos de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição dos grupos experimentais para preparo dos canais radiculares.

Grupo	Técnica de instrumentação
1	Reciproc* R40
2	MTwo* 40.06 em movimento recíprocante
3	UniCone** 20.06 e 40.06 em movimento recíprocante
4	MTwo* 20.06 e 40.06 em movimento recíprocante
5	MTwo* sequência de instrumentos em movimento rotatório

* Reciproc e Mtwo: VDW, Munich, Germany; ** Unicone: Medin, Nove Mesto Morave, Czech Republic

Publicação 2

Neste estudo, foi realizada a comparação de preparo dos canais radiculares utilizando os instrumentos R40 em cinemática recíprocante anti-horária, MTwo #40.06 em cinemática recíprocante horária e Mtwo #20.06 seguido de MTwo #40.06, também em cinemática recíprocante horária (Espir et al. 2017).

Preparo com Reciproc R40: foram utilizados instrumentos Reciproc R40, sendo um instrumento para cada canal radicular. O movimento recíprocante foi utilizado em motor elétrico VDW Silver (VDW Silver; VDW GmbH, Munich, Germany), com torque e velocidade específica de acordo com o fabricante. Os movimentos foram realizados por terços (cervical, médio e apical), sendo 3 movimentos de introdução e remoção ao atingir cada terço, finalizando com pincelamento das paredes vestibular e lingual. Ao atingir o CT, 3 movimentos de introdução e remoção foram realizados, finalizando com pincelamento de todas as paredes (2 movimentos para cada parede). Cada tempo de preparo foi cronometrado e registrado em todos os grupos, sendo iniciado com a introdução do primeiro instrumento até irrigação final com 2,5mL de hipoclorito 2,5%.

Preparo com MTwo 40.06 em movimento recíprocante: Para instrumentação dos canais radiculares, foi utilizado o instrumento MTwo 40.06, sendo usado um instrumento para cada preparo. O movimento recíprocante de 150° sentido horário, complementado com 30° sentido anti-horário foi programado em motor ENDO DUAL (Satelec, By Dental srl, Pistoia, Itália). Os movimentos foram realizados de acordo com o descrito para o grupo Reciproc.

Preparo com instrumentos MTwo 20.06 e 40.06, em movimento recíprocante: Instrumentos MTwo 20.06 e 40.06 foram utilizados em movimento recíprocante acionados ao motor ENDO DUAL (By Dental srl, Pistoia, Itália), da mesma forma como descrito para o Mtwo 40.06.

Publicação 3

Neste estudo, foi realizada a comparação de preparo utilizando os instrumentos R40 e os instrumentos Unicone #20.06 seguido de MTwo #40.06 em cinemática recíprocante convencional, além de instrumentos MTwo em sequência rotatória. O preparo com instrumentos R40 foi descrito previamente para a publicação 2.

Preparo com sistema UniCone 20.06 e 40.06 no movimento recíprocante: os canais radiculares foram instrumentados utilizando o sistema UniCone em movimento recíprocante (motor elétrico VDW Silver, Reciproc), seguindo cinemática para Reciproc. Foram utilizados instrumentos 20.06 e 40.06, sendo utilizado 1 instrumento para cada dois preparos. Os movimentos para cada instrumento também foram realizados de acordo com o descrito para Reciproc.

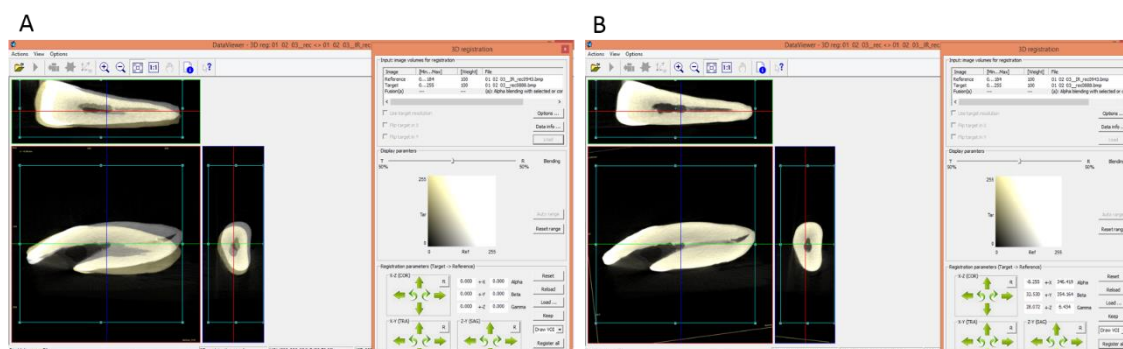
Preparo com sequência de instrumentos do sistema MTwo, em movimento rotatório: O preparo dos canais radiculares foi realizado seguindo sequência coroa ápice utilizando instrumentos MTwo, em movimento rotatório, acionados em motor VDW Silver (VDW Silver; VDW GmbH, Munich, Germany) com velocidade de 300 rpm e torque 2. A sequência utilizada foi: instrumento 25/07 (terço cervical), 25/06 (terço médio), 20/06 (terço apical), com pincelamento das paredes e irrigação a cada troca de instrumento; ao atingir o CT, uso dos instrumentos 25/06, 30/05, 35 e 40/04, finalizando com o instrumento 40/06, todos com movimento de pincelamento das paredes.

Escaneamento e análise

Os escaneamentos e análise após a etapa de preparo foram realizados da mesma forma para as publicações 2 e 3. Parâmetros baseados em estudo piloto foram utilizados na etapa inicial de seleção (resolução de 18µm, ciclo de evolução de 360°, 0,5mm de filtro de alumínio, energia de 353uA e 70 kV de potência). A reconstrução das imagens foi feita pelo software NRecon (V1.6.3; Bruker micro-CT), como descrito anteriormente, utilizando os parâmetros já definidos.

Após a etapa de reconstrução das imagens, os espécimes são registrados em dois conjuntos de imagens (um usado como referência e outro como target), utilizando o software Data Viewer (Data Viewer v.1.5.1, Bruker-microCT) (Figura 4). Este registro duplo permite um alinhamento geométrico dos datasets utilizados, sendo este novo registro (que consiste em uma sobreposição dos datasets) salvo em nova pasta. O alinhamento e sobreposição das imagens obtidas inicialmente e pós preparo possibilita análise precisa dos mesmos cortes. A ferramenta “register all” do software permite o registro automático dos espécimes. Ajustes menores são possíveis manualmente, seja por comandos do software como por comandos no teclado (“ctrl+fixa” ou ctrl+alt”, por exemplo). Estes conjuntos de imagens são avaliados no software CTAn (CTAn v.1.14.4, Bruker-microCT) para análise quantitativa e construção de modelos visuais em 3D (Figura 5).

Figura 4 – Representação da utilização do software DataViewer

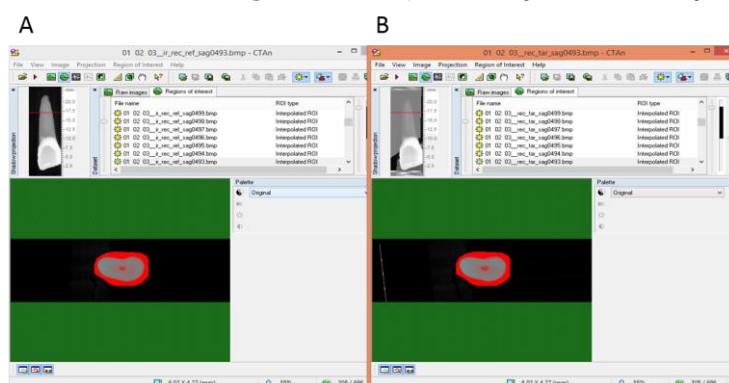


Imagens representativas da análise utilizando o software DataViewer antes (A) e após (B) o registro dos espécimes inicial (“Reference”) e pós preparo (“Target”).

Fonte: Elaboração própria

Para esta análise, foram padronizados limites de “top” (estabelecido como o corte em que não se observa mais a presença de esmalte) e “bottom” (estabelecido como o primeiro corte apical onde é possível visualizar a raiz). Os valores encontrados para esses limites são utilizados nas análises dos espécimes inicial e pós preparo. A partir destes limites, é então criada uma região de interesse (ROI) em todas as secções, selecionando dentina e canal de cada espécime. A integração das regiões de interesse em todos os cortes selecionados definiu um volume de interesse (VOI), salvo como um novo dataset. Um processo de binarização ou segmentação foi realizado, sendo este determinado a partir de um intervalo de cinza, definido através de um histograma. A ferramenta “custom processing” é então utilizada, executando um processamento personalizado das imagens através de um “task list”, ou lista de tarefas com funções diversas e operações matemáticas (Figura 6). Para cada tipo de análise (segmentação radicular e da dentina, debris dentinários, superfícies não tocadas e material obturador) foram utilizadas listas padrão distintas (Freire et al. 2015). O resultado final foi a análise volumétrica e o modelo 3D de um determinado objeto.

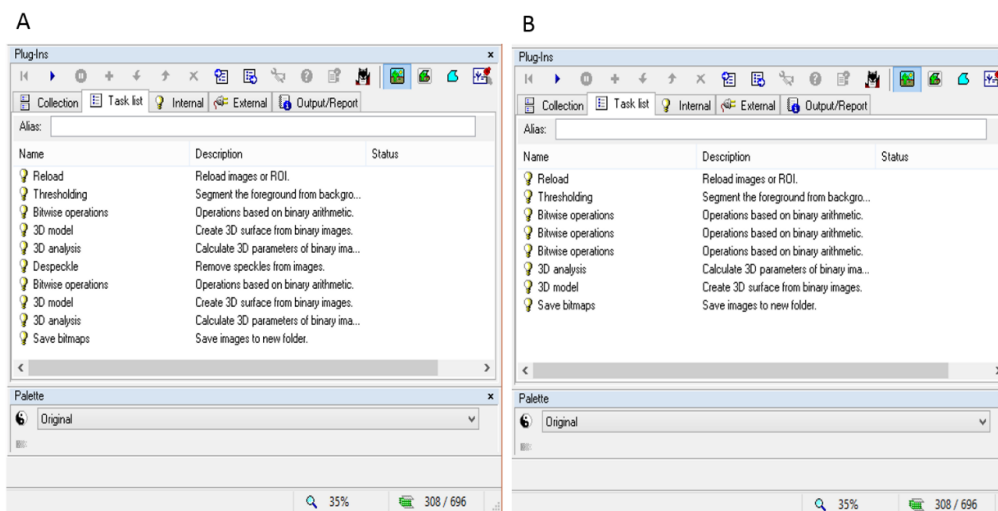
Figura 5 – Representação da utilização do software CTan



Imagens representativas das análises no software CTan dos dataset inicial (A) e pós instrumentação (B).

Fonte: Elaboração própria.

Figura 6 – Representação dos tasks lists utilizados



Tasks lists utilizados para obtenção dos resultados para volume do canal inicial e pós preparo (A) e presença de debris e superfície não tocada (B).

Fonte: Elaboração própria.

Dessa forma, foram obtidos a partir desta análise:

- Valores de volume do canal inicial e pós preparo, sendo esta análise realizada no canal total e também por terços;
- Valores de SMI, também para os dois períodos (inicial e pós preparo);
- Volume de debris, que foi considerado como sendo o material de densidade semelhante à dentina nas imagens pós preparo, em regiões previamente ocupadas por ar no pré;
- Porcentagem de debris produzidos após o preparo, definidos utilizando a seguinte fórmula:

$$\% \text{ de debris pós preparo} = \frac{\text{vol de debris pós preparo} \times 100}{\text{vol do canal pós sem debris}}$$

- Superfície em mm² (total e por terços);
- Superfície não tocada pós preparo;
- Porcentagem de superfície não tocada após o preparo, definida utilizando a fórmula:

$$\% \text{ de sup não tocada} = \frac{\text{área de sup não tocada} \times 100}{\text{área de sup total pós preparo}}$$

Obturação dos canais radiculares

Nesta etapa experimental, foram utilizados canais radiculares preparados distribuídos em novos grupos experimentais, também de acordo com as análises propostas para as publicações 4, 5 e 6. De uma forma geral, a distribuição foi realizada da seguinte maneira:

Tabela 2 – Distribuição dos grupos experimentais para etapa de obturação à partir dos preparos realizados

Técnica de instrumentação	Técnica de obturação	Material obturador
Reciproc R40 (n=20)	1a - Cone único (n=10)	AH Plus*
	1b - Condensação lateral (n=10)	AH Plus
MTwo 40.06 em movimento recíprocante (n=20)	2a- Cone único (n=10)	AH Plus
	2b- Condensação lateral (n=10)	AH Plus
UniCone 20.06 e 40.06 em movimento recíprocante (n=20)	3a- Cone único (n=10)	Neo MTA Plus**
	3b- Cone único (n=10)	AH Plus
MTwo 20.06 e 40.06 em movimento recíprocante (n=20)	4a - Condensação lateral (n=10)	MTA Fillapex***
	4b - Condensação lateral (n=10)	AH Plus
Sequencia MTwo em movimento rotatório (n=20)	5a- Cone único (n=10)	AH Plus
	5b- Condensação lateral (n=10)	AH Plus

* AH Plus: Dentsply De Trey, Konstanz, Germany; ** Neo MTA Plus: NEO; Avalon Biomed Inc; *** MTA Fillapex: Angelus Indústria de Produtos Odontológicos S/A (Londrina, PR, Brazil)

Visando simular o ligamento periodontal para execução da etapa de obturação dos canais radiculares, todos os dentes foram montados em aparato de resina acrílica. Cada dente foi moldado com silicóna de condensação (Oranwash, Zhermack SpA, Badia Polesine, Itália) para simulação do ligamento periodontal, sendo a raiz envolta em papel alumínio. Além disso, quando a condensação lateral foi realizada, estes dispositivos foram colocados sobre balança de precisão, mantendo uma pressão máxima de até, 1,5 Kg durante a inserção do espaçador (Figura 7). Dessa maneira, a força aplicada em todos os espécimes foi padronizada.

Figura 7 – Esquema representativo da obturação dos canais



Esquema de simulação do ligamento periodontal para posterior obturação dos espécimes (caixa de papel preenchida com resina acrílica, moldagem dos espécimes em silicone e simulação do ligamento com papel alumínio). Do lado direito, imagem representativa da balança de precisão utilizada para controle de força no momento do uso dos espaçadores digitais.

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Publicação 4

Neste estudo, foi realizada a análise do efeito do preparo na qualidade de obturação. Para isso, utilizou-se canais radiculares preparados com instrumentos R40, Mtwo #40.06 e sequencia rotatória de instrumentos MTwo. O preparo foi realizado conforme descrito para as publicações 2 e 3. A obturação foi realizada pelas técnicas de cone único ou condensação lateral, utilizando o cimento AH Plus. As análises de preparo foram realizadas de acordo com publicações 2 e 3.

Análises de obturação

Obturação por técnica de cone único: Para a técnica de obturação do cone único, cone de guta-percha (Mtwo, VDW GmbH, Munich, Germany) foi utilizado, sendo seu travamento no CT confirmado por radiografia digital. Antes da colocação do cone, o cimento endodôntico foi manipulado de acordo com instruções do fabricante e levado ao canal radicular, utilizando Lentulo #40 (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suíça) introduzida a 3mm aquém do CT. Em seguida, o cone de guta-percha selecionado envolto em cimento foi levado ao canal. Foi realizado o corte cervical do cone com instrumento aquecido. Uma radiografia de avaliação da obturação de cada espécime foi realizada.

Obturação por técnica de condensação lateral: Na obturação pela técnica de condensação lateral, foi realizada radiografia digital para comprovação do travamento do cone de guta-percha #40.02 (Mtwo, VDW, Munich, Alemanha) no CT estabelecido para cada canal radicular. O cimento utilizado foi levado ao canal radicular, da mesma maneira já descrita. Em seguida, o cone de guta-percha principal envolto com cimento em toda sua extensão foi levado ao canal, até o CT. Foi então utilizado espaçador B (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) ao lado do cone principal, utilizando pressão no sentido apical. Após sua remoção, um cone acessório tamanho XF (Tanari Indústria Ltda., São Paulo, Brasil) era inserido no espaço criado, também envolto por cimento obturador. Estes procedimentos foram repetidos até que o espaçador não penetrasse além do que o terço cervical. Após radiografia comprobatória, foi realizada a compactação vertical, da mesma maneira descrita anteriormente.

Publicação 5

Neste estudo, foi realizada a avaliação da qualidade de preenchimento utilizando a técnica de cone único de guta-percha associada aos cimentos AH Plus ou Neo MTA Plus. Para isto, foram utilizados canais radioculares preparados pelo sistema Unicore, como descrito para a publicação 3. A técnica de obturação utilizada foi a de cone único, da mesma forma como descrito para a publicação 4.

Vale ressaltar que a manipulação do cimento Neo MTA Plus utilizado foi padronizada, sendo utilizada a proporção pó / líquido de 1 colher de pó (0,33g) / 1 gota gel (150 µl). Os parâmetros seguidos para análise serão descritos adiante.

Publicação 6

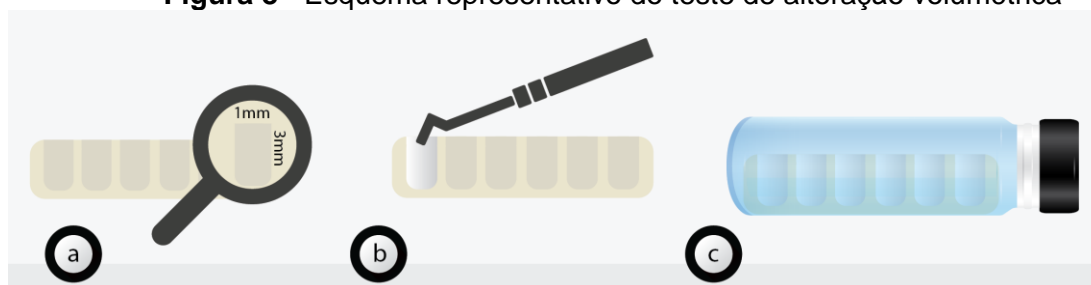
Neste estudo, foi realizada a avaliação da qualidade de preenchimento utilizando a técnica de condensação lateral associada aos cimentos AH Plus ou MTA Fillapex. Para isto, foram utilizados canais radiculares preparados com instrumentos MTwo #20.06 seguido de #40.06, como descrito para a publicação 2. A técnica de obturação utilizada foi a de condensação lateral, como descrito para a publicação 4. Os parâmetros seguidos para análise serão descritos adiante.

Para este estudo, um teste complementar de alteração volumétrica foi utilizado:

Análise da propriedades físico-química – alteração volumétrica:

Para análise da alteração volumétrica utilizando microtomografia computadorizada, cavidades em resina acrílica (n=6) com 3mm de profundidade e 1mm de diâmetro foram preparadas e preenchidas com cada material avaliado (AH Plus e MTA Fillapex) logo após manipulação. Os espécimes foram mantidos em estufa a 37°C e umidade relativa por um período de três vezes o tempo de presa (Figura 8). Após esse período inicial e o período de 7 dias imersos em água destilada, os espécimes foram escaneadas (SkyScan 1176, Bruker-MicroCT, Kontich, Bélgica). Parâmetros de escaneamento foram realizados usando 50 kV, 500 μ A, filtro de alumínio 0.5mm, tamanho de voxel de 18 μ m; ciclo de evolução de 360°. Cada escaneamento consistiu de 721 imagens em formato TIFF. A reconstrução das imagens foi realizada utilizando o software NRecon (v.1.6.3, Bruker-microCT). A correção de parâmetros para The correction “smoothing”, “beam hardening” e “ring artefacts” foram definidas para cada material. Os mesmos parâmetros foram usados para os mesmos materiais nos diferentes períodos. As imagens reconstruídas dos diferentes períodos foram sobrepostas e salvas utilizando o programa Data Viewer (v.1.5.1, Bruker-microCT). Análises foram realizadas utilizando o software CTAn (CTAn v.1.14.4, Bruker microCT). E modelos 3D foram obtidos utilizando o programa CTVol (V2.0; Bruker-MicroCT).

Figura 8 - Esquema representativo do teste de alteração volumétrica



Esquema representativo da cavidade confeccionada (a), preenchimento da cavidade com o material utilizado (b) e armazenamento do conjunto em água destilada (c).

Fonte: Torres et al. 2017⁸⁰.

Escaneamento e análise

Após a obturação de acordo com os grupos experimentais, todos os espécimes foram escaneados e analisados seguindo protocolos definidos. Cada espécime foi escaneado em micro CT. A fim de sanar possíveis artefatos decorrentes da presença de um material radiopaco (cimento obturador) no interior do canal radicular, os parâmetros de escaneamento para esta etapa foram: 90 kV, 278 μ A,

rotação de 360°, resolução de 18 µm e filtro CuAl. Estes espécimes foram reconstruídos como descrito anteriormente pelo software NRecon, também variando alguns parâmetros de correções de artefato. Nesta etapa experimental, a análise dos espécimes será posteriormente realizada, seguindo os mesmos princípios descritos para a análise dos preparos. Porém, neste caso, as porcentagens de material obturador tomarão como base o volume do canal pós preparo. Dessa forma, foram obtidos:

- Percentuais volumétricos de material obturador e de espaços vazios, calculados segundo as seguintes fórmulas:

$$\% \text{ material obturador} = \frac{\text{volume de mat obturador} \times 100}{\text{volume do canal pós preparo}}$$

$$\% \text{ espaços vazios} = 100 - \% \text{ material obturador}$$

ANEXO A – AUTORIZAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DA PUBLICAÇÃO 1



JOURNAL OF
CONSERVATIVE
DENTISTRY



INDIAN ASSOCIATION OF CONSERVATIVE DENTISTRY AND ENDODONTICS
IACDE
FOUNDED IN 1961

Home | [About us](#) | [Editorial Board](#) | [Instructions](#) | [Submission](#) | [Subscribe](#) | [Advertise](#) | [Contact](#) | [e-Alerts](#) | [Login](#)
Users Online: 650

Current Issue ↓ | Archives ↓ | Ahead of Print ↓ | Search ↓
📄 📧 🗑️ 🔄 📱

■ Instructions to Authors

AUTHOR INSTRUCTIONS

Scope of the journal:

The Journal of Conservative Dentistry (ISSN - 0972-0707) is the official journal of the Indian Association of Conservative Dentistry and Endodontics (IACDE). Our journal publishes scientific articles, case reports, short communications, invited reviews and comparative studies evaluating materials and methods in the fields of Conservative Dentistry, Dental Materials and Endodontics. *J Conserv Dent* has a diverse readership that includes full-time clinicians, full-time academicians, residents, students and scientists. Effective communication with this diverse readership requires careful attention to writing style.

Authors are requested to read the author instructions thoroughly prior to preparation of the manuscript. The journal will follow to a great extent the "Uniform requirements for Manuscripts submitted to Biomedical Journal" developed by [International Committee of Medical Journal Editors](#) (April 2010). Both, the uniform requirements and the requirements of Journal of Conservative Dentistry have been briefed below.

The Editorial Process

All manuscripts received are duly acknowledged. A Technical Editor will review all the submitted manuscripts initially. Those manuscripts that are not prepared based on the author guidelines will be resent for technical modification prior to review process. Manuscripts that pass through this initial screening process will be sent to two or more expert external reviewers and this is a mutually blinded process. The reviewer's comments on revision/acceptance / rejection of the manuscript will be communicated to the author in eight to ten weeks. Manuscripts with insufficient originality, serious scientific flaws, or non-contribution to existing knowledge have a lesser chance of acceptance. Articles accepted would be copy edited for grammar, punctuation, print style, and format. Page proofs will be sent to the corresponding author, which has to be returned within five days. Corrections received after that period may not be included.

Search
The Journal
Site Statistics
Addresses
My Preferences
Online Submission
What's New
Download Templates
About The Journal
Editorial Board
Contacts
Reference style (PPS)

[Submit article](#)

[Email alerts](#)

[Join as Reviewer](#)

[Most popular articles](#)

[Recommend this journal to your library](#)

ANEXO B – AUTORIZAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DA PUBLICAÇÃO 2

20/12/2017

RightsLink Printable License

JOHN WILEY AND SONS LICENSE TERMS AND CONDITIONS

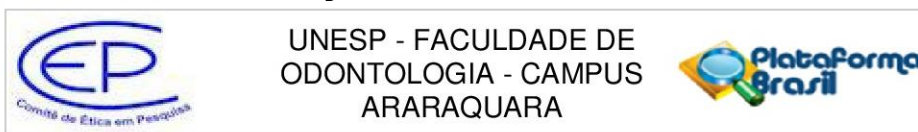
Dec 20, 2017

This Agreement between Mrs. Camila Galletti Espir ("You") and John Wiley and Sons ("John Wiley and Sons") consists of your license details and the terms and conditions provided by John Wiley and Sons and Copyright Clearance Center.

License Number	4253071235028
License date	Dec 20, 2017
Licensed Content Publisher	John Wiley and Sons
Licensed Content Publication	International Endodontic Journal
Licensed Content Title	Counterclockwise or clockwise reciprocating motion for oval root canal preparation: a micro-CT analysis
Licensed Content Author	C. G. Espir, C. A. Nascimento-Mendes, J. M. Guerreiro-Tanomaru, L. G. Freire, G. Gavini, M. Tanomaru-Filho
Licensed Content Date	Apr 25, 2017
Licensed Content Pages	1
Type of use	Dissertation/Thesis
Requestor type	Author of this Wiley article
Format	Print and electronic
Portion	Full article
Will you be translating?	No
Title of your thesis / dissertation	EMPREGO DA MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA NA ANÁLISE DE PREPARO, LIMPEZA E OBTURAÇÃO DE CANAIS RADICULARES OVALADOS
Expected completion date	Feb 2018
Expected size (number of pages)	100

[Print This Page](#)

ANEXO C – APROVAÇÃO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação do preparo com diferentes cinemáticas e da obturação com diferentes técnicas e materiais obturadores em canais radiculares ovalados

Pesquisador: Mario Tanomaru Filho

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 31725014.7.0000.5416

Instituição Proponente:

Patrocinador Principal: Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP

DADOS DA NOTIFICAÇÃO

Tipo de Notificação: Envio de Relatório Final

Detalhe:

Justificativa: A pesquisa foi concluída de forma satisfatória, sendo enviado em anexo o relatório

Data do Envio: 09/08/2017

Situação da Notificação: Parecer Consubstanciado Emitido

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.278.164

Apresentação da Notificação:

Apresentação de relatório final.

Objetivo da Notificação:

Relatório Final.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não se aplica.

Comentários e Considerações sobre a Notificação:

O pesquisador apresenta relatório final no qual constam resumidamente os resultados encontrados. Esta pesquisa resultou em diversos artigos que foram encaminhados para publicação e apresentações de trabalhos, todos devidamente documentados no relatório final.

Endereço: HUMAITA 1680

Bairro: CENTRO

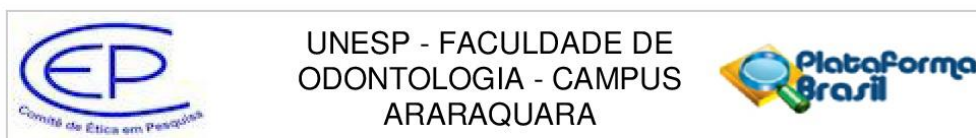
UF: SP

Telefone: (16)3301-6459

Município: ARARAQUARA

CEP: 14.801-903

E-mail: cep@foar.unesp.br



Continuação do Parecer: 2.278.164

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos foram apresentados.

CONCLUSÕES:

De acordo com as publicações definidas, conclui-se que:

- O movimento reciprocante convencional para R40 e o movimento reciprocante horário para MTwo resultou em preparos similares. Melhor limpeza de debris no terço médio foi obtida quando dois instrumentos com diâmetros diferentes foram usados.
- O preparo com dois instrumentos reciprocantes do sistema Unicone promoveu maior aumento de volume. Porém, maior limpeza e menor percentual de debris foi obtido para preparo reciprocante com R40 e sequência rotatória MTwo.
- O preparo de canais ovais com técnicas reciprocantes R40 e Mtwo 40.06 proporcionaram maiores percentuais de limpeza, acarretando obturação semelhante por técnicas de cone único e compactação lateral. Maior percentual de debris após preparo MTwo promoveu maior percentual de falhas para obturação com cone único.
- O preenchimento de canais ovais pela técnica de cone único para o cimento de silicato de cálcio Neo MTA Plus foi semelhante ao AH Plus.
- MTAFillapex proporciona maior porcentagem de falhas na obturação de canais ovais, o que pode estar relacionado com a redução volumétrica do material.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não existem pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Relatório Final APROVADO em reunião de 15 de Setembro de 2017.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Envio de Relatório Final	formulario_para_relatorio_final.pdf	09/08/2017 10:35:44	Mario Tanomaru Filho	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: HUMAITA 1680
Bairro: CENTRO **CEP:** 14.801-903
UF: SP **Município:** ARARAQUARA
Telefone: (16)3301-6459 **E-mail:** cep@foar.unesp.br

Não autorizo a publicação deste trabalho pelo prazo de até 2 anos após a data de defesa

(Direitos de publicação reservado ao autor)

Araraquara, 19 de fevereiro de 2018.

Camila Galletti Espir Passador