

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 13/03/2019.



UNESP – Universidade Estadual Paulista

“Júlio Mesquita Filho”

Faculdade de Odontologia de Araraquara



Camila Almeida Nascimento Mendes

**Efeito do preparo rotatório e recíprocante no canal e dentina radicular e na
qualidade da obturação, usando cimentos a base de silicato de cálcio**

Araraquara

2017



UNESP – Universidade Estadual Paulista

“Júlio Mesquita Filho”

Faculdade de Odontologia de Araraquara



Camila Almeida Nascimento Mendes

**Efeito do preparo rotatório e recíprocante no canal e dentina radicular e na
qualidade da obturação, usando cimentos a base de silicato de cálcio**

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

Orientador: Prof^a. Dra. Juliane Maria Guerreiro Tanomaru

Araraquara

2017

Mendes, Camila Almeida Nascimento

Efeito do preparo rotatório e recíprocante no canal e dentina radicular e na qualidade da obturação, usando cimentos a base de silicato de cálcio / Camila Almeida Nascimento Mendes.-- Araraquara: [s.n.], 2017

133 f. ; 30 cm.

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

Orientadora: Profa. Dra. Juliane Maria Guerreiro Tanomaru

1. Cimento de Silicato 2. Microtomografia por Raio-X 3. Preparo de canal radicular 4. Obturação do canal radicular I. Título

Camila Almeida Nascimento Mendes

**Efeito do preparo rotatório e recíprocante no canal e dentina radicular e na qualidade da
obturação, usando cimentos a base de silicato de cálcio**

Comissão julgadora

Tese para a obtenção do grau de doutor em Odontologia

Presidente e orientador: Prof^a Dra. Juliane Maria Guerreiro Tanomaru

2º Examinador: Prof. Dr. Rodrigo Ricci Vivan

3º Examinador: Prof. Dr. Fuad Jacob Abi Rached Júnior

4º Examinador: Prof. Dr. Idomeu Bonetti Filho

5º Examinador: Prof. Dr. Joni Augusto Cirelli

Araraquara, 13 de março de 2017

DADOS CURRICULARES

CAMILA ALMEIDA NASCIMENTO MENDES

NASCIMENTO	12/05/1986 – Votuporanga, SP – Brasil
FILIAÇÃO	Carlos Rosa do Nascimento e Natalina Alves Almeida do Nascimento
2005 – 2009	Graduação em Odontologia nas Faculdades Integradas de Santa fé do Sul (FUNEC), Santa Fé do Sul, SP – Brasil.
2009	Bacharel em Odontologia (FUNEC), Santa Fé do Sul, SP – Brasil
2010	Título de Cirurgiã-Dentista – CRO-SP.
2010 - 2011	Programa de Aperfeiçoamento em Endodontia na Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista – UNESP.
2010 - 2011	Extensão em Endodontia na Fundação Araraquarense de Ensino e Pesquisa em Odontologia (FAEPO), Araraquara, SP - Brasil.
2010 - 2011	Pós-graduação em Odontologia – Área de Endodontia, nível de Mestrado (aluna especial), na Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista – UNESP.
2011 - 2013	Pós-graduação em Odontologia – Área de Endodontia, nível de Mestrado, na Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista – UNESP.
2013 - 2017	Pós-graduação em Odontologia – Área de Endodontia, nível de Doutorado, na Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista – UNESP.
ASSOCIAÇÕES	SBPqO - Sociedade Brasileira de Pesquisa em Odontologia SBendo - Sociedade Brasileira de Endodontia

Os meus agradecimentos especiais...

A **Deus**, pelas inúmeras graças e pela sua infinita misericórdia, a quem devo
minha vida e tudo o que eu sou.

A **Maria, Nossa Senhora e Mãe**, pela sua intercessão e benção, por estar
sempre comigo em todos os momentos e guiando minhas decisões.

Ao meu marido, **Rafael Carlos Mendes**, por estar sempre comigo,
pela sua especial companhia, pela força que me proporciona a não desistir e que me
motiva a seguir sempre em frente.

*“Muita obrigada pela sua paciência, meu amor. Sem seu apoio seria muito mais difícil
a conclusão desta etapa. Eu te amo muito!”*

Aos meus amados pais, **Carlos Rosa do Nascimento** e **Natalina Alves Almeida do
Nascimento** pelo seu amor, carinho e apoio, por não deixar que desista dos meus
sonhos, sempre confiando que eu daria conta,
“Que Deus os abençoe e os guarde sempre. Amo vocês!”

Ao meu querido irmão, **Carlos Eduardo Almeida do Nascimento**, que mesmo de longe,
sempre esteve torcendo e se orgulhando de mim durante todos estes anos.
*“Eu também sinto muito orgulho de você pelo grande homem que se tornou, esforçado,
responsável e muito dedicado pela sua linda família. Amo você, Ne.”*

À minha cunhada, **Luana Maira Fernandes Nascimento**, por fazer parte da nossa
família e ser uma mãe tão dedicada e amorosa com a nossa princesa.

À minha cunhada **Sandra Marcella Mendes**, pelos longos anos de amizade e por
acompanhar de perto toda essa etapa da minha vida.
*“Muito obrigada pela confiança em permitir que nós apadrinhássemos a nossa
boneca!”*

Aos meus cunhados **Alexandro Renato Mendes** e **Celiana Cristina Tessaro** pelo

carinho e confiança, por compartilhar suas vidas com nós de forma tão agradável,
tornando os momentos em família muito mais divertidos.

“Que Deus os abençoe muito. Persistam nesse caminho, Jesus é a nossa Salvação!”

À nossas lindas sobrinhas **Laura Fernandes Nascimento** e **Mary Ellen Mendes Gonçalves**, a tia Camila ama vocês como se fossem minhas filhas. Agradeço ao Senhor
pela suas vidas e peço proteção contra todos os males.

*“Muito obrigada minhas gatinhas. Um simples sorriso de vocês consegue me fazer
esquecer de todos os problemas.”*

Aos meus sogros **Erotides Ferreira Mendes** e **Maria Suerli Piloni**, pela constante
torcida e confiança em todos os momentos. Muito obrigada pelo apoio.

AGRADECIMENTOS

À *Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP)*, na pessoa de seu Magnífico Reitor Prof. Dr. Julio Cezar Durigan.

À *Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP*, na pessoa da sua Diretora Prof^a. Dra. Elaine Maria Sgavioli Massucato e vice-diretor Prof. Dr. Edson Alves Campos.

Ao *Departamento de Odontologia Restauradora* da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, representado pela Chefe de Departamento Profa. Dra. Juliane M. Guerreiro Tanomaru e vice-chefe Prof. Milton Carlos Kuga

Ao *Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Área de Endodontia*, coordenado pelo Prof. Dr. Carlos Rossa Junior.

À *Profa. Dra. Juliane Maria Guerreiro Tanomaru*, orientadora do Mestrado e Doutorado. Obrigada pelo apoio desde o mestrado e pela sua dedicação com a pesquisa, sendo um espelho a ser seguido. Os seus ensinamentos foram muitos valiosos para mim. Minha eterna gratidão, admiração e respeito.

Ao *Prof. Dr. Mário Tanomaru Filho*, quem me deu a oportunidade de ingressar na faculdade pública no ano de 2010, me auxiliou nos atendimentos com os pacientes com toda a sua calma, responsabilidade e competência. Me fez conhecer a pesquisa e amá-la. Muito obrigada pela paciência, pelos seus conselhos e ensinamentos, sempre com palavras de ânimo. Sua participação no meu desenvolvimento pessoal e profissional foi fundamental. Obrigada pela confiança dada a mim para a execução deste projeto de pesquisa.

À *Profa. Dra. Gisele Faria*, muito obrigada pela sua amizade, carinho, apoio e colaboração neste trabalho. Agradeço seus ensinamentos, conselhos e os momentos de descontração compartilhados.

Aos ***docentes do Departamento de Odontologia Restauradora*** da Faculdade de Odontologia de Araraquara, em especial aos professores da disciplina de Endodontia, ***Prof. Dr. Idomeo Bonetti Filho, Prof. Dr. Renato de Toledo Leonardo, Dr. Fábio Luiz Camargo Vilella Berbert e Prof. Dr. Milton Carlos Kuga,*** pela convivência e pelo carinho.

Obrigada pelo apoio e pelos conhecimentos dados durante todos estes anos de curso. Todo esse tempo com vocês foram muito valiosos para minha formação profissional e pessoal.

Aos ***funcionários do Departamento de Odontologia Restauradora*** desta Faculdade, Creusa, Dona Cida, Marinho, Vanderlei, Priscila, Alessandra (*in memoriam*) e Maria Ap. “Cida”. Muito obrigada pela amizade, permanecerão para sempre no meu coração.

Aos ***funcionários da Seção de Pós-Graduação***, Mara, Alexandre e Cristiano, pela ajuda, paciência e simpatia. Obrigada por ficarem sempre à disposição.

Aos ***funcionários da Biblioteca***, Ceres, Marley, Adriano, Inês, Cristina, Silvia, Eliane e Disleide, pelo auxílio nas pesquisas bibliográficas e na documentação.

Às ***funcionárias da Seção de Comitê de Ética, CEP e CEUA***, Viviane e Fernanda, pela ajuda proporcionada durante este período.

Aos ***funcionários desta Faculdade*** por sempre estarem cuidando de tudo com muito carinho, sempre nos recebendo com sorriso no rosto

Aos ***colegas de Pós-Graduação***, Ariele P. Rabello, Alana Aguiar, Natalia Kalatzis, Bernardo Costa, Carolina Venção, Miriam Magro, Lauriê Garcia, Carolina Andolfatto, Leticia Mestieri, Ana Livia G. Cornélio, Elisandra Rodrigues, Tiago Fonseca, Keli Victorino, Juliana Saraiva, Kennia Scapin Viola, Gabriela Castro, Katia Keine, Rodrigo Vasconcelos, Fernanda Ferrari, Larissa Torres, Aline Andrade, Derik Barbosa, Roberto Hoshino, Thalita Boldieri, pela convivência, amizade e

companheirismo. Muito obrigada por serem mais que colegas,
Eu amo muito vocês, permanecerão no meu coração para sempre.

Um agradecimento especial para minhas amigas ***Camila Galletti Espir, Gisselle Moraima Chávez Andrade, Raqueli Viapiana e Roberta Bosso***. Vocês foram fundamentais durante todos estes anos da minha estadia em Araraquara. Me ajudaram muito com os atendimentos aos pacientes, durante a pesquisa e nos momentos de dificuldades da vida pessoal. Muito obrigada por tudo. Que Deus abençoe muito vocês!
“Tenho certeza que ouvirei falar muito bem dessas doutoras ainda...”

Uma especial homenagem ao Pós-graduando
Adinael Trindade Junior (*in memoriam*), foi um enorme prazer ter
conhecido você e espero que como
um anjinho, continue intercedendo por nós.

A **CNPq** (Processo 141601/2013) pela concessão da bolsa de estudo
e taxa de bancada, as quais foram fundamentais para a realização deste projeto.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização
deste trabalho, os mais sinceros agradecimentos.

Por isso não tema, pois estou com você;

não tenha medo, pois sou o seu Deus.

Eu o fortalecerei e o ajudarei;

eu o segurarei

com minha mão direita vitoriosa.

(Isaiás 41:10)

Mendes CAN. Efeito do preparo rotatório e recíprocante no canal e dentina radicular e na qualidade da obturação, usando cimentos a base de silicato de cálcio [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2017.

RESUMO

Os instrumentos de níquel-titânio usados durante o preparo dos canais radiculares podem sofrer diferentes processos de tratamento na liga durante a fabricação. Sistemas de instrumentação mecanizada apresentam formatos individuais dos instrumentos, sendo sugeridas diversas cinemáticas de atuação durante a ação de corte da dentina. Os sistemas de único instrumento usados em cinemática recíprocante e novos instrumentos com tratamento térmico das ligas devem ser estudados quanto ao efeito sobre o preparo do canal e dentina radicular. A anatomia do canal, as técnicas obturadoras e o emprego de diferentes materiais podem influenciar na qualidade da obturação. O objetivo do estudo foi avaliar o preparo de canais achatados de incisivos inferiores e canais mesiais de molares inferiores com instrumento rotatório e/ou recíprocante, bem como a qualidade da obturação usando diferentes técnicas ou cimento de silicato de cálcio. Noventa incisivos inferiores apresentando canais achatados foram preparados com sistema Mtwo em rotação contínua (Mtwo rot) até 40/.06; Mtwo 40/.06 instrumento único em cinemática recíprocante horária (Mtwo rec) e Reciproc (R40) (n=30). Os dentes foram escaneados por microtomografia computadorizada (Micro-CT) antes e após o preparo. Os dados foram expressos em porcentagem do aumento de volume do canal (%V), redução da espessura de dentina (%DTR), área de superfície não instrumentada (%S) e debris remanescente (%D). O tempo necessário para o preparo foi anotado. Canais mesiais de 54 molares inferiores com curvatura moderada (10 a 20°) com Reciproc R25 (VDW, Munique, Alemanha) ou instrumentos de níquel-titânio (NiTi) com tratamento térmico ProDesign S, usando o sistema ProDesign Duo Híbrido (PDH, Easy, Belo Horizonte, Brasil) (n=27). As raízes foram escaneadas antes e após o preparo em micro-CT e as imagens analisadas quanto ao percentual de aumento de volume (%ΔV), percentual de superfície não preparada (%S), percentual de debris remanescente (%D), transporte e centralização do canal. Quarenta e oito incisivos inferiores com canais achatados foram preparados com sistema rotatório Mtwo até instrumento 40/.06 (Mtwo rot) ou Reciproc R40 (R40) foram obturados com AH Plus (AHP, n=12) ou Neo MTA Plus (NP n=12)]

pela técnica de condensação lateral ativa. Os dentes foram escaneados em micro-CT antes e após obturação. O volume de material obturador e de falhas foi avaliado na extensão total e por terços radiculares nas imagens microtomográficas. Todas as amostras foram seccionadas a 2, 4, 6, 8 e 10 mm do ápice radicular para a avaliação da área do preparo, material obturador e falhas na obturação, que foram transformados em percentual. Vinte molares inferiores com canais mesiais com curvatura moderada (10 a 20°), preparados com a Reciproc (R25). As amostras foram obturadas pelas técnicas de cone único (n=10) ou condensação lateral ativa (n=10). As raízes foram escaneadas em micro-CT após o preparo e após obturação. O volume do canal e material obturador na extensão total do canal e por terços radiculares foi analisado, sendo calculado o percentual do volume de material obturador e de falhas na obturação. Todas as amostras foram seccionadas a 2, 4, 6 e 8 mm do ápice radicular para a avaliação por microscopia da área do preparo, material obturador e falhas na obturação, que foram transformados em percentual. Vinte molares inferiores com curvatura moderada (10 a 20°), preparados com instrumentos de NiTi com tratamento térmico ProDesign S, usando o Sistema ProDesign Duo Híbrido (25/.08). Os canais foram obturados pela condensação lateral ativa de guta percha associada aos cimentos Total Fill BC Sealer (n=10) ou AH Plus (n=10). Os dentes foram escaneados em micro-CT após o preparo e obturação e as imagens analisadas quanto ao volume do canal e material obturador na extensão total e por terços radiculares. Área do preparo, de material obturador e de falhas foram analisados em cortes radiculares transversais a 2, 4, 6 e 8 mm do ápice radicular. A análise estatística foi realizada com nível de significância de 5%. Os canais achatados dos incisivos inferiores apresentaram volume inicial semelhante. Mtwo rot e Mtwo rec promoveram maior %V ($P < 0.05$). Mtwo rec e R40 apresentaram similar %V no terço apical ($P > 0.05$). R40 mostrou menor %DTR no terço cervical ($P < 0.05$). Mtwo rec apresentou maior %S na extensão total do canal e no terço médio, bem como maior %D ($P < 0.05$). O tempo de preparo foi menor com R40 e maior com Mtwo rot ($P < 0.05$). A obturação dos canais achatados de incisivos inferiores mostrou que AHP proporcionou maior preenchimento que NP nos terços médio e apical após preparo Mtwo ($P < 0.05$). O preparo com Mtwo proporcionou menos falhas no terço apical com ambos os cimentos ($P < 0.05$). Não houve diferença quanto ao percentual de guta-percha, cimento e falhas na obturação quando os cimentos AHP ou NP foram usados ($P > 0.05$). A avaliação dos canais mesiais de molares inferiores mostrou volume inicial semelhante entre todas as amostras selecionadas ($p > 0.05$). PDH promoveu maior % Δ V no terço médio ($P < 0.05$). R25 e PDH apresentaram similar %S e %D ($P > 0.05$). %S foi

maior nos terços médio e apical, sem diferença entre os terços cervical e médio ($P>0,05$). Maior remanescente de debris ocorreu no terço médio e apical para ambos preparos ($p>0,05$). Transportes nos terços cervical e médio foram observados na zona de risco (superfície distal radicular), porém o terço apical foi desviado para face oposta à curvatura (mesial) com os dois sistemas avaliados. R25 apresentou mais transporte apical que PDH ($p<0,05$). PDH promoveu maior centralização no terço apical que R25 ($p<0,05$). A análise volumétrica da obturação dos canais mesiais preparados com R25 mostrou que a condensação lateral ativa promoveu menor percentual de volume de falhas e maior área de cimento no terço cervical, com diferença significativa quando comparada a técnica de cone único ($p<0,05$). O percentual de falhas na obturação foi semelhante entre as técnicas de obturação avaliadas na extensão total, terços médio e apical radiculares ($p>0,05$). A análise da obturação dos canais mesiais preparados com PDH mostrou percentuais de volume de falhas na obturação semelhantes para os cimentos AH Plus e Total Fill BC Sealer ($p>0,05$). Total Fill BC Sealer mostrou maior percentual de volume de falhas foi nos terços apical e médio ($p<0,05$), enquanto que para o AH Plus, não houve diferença entre os terços radiculares ($p>0,05$). Área de guta-percha, cimento e falhas foram semelhantes quando AH Plus e Total Fill BC Sealer foram usados ($p>0,05$). Pôde-se concluir que o instrumento único Mtwo em cinemática recíprocante promoveu maior porcentagem de superfície não instrumentada e debris remanescente em canais achatados de incisivos inferiores; a obturação com AH Plus mostrou maior capacidade de preenchimento que Neo MTA Plus nos canais achatados de incisivos inferiores no terço médio e apical após preparo com sistema Mtwo. O sistema Mtwo 40.06 promoveu preparo mais amplo que R40, favorecendo a obturação do terço apical na técnica de condensação lateral ativa com ambos os cimentos endodônticos avaliados. Nos canais mesiais de molares inferiores, Reciproc e o instrumento rotatório/recíprocante de Niti com tratamento térmico (sistema ProDesign Duo Híbrido) promoveram preparo, percentual de superfície não instrumentada e debris remanescente similares, com maior transporte apical e menor centralização após preparo com Reciproc. Nos canais preparados com R25, a obturação foi semelhante após condensação lateral ou cone único nos terços apical e médio, com maior percentual de volume de falhas e maior percentual de área de cimento no terço cervical. Após preparo com sistema ProDesign Duo híbrido, os cimentos Total Fill BC Sealer ou AH Plus mostraram semelhante capacidade de preenchimento durante a obturação pela técnica de condensação lateral ativa.

Palavras-chave*: Cimento de Silicato. Microtomografia por Raio-X. Preparo de canal radicular. Obturação do canal radicular

Mendes CAN. Effect of rotary and reciprocating preparation in radicular canal and dentin and the quality of filling, using silicate based-cements. [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2017.

ABSTRACT

The nickel-titanium instruments used during the preparation of root canals can present different treatment processes in alloy during manufacturing. Mechanized instrumentation systems present instruments with individual formats, being suggested various kinematics during the action on the dentin. Single instrument systems used in reciprocating kinematics and the new instruments with thermal treatment of alloys should be studied as to the effect on the preparation of the root canal and dentin. The anatomy of the root canal, the filling techniques and the use of different materials can influence in the quality of filling. The objective of this study was to evaluate the flattened root canal preparation of mandibular incisors and mesial root canals mandibular molars using rotatory and/or reciprocating instruments, as well the quality of root canal obturation using different techniques or calcium silicate sealer. Ninety mandibular incisors presenting flattened canals were prepared using Mtwo system in continuous rotation (Mtwo rot) up to 40/.06; Mtwo 40/.06 single instrument in reciprocating motion (Mtwo rec) and Reciproc (R40) (n = 30). The teeth were scanned by computed microtomography (Micro-CT) before and after the preparation. Data were expressed as a percentage of the increase in volume of root canal (% V), reduction of the thickness dentin (% DTR), uninstrumented surface area (% S) and remaining debris (% D). The time required for the preparation was noted. Mesial root canals of 54 mandibular molars with moderate curvature (10 to 20°) were prepared using Reciproc R25 (VDW, Munich, Germany) or instruments of nickel titanium (NiTi) with heat treatment (ProDesign S), using the ProDesign Duo Hybrid System (PDH, Easy, Belo Horizonte, Brazil) (n = 27). The roots were scanned before and after preparation in micro-CT and the images analyzed regarding the percentage of increase in volume (% Δ V), percentage of uninstrumented surface (% S), percentage of remaining debris (% D), transport and centralization of the canals. Forty eight flattened root canals were prepared using rotatory system Mtwo up 40/.06 (Mtwo rot) or Reciproc R40 (R40) were obturated using AH Plus (AHP, n = 12) or Neo MTA Plus (NP n = 12)] sealers by lateral condensation technique. The teeth were scanned by micro-CT before

and after the obturation. The volume of obturation material and voids was calculated in total length and by radicular thirds in microtomographic images. All samples were sectioned at 2, 4, 6, 8 and 10 mm from the radicular apex for evaluation of gutta-percha area, sealer area and voids, which were transformed into percentage. The mesial root canals of twenty mandibular molars with moderate curvature (10 to 20°) were prepared with the Reciproc (R25). The root canal were filling using single cone (n = 10) or lateral condensation (n = 10). The roots were scanned in micro-CT after the preparation and after filling. The volume of obturation material and voids was calculated in total length and by radicular thirds in microtomographic images. All samples were sectioned at 2, 4, 6 and 8 mm from the radicular apex for evaluation of gutta-percha area, sealer area and voids, which were transformed into percentage. The mesial root canals of twenty mandibular molars with moderate curvature (10 to 20°) foram prepared with NiTi instruments with heat treatment (ProDesign S), using the ProDesign Duo Hybrid System (25/.08). The root canals were filled by lateral condensation of gutta percha using Total Fill BC Sealer (n = 10) or AH Plus (n = 10). The teeth were scanned in micro-CT after the preparation and filling and the images were analyzed how the volume of obturation material and voids in total length and by radicular thirds in microtomographic images. All samples were sectioned at 2, 4, 6 and 8 mm from the radicular apex for evaluation of gutta-percha area, sealer area and voids, which were transformed into percentage. Statistical analysis was performed with a significance level of 5%. The flattened lower incisors showed initial volume root canal similar. Mtwo rot and Mtwo rec promoted greater %V ($P < 0.05$). Mtwo rec and R40 presented similar %V in the apical third ($P > 0.05$). R40 showed less %DTR in the coronal third ($P < 0.05$). Mtwo rec presented greater %S in the total length of the canal and the middle third, as well as greater %D ($P < 0.05$). The preparation time was lower with R40 and higher with Mtwo rot ($P < 0.05$). The obturation of flattened root canals of mandibular incisor showed that AHP has provided greater filling that NP in apical and medium thirds after preparation of root canal using Mtwo ($p < 0.05$). The preparation with Mtwo provided less percentage of voids in the apical third with both sealers used ($p < 0.05$). No difference regarding the percentage of gutta-percha filling area, cement and voids when the selalers AHP or NP were used ($P > 0.05$). The evaluation of mesial root canals of mandibular molars showed initial volume similar among all selected samples ($p > 0.05$). PDH promoted greater % Δ V the middle third ($p < 0.05$). R25 and PDH presented similar %S and %D ($P > 0.05$). %S was greater in apical and medium thirds, with no difference between the coronal and middle thirds ($p > 0.05$). Greater

remnant of debris occurred in the middle and apical third for both instruments ($p > 0.05$). Transport in cervical and middle thirds were observed in the danger zone (distal), but the apical third was transported to the outer face of the root curvature (mesial) using the two systems evaluated. R25 presented greater apical transport than PDH ($P < 0.05$). PDH promoted greater centralization in the apical third than R25 ($P < 0.05$). Analysis of filling of the mesial root canals of mandibular molars prepared with R25 showed that the lateral condensation promoted lowest percentage of void volume and largest percentage of sealer area in the coronal third, with significant difference when compared to the single-cone technique ($P < 0.05$). The percentage of volume voids in the filling was similar between the filling techniques evaluated in total length, middle and apical thirds roots ($P > 0.05$). Analysis of filling of the mesial root canals of mandibular molars prepared with PDH showed volume percentages of volume voids similar to AH Plus and Total Fill BC Sealer ($P > 0.05$). Total Fill BC Sealer showed higher percentage of volume voids in apical and medium thirds ($p < 0.05$), while for AH Plus, there was no difference between the root thirds ($p > 0.05$). Gutta-percha, sealer and voids area were similar when AH Plus and Total Fill BC Sealer were used ($p > 0.05$). It might be concluded that the single instrument Mtwo in reciprocating motion promoted greater percentage of instrumented surface and remaining debris in flattened root canals; the obturation with AH Plus showed greater ability to filling than Neo MTA Plus in flattened root canals in the middle and apical thirds after preparation using Mtwo. The Mtwo 40.06 system promoted broader preparation than R40, favoring the filling of apical third in the lateral condensation technique with both endodontic sealers. In mesial root canal of mandibular molars, Reciproc and the Niti instrument rotatory/reciprocating with heat treatment (ProDesign Duo Hybrid System) promoted preparation, percentage of uninstrumented surface and remaining debris similar with greater apical transport and less centralization after preparation using Reciproc. In the root canals prepared using R25, the filling was similar after lateral condensation or single cone in thirds apical and medium, with higher percentage of volume voids and higher percentage of sealer area in the coronal third. After preparation with ProDesign Duo Hybrid system, Total Fill BC Sealer or AH Plus showed similar ability to fill during the obturation by lateral condensation technique.

Keywords*: Silicate Cement. Root canal preparation. Root canal obturation. X-Ray Microtomography

*Conforme Descritores em Ciências da Saúde – DeCS (Bireme) e Normas Foa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	PUBLICAÇÃO 1.....	30
3	PUBLICAÇÃO 2.....	45
4	PUBLICAÇÃO 3.....	65
5	PUBLICAÇÃO 4.....	82
6	PUBLICAÇÃO 5.....	101
7	DISCUSSÃO.....	118
8	CONCLUSÃO.....	122
	REFERÊNCIAS.....	123
	APÊNDICE A	130
	APÊNDICE B	131
	APÊNDICE C	132
	ANEXO A	133

1 INTRODUÇÃO

Diferentes instrumentos de níquel-titânio com diferentes formas, conicidades, tratamento da liga durante o processo de fabricação e cinemática de atuação são desenvolvidos e aplicados na endodontia contemporânea (Coelho et al.⁹, 2016; De-Deus et al.¹², 2015; Hwang et al.¹⁸, 2014; Marceliano-Alves et al.²⁵, 2015; Moura-Netto et al.²⁹, 2015; Robinson et al.⁴⁰, 2013). Inicialmente os sistemas de rotação contínua ganharam destaque e até os dias atuais, vêm sendo utilizados com frequência na prática clínica.

O sistema Mtwo (VDW, Munich, Alemanha) é composto por uma sequência progressiva de instrumentos fabricados com liga convencional de níquel titânio, recomendados para a cinemática de rotação contínua. De acordo com o fabricante, os instrumentos Mtwo apresentam secção transversal em forma de S, dois ângulos de corte e conicidade constante ao longo da parte ativa do instrumento. Uma sequência de instrumentos é usada de acordo com a anatomia inicial do canal radicular. Também são disponibilizados instrumentos com maior conicidade, como 25.07, 30/.06, 35/.06, 40/.06. São instrumentos que apresentam flexibilidade, ação de corte e limpeza no canal (Hwang et al.¹⁸, 2014; Ramazani et al.³⁸, 2016), favorecem um preparo centralizado com manutenção do seu trajeto original (Vallaeys et al.⁴⁹, 2016), além de apresentar maior resistência à fadiga cíclica que outros instrumentos rotatórios (Plotino et al.³⁶, 2010).

Com objetivo de reduzir o tempo de trabalho, sistemas de único instrumento foram desenvolvidos, a partir do movimento recíprocante (Gavini et al.¹⁴, 2012; Varela-Patino et al.⁵⁰, 2010). Yared descreveu uma técnica de instrumentação utilizando um único instrumento projetado para a instrumentação rotatória (F2 – Sistema Protaper Universal) em movimento recíprocante, de modo que a lima girasse 4/10 de volta no sentido horário (144° - ação de corte) e 2/10 de volta no sentido anti-horário (72° - liberação do instrumento), visando a otimização do trabalho e a menor fadiga do instrumento contra as paredes dentinárias (Yared⁵⁶, 2008). Desta forma, foi descrito que a técnica de instrumentação recíprocante com o instrumento F2 proporciona um preparo semelhante à utilização de toda sequência do sistema rotatório Protaper Universal em relação ao volume de dentina desgastada e manutenção do ângulo de curvatura do canal radicular nos terços médio e apical (Paque et al.³², 2011).

Instrumentos desenhados especificamente para instrumentação recíprocante foram desenvolvidos, no qual o instrumento é forçado na direção de corte, seguido pelo movimento reverso, para a sua liberação. Uma rotação de 360 graus é completada pela

sequência de vários movimentos reciprocantes. O ângulo na direção de corte é maior que o ângulo na direção reversa, resultando em progressão contínua do instrumento em direção ao ápice radicular. Os instrumentos desenvolvidos para o preparo com movimento reciprocante demonstraram a redução da fadiga cíclica causada pela tensão e forças de compressão induzidas (Gavini et al.¹⁴, 2012; Kiefner et al.²¹, 2014; Perez-Higueras et al.³⁵, 2013; Varela-Patino et al.⁵⁰, 2010).

O sistema reciprocante com limas de níquel-titânio denominado Reciproc® (VDW, Munich, Alemanha) é indicado para preparo dos canais radiculares com a utilização de um único instrumento, exigindo menos tempo de trabalho em comparação aos sistemas rotatórios comumente utilizados (Burklein et al.⁶, 2012). Estes instrumentos são fabricados com uma liga especial de níquel-titânio chamada de M-Wire que recebe tratamento térmico, a qual proporciona maior flexibilidade e resistência à fadiga cíclica dos instrumentos (Al-Hadlaq et al.¹, 2010; Gavini et al.¹⁴, 2012; Ye, Gao⁵⁷, 2012). O sistema Reciproc é composto por 3 instrumentos, R25 (25/.08), R40 (40/.06) e R50 (50/.05). Apresenta semelhança ao instrumento Mtwo. Sua conicidade é contínua apenas nos primeiros três milímetros da parte ativa (R25, taper 08; R40, taper 06; R50, taper 05) (Burklein et al.⁶, 2012; Hwang et al.¹⁸, 2014). A conicidade a partir dos três milímetros é reduzida ao longo da parte ativa, de acordo com o fabricante. No terceiro milímetro apical, o diâmetro do instrumento R40 é de 0,58 mm e a 16 mm da ponta, o diâmetro é de 1,10 mm. Assim, o instrumento mostra uma conicidade a partir do terceiro milímetro, de 0,04.

Sistemas rotatórios como Mtwo podem ser usados em técnica com único instrumento em cinemática reciprocante horária, e promover um preparo semelhante ao Reciproc (Hwang et al.¹⁸, 2014).

Os instrumentos ProDesign S (Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, MG, Brasil) são fabricados a partir de uma liga de níquel titânio com tratamento térmico “Control Memory”. Este tratamento consiste em um processo térmico que torna o instrumento altamente flexível e resistente. Segundo o fabricante, uma técnica com menor número de instrumentos ProDesign S, o Sistema ProDesign Duo Híbrido, pode ser usada por meio de rotação contínua e movimento reciprocante no terço apical. O Sistema ProDesign Duo Híbrido apresenta como vantagem, a simplificação do trabalho pela utilização de apenas dois instrumentos (25/.01 e 25/.08). O primeiro instrumento é indicado para a criação de um “glide path”, ou seja, um guia de penetração até a patência

apical, em movimento rotatório. O segundo instrumento realiza o pré-alargamento dos 2/3 do canal ou até o início da curvatura, em movimento rotatório. O comprimento de trabalho deve ser atingido pelo segundo instrumento, em movimento recíprocante e o refinamento do preparo é realizado com o segundo instrumento em movimento rotatório, em toda a extensão do canal radicular.

O corte da dentina durante preparo dos canais radiculares com instrumentos manuais ou mecanizados removem tecidos mineralizados e promove formação de debris dentinários. Os debris são formados a partir do acúmulo de grande quantidade de “smear layer” ou lama dentinária, composta por partículas de matriz de colágeno mineralizada e que ficam espalhadas sobre a superfície do canal radicular, formando uma camada de aproximadamente 1 a 2 μm (Violich, Chandler⁵⁴, 2010). Os primeiros pesquisadores que descreveram a “smear layer” sugeriram que a mesma é composta por fragmentos de dentina, restos de processos odontoblásticos, tecido pulpar e bactérias (McComb, Smith²⁶, 1975). Atualmente, é definida como uma película de detritos na superfície dentinária e de outras superfícies, após a instrumentação mecanizada ou manual, a qual consiste de partículas de dentina, remanescentes de polpa vital ou necrosada, componentes bacterianos e de irrigantes utilizados durante o preparo (Violich, Chandler⁵⁴, 2010).

Um dos maiores desafios encontrados pela endodontia é a efetiva limpeza do sistema de canais radiculares, com a remoção de bactérias e seus subprodutos, remanescentes de tecido pulpar e dentina contaminada, bem como a manutenção da trajetória original do canal radicular após preparo, usando instrumentos fabricados com diferentes tipos de ligas de níquel-titânio (NiTi) e em diferentes cinemática de atuação.

A complexidade anatômica apresentada por canais achatados, como os incisivos inferiores, pré molares inferiores e a raiz mesial de molares inferiores, dificulta a ação dos instrumentos durante o preparo, possibilitando que áreas não sejam tocadas durante a instrumentação (Coelho et al.⁹, 2016; De-Deus et al.¹⁰, 2015; Zhao et al.⁵⁸, 2014), especialmente em irregularidades, achatamentos, ramificações, região de istmos e áreas complexas do sistema de canais radiculares, com acúmulo de debris dentinários nestas regiões (Moura-Netto et al.²⁹, 2015; Paque et al.³¹, 2009; Robinson et al.⁴⁰, 2013). O acúmulo de debris é um efeito secundário do processo de limpeza e modelagem e pode ser clinicamente mais relevante que a película de smear layer que recobre os túbulos, devido sua quantidade considerável, o que permite abrigar biofilme bacteriano oriundos

do processo de desinfecção durante o preparo (Paque et al.³¹, 2009), impede a penetração de medicação intracanal no interior de túbulos dentinários e influencia na adaptação de material obturador às paredes do canal radicular (Violich, Chandler⁵⁴, 2010), contribuindo para a falha do tratamento endodôntico. Além disso, os instrumentos usados durante o preparo dos canais radiculares são fabricados com ligas metálicas que podem apresentar tendência a retificação de canais curvos, podendo resultar em erros operatórios como, tais como desvios e / ou perfurações radiculares (Amaral et al.⁴, 2016; Gergi et al.¹⁵, 2014) .

Estudos vêm sendo realizados utilizando imagens bidimensionais para avaliação da área do preparo e / ou obturação (Pereira et al.³⁴, 2017; Schafer et al.⁴², 2013; Schafer et al.⁴³, 2012; Schafer et al.⁴⁴, 2016). Por outro lado, uma imagem tridimensional, obtida por meio de tomografia ou microtomografia computadorizada (micro-CT), possibilita a avaliação volumétrica, favorecendo a análise da qualidade do preparo (Almeida et al.², 2015; Burklein et al.⁶, 2012; Hwang et al.¹⁸, 2014; Paque et al.³², 2011; Versiani et al.⁵¹, 2013), remanescente de debris dentinários (De-Deus et al.¹¹, 2014; Liu et al.²⁴, 2013; Moura-Netto et al.²⁹, 2015; Paque et al.³¹, 2009), qualidade da obturação (Alshehri et al.³, 2016; Araujo et al.⁵, 2016; Celikten et al.⁸, 2016; Freire et al.¹³, 2015; Ho et al.¹⁷, 2016; Keles et al.²⁰, 2014; Li et al.²³, 2014; Moeller et al.²⁸, 2013; Naseri et al.³⁰, 2013; Rechenberg, Paque³⁹, 2013; Viapiana et al.⁵³, 2016; Wolf et al.⁵⁵, 2014), entre outras, apresentando como vantagem, a preservação das amostras e a comparação das imagens nas diferentes etapas do tratamento endodôntico.

A capacidade de modelagem e limpeza do canal radicular apresentada pelos instrumentos rotatório (Mtwo) e reciprocante (Reciproc) foram comparadas a instrumentação manual em canais mesiais de primeiros molares inferiores, por meio de imagens obtidas em tomografia computadorizada cone beam (TCCB). No estudo, Mtwo apresentou melhor capacidade de limpeza que os instrumentos manuais no terço coronário, sendo inferior ao instrumento manual. No terço médio, Reciproc apresentou maior capacidade de limpeza e no terço apical, não houve diferença entre os grupos. Quanto à capacidade de modelagem, não houve diferença entre Mtwo e Reciproc, ambos apresentando melhor desempenho que os instrumentos manuais. Os autores concluíram que uma rápida e suficiente modelagem e limpeza podem ser obtidos durante o preparo com Mtwo e Reciproc, especialmente com Reciproc (Ramazani et al.³⁸, 2016).

O preparo com instrumento único reciprocante Wave One (25/.08 - Dentsply Maillefer, Baillaigues, Suíça), instrumento único rotatório ProDesign Logic (25.06 - Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, MG, Brasil) e instrumento único rotatório One Shape (25/.06 - Micro Mega, Besançon, França) foi avaliado quanto à modelagem de canais ovais de incisivos inferiores, por meio de micro-CT (12,8 µm de resolução). As imagens obtidas pelos escaneamentos antes e após o preparo foram avaliadas. Wave One proporcionou maior aumento de volume após o preparo, sem diferença significativa entre ProDesign Logic e One Shape. A média de porcentagem de áreas instrumentadas no terço médio foram de 76,9% para Wave One, 62,3% para ProDesign Logic e 71,8% para One Shape, sem diferença entre eles. O tempo de preparo foi de 2,13 min, 0,54 min e 2,21 min, respectivamente (Coelho et al.⁹, 2016).

O instrumento Mtwo foi comparado ao instrumento Twisted File Adaptive (SybronEndo, Orange, CA, EUA), por meio de micro-CT (20 µm de resolução) quando acionado em rotação contínua ou em movimento adaptativo, durante o preparo de canais mesiais de molares inferiores. O movimento adaptativo combina a rotação contínua em sentido horário e, quando o instrumento é exposto a uma carga, o movimento reciprocante é automaticamente iniciado, sendo o instrumento acionado a 370° em sentido horário e 50° em sentido anti-horário (liberação do instrumento), por meio do motor específico. Menor aumento de volume e área de superfície do canal foi verificada nos preparos com instrumento TF adaptive em rotação contínua. TF apresentou menor transporte e maior capacidade de centralização que Mtwo em rotação contínua ou movimento adaptativo. A média de centralização foi favorecida pelo movimento adaptativo comparado a rotação contínua para ambos os instrumentos. No terço apical, não foram encontradas diferenças quanto ao transporte e centralização para ambos os instrumentos e cinemática de atuação (Pedulla et al.³³, 2016).

Uma comparação foi realizada, por meio da micro-CT (16 µm de resolução), entre o instrumento reciprocante Reciproc (R25) e o instrumento rotatório Mtwo, em movimento de rotação contínua e reciprocante (instrumento único 25/.07), durante o preparo de canais mesiais de molares superiores. Reciproc foi utilizado em movimento reciprocante de acordo com as recomendações do fabricante (150° em sentido anti-horário e 30° em sentido horário) e o movimento reciprocante do Mtwo foi realizado com uma angulação de 150° em sentido horário e 30° em sentido anti-horário. Não houve diferença quanto o transporte do canal entre Reciproc e Mtwo reciprocante em nenhum

terço radicular. O transporte do canal foi significativamente maior com Mtwo em rotação contínua nos terços cervical e apical. Microscopia Eletrônica de varredura mostrou deformação em 1 instrumento Reciproc, em 3 instrumentos Mtwo usados em cinemática recíproca e em 5 instrumentos Mtwo usados em rotação contínua. Concluíram que em termos de capacidade de modelagem, Mtwo em cinemática recíproca não se difere do sistema Reciproc (Hwang et al.¹⁸, 2014).

Os sistemas de único instrumento recíproco Reciproc e Wave One foram comparados a um sistema rotatório com uma sequência progressiva de instrumentos, BioRace, durante o preparo de canais mesiais de molares inferiores com curvatura moderada, por meio de micro-CT (14,16 µm de resolução), após o alargamento dos canais com instrumento de diâmetro #25 e #40. Não foi observada diferença entre os sistemas de instrumentação quanto ao percentual de áreas não instrumentadas. Houve redução significativa das áreas não instrumentadas com o maior alargamento do canal. Os autores concluíram que nenhum dos sistemas foi capaz de preparar toda a área de superfície do canal da raiz mesial dos molares inferiores e o alargamento do canal resultou num efeito positivo significativo sobre a capacidade de conformação dos sistemas avaliados (De-Deus et al.¹⁰, 2015).

Outro estudo por micro-CT (resolução de 19,6 µm) foi realizado, tendo como objetivo, investigar a geometria tridimensional, em vários parâmetros morfológicos e a capacidade de centralização do preparo de canais mesiais com Reciproc, Wave One, Twisted File (SybronEndo, Orange, CA, EUA) e sistema HyFlex CM (Coltene-Whaledent). As alterações bidimensionais, como área, perímetro, fator de forma, circularidade e maior e menor diâmetro, bem como as alterações tridimensionais, como volume, área de superfície, índice de modelo de estrutura (IMS), parâmetros morfológicos, bem como o transporte do canal, foram comparados entre as imagens antes e após o preparo. Aumento significativo foi observado quanto aos parâmetros avaliados. Não houve diferença entre os grupos quanto ao volume, área de superfície, IMS, fator de forma e circularidade após o preparo. No terço apical, Reciproc apresentou maior alteração na área, perímetro, maior e menor diâmetro que os demais. Twisted File e HyFlex CM foram associados a menor transporte que os instrumentos recíprocos. Concluíram que a modelagem dos canais ocorreu sem evidência significativa de erros de preparo. Alterações nos parâmetros tridimensionais não foram diferentes entre os grupos e no terço apical, Reciproc foi associado com maior alteração bidimensional. Twisted File

e sistema HyFlex CM mantiveram a anatomia original e proporcionaram menor transporte do canal (Marceliano-Alves et al.²⁵, 2015).

Um estudo avaliou tridimensionalmente o transporte e alterações na geometria apical utilizando micro-CT (resolução de 21,39 μm) após o preparo de canais mesiais de molares inferiores com instrumento rotatório fabricado com uma liga convencional de níquel titânio (K3 - SybronEndo, Orange, CA, EUA) e um sistema semelhante, fabricado por um tratamento térmico diferenciado na liga de níquel titânico – R- fase (K3X3 - SybronEndo, Orange, CA, EUA). Foi realizada a comparação nas alterações de volume, área de superfície e índice de modelo de estrutura (IMS) e transporte do canal nos últimos 4 mm apicais. Ambos os instrumentos alteraram significativamente os parâmetros avaliados, sem diferenças entre eles. Os instrumentos apresentaram adequado preparo do canal com reduzido valores de transporte. O tratamento térmico não influenciou na geometria apical (Almeida et al.², 2015).

Paque et al.³¹, em 2009, utilizaram a micro-CT (20 μm de resolução) para descrever um método de investigar remanescente de debris dentinários após o preparo de canais mesiais de molares inferiores com istmos entre eles. Para isso, foi realizado escaneamento inicial e após o preparo e volume preenchido por um tecido duro radiopaco com aparência de debris após o preparo, foi calculado. Uma análise por espectroscopia por raio-X por dispersão em energia (EDX) revelou que a quantidade de fosfato de cálcio presente neste material radiopaco era a mesma que continha na dentina do mesmo espécime. Os autores tiveram como resultado que o debris acumulado visualizado nas imagens obtidas pelo micro-CT após o preparo, foi consistente com a dentina radicular. Nos canais selecionados, uma média de 29,2% do volume original do canal foi preenchido por debris dentinários, visualizados em toda a extensão do sistema de canais. Concluíram que o método utilizado é adequado para quantificar diferentes tipos de instrumentação e regimes de irrigação, quanto o acúmulo de debris dentinários (Paque et al.³¹, 2009).

Mais tarde, um estudo comparou a quantidade e densidade de debris inorgânica remanescente em canais mesiais de molares inferiores após a instrumentação com o sistema de instrumento único reciprocante Reciproc a um sistema de múltiplos instrumentos rotatórios, por micro-CT (resolução de 13,6 μm). Após a utilização do instrumento único reciprocante, uma média de 19,5% de debris remanescente foi obtida, enquanto que 10,6% foi observada nos canais preparados com a sequência de

instrumentos rotatórios. Na região de istmos, saliências e irregularidades das paredes do canal foi verificado o acúmulo de debris. Os autores concluíram que, nos canais com alta prevalência de istmos e saliências, os sistemas rotatórios com múltiplos instrumentos podem ter preferência sobre o instrumento reciprocante, devido a maior limpeza e menor acúmulo de debris (Robinson et al.⁴⁰, 2013).

O preparo de canais mesiais de molares inferiores com sistemas reciprocantes Wave One e Reciproc foi comparado a um sistema rotatório com uma sequência progressiva de instrumentos, conhecido como BioRace (FKG Dentaire, La-Chaux-de-Fonds, Suíça), por meio de micro-CT (resolução de 14,16 µm) quanto a produção de debris de tecido duro após o alargamento apical com instrumento de diâmetro #20 ou #40. Não houve influência no acúmulo de tecido duro após o preparo com sistemas reciprocante ou rotatório e houve maior redução do percentual de debris após o maior alargamento dos canais em todos os grupos (De-Deus et al.¹², 2015).

Por meio da comparação em imagens obtidas por micro-CT (resolução de 17,4 µm) antes e após o preparo e irrigação final convencional, os canais mesiais de molares inferiores instrumentados com Reciproc R25 apresentaram remanescente de debris de tecido duro ocupando um volume médio de 3,40% em relação ao volume do canal (Freire et al.¹³, 2015).

Outro aspecto importante a ser considerado durante o tratamento endodôntico diz respeito à obturação dos canais radiculares. Durante a obturação dos canais radiculares, um material sólido, como os cones de guta-percha ou de resina é associado a um material plástico, os cimentos endodônticos (Schilder⁴⁵, 2006).

Atualmente, o cimento endodôntico “padrão ouro” das pesquisas endodônticas é o AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemanha). Trata-se de um cimento a base de resina epóxi que possui bom escoamento, alta resistência à compressão, boa radiopacidade, baixa solubilidade, estabilidade dimensional (Viapiana et al.⁵², 2014; Zhou et al.⁵⁹, 2013), capacidade de selamento (Timpawat et al.⁴⁸, 2001) e baixa citotoxicidade (Silva et al.⁴⁶, 2013).

Neo MTA Plus (Avalon Biomed Inc, Bradenton, FL, EUA) é um cimento a base de silicato de cálcio, com fórmula semelhante a do MTA, com um radiopacificador alternativo ao óxido de bismuto, o óxido de tantálio, sendo indicado para pulpotomias por

não escurecer a estrutura dentária (Camilleri⁷, 2015), e segundo o fabricante, também é indicado em capeamento pulpar, apexificação em dentes decíduos, cimento retrobturador, selamento de perfurações e como cimento obturador em pulpectomias. Sua forma de apresentação é um gel a base de água e um pó. A quantidade do gel durante a manipulação proporciona a facilidade de manuseio para variar a consistência do cimento de acordo com as suas indicações clínicas.

Total Fill BC Sealer (FKG Dentaire SA, La Chaux de Fonds, Suíça) é um cimento endodôntico à base de silicato de cálcio recomendado para a obturação dos canais radiculares. Sua forma de apresentação é uma pré mistura no interior de uma seringa e pronta para utilização. Apresenta também na sua composição óxido de zircônio, fosfato de cálcio, hidróxido de cálcio e agentes espessantes, segundo o fabricante. Este cimento apresenta boa penetrabilidade em túbulos dentinários, semelhante ao Neo MTa Plus (McMichael et al.²⁷, 2016).

A obturação hermética do sistema de canais radiculares previne a infiltração de micro-organismos presentes nos tecidos periapicais ou na cavidade oral para o interior do canal radicular e que podem levar ao insucesso endodôntico (Schilder⁴⁵, 2006; Sjogren et al.⁴⁷, 1990). O selamento do sistema de canais depende do espaço do canal radicular preparado mecanicamente.

A maioria dos sistemas mecanizados utilizados durante o preparo dos canais radiculares apresentam cones de guta-percha padronizados de acordo com a conicidade dos instrumentos, possibilitando a obturação pela técnica de cone único. A técnica de cone único promove menor resistência de união entre o material obturador e a dentina (Rached-Junior et al.³⁷, 2016) e possibilita a presença de espaços vazios (Alshehri et al.³, 2016; Celikten et al.⁸, 2016; Schafer et al.⁴², 2013; Schafer et al.⁴³, 2012; Schafer et al.⁴⁴, 2016), influenciando no selamento do canal radicular.

A técnica de obturação por condensação lateral ativa é a mais utilizada para a obturação dos canais radiculares, uma vez que não necessita de cones específicos e demonstra efetividade clínica, com altos índices de sucesso (Kandemir Demirci, Caliskan¹⁹, 2016; Leonardo et al.²², 2009). Na condensação lateral ativa, um espaçador digital ou uma lima manual é introduzida no canal para condensar o material obturador e criar espaços para a inserção de cones de guta percha auxiliares lateralmente. Entretanto, isso pode proporcionar a criação de espaços vazios ou falhas na obturação e impedir a

adaptação do material obturador às paredes do canal radicular (Keles et al.²⁰, 2014; Naseri et al.³⁰, 2013; Samadi et al.⁴¹, 2014; Schafer et al.⁴⁴, 2016).

Utilizando imagens obtidas por micro-CT, a qualidade da obturação após o emprego da condensação lateral ativa, condensação vertical, técnica termoplástica do sistema Obtura II e Gutta Flow, foi avaliada em primeiros molares inferiores preparados com Protaper. As imagens após escaneamento foram utilizadas para mensurar o volume dos canais após o preparo. Após a obturação, novo escaneamento foi realizado para avaliação da porcentagem de espaços vazios, gutta-percha e cimento, nos diferentes níveis radiculares. Alta porcentagem de material obturador foi observada no grupo Gutta Flow, seguido por Obtura II, sem diferença significativa entre eles. Ambos mostraram maior percentual de gutta-percha que a condensação vertical e lateral. Espaços vazios ou falhas na obturação foram detectados em todas as amostras. Alto percentual de falhas foi observado na condensação lateral. Gutta Flow e condensação lateral mostraram o maior e menor volume de material obturador, respectivamente (Naseri et al.³⁰, 2013).

Outro estudo, utilizando micro-CT (12,5 µm), a técnica de condensação lateral foi comparada a compactação vertical com gutta-percha aquecida (Dia-Gun Obturation System), em canais ovais de pré molares. A porcentagem de gutta-percha, cimento e espaços vazios foi de 82,33%, 13,42% e 4,26% na condensação lateral e 91,73%, 7,70% e 0,57% para a compactação vertical com gutta-percha aquecida, com diferença significativa entre as técnicas. Não houve diferença entre o volume dos materiais obturadores e falhas no terço apical. Concluíram que todas as técnicas mostraram presença de falhas, com maior percentual de gutta-percha e menor de cimento e falhas para a técnica de compactação vertical aquecida (Keles et al.²⁰, 2014).

A técnica de cone único foi utilizada para a obturação de canais ovais em pré molares superiores com único canal, utilizando diferentes cimentos endodônticos (AH Plus, ActiV GP e dois cimentos biocerâmicos, o EndoSequence BC Sealer e Smartplast bio, para a comparação do preenchimento do canal usando micro-CT. Os dentes foram escaneados após a obturação (resolução de 13,47 µm). As secções transversais foram avaliadas em intervalos de 0,5 mm e a proporção das secções com falhas e o volume de falhas em cada terço radicular foi calculado. Uma reduzida presença de falhas foi observada no terço apical, com diferença entre terço apical e coronário. Todos os cimentos utilizados promoveram falhas. Os cimentos biocerâmicos proporcionaram

falhas em um percentual semelhante aos demais cimentos, com reduzidas falhas no terço apical (Celikten et al.⁸, 2016).

Canais curvos (entre 25 a 35°) foram preparados com instrumentos rotatórios Mtwo e obturados com cone único (35/0.04), condensação lateral (cone principal 35/0.04), condensação vertical com gutapercha aquecida ou condensação lateral (cone principal 35/0.02), usando cimento AH Plus. Os dentes foram seccionados horizontalmente a 2, 4, 6 e 8 mm do ápice radicular e analisados em estereomicroscopia (aumento de 25X) quanto ao percentual de gutapercha, cimento e falhas na obturação. Não foram observadas diferenças entre os grupos quanto o percentual de falhas na obturação. A técnica de cone único promoveu menor percentual de gutapercha e maior área de cimento. As técnicas de condensação lateral com cones principais padronizado ou com conicidade 0.04 mostraram semelhança a condensação vertical com gutapercha aquecida (Schafer et al.⁴³, 2012).

Um estudo avaliou a influência das técnicas de inserção de cimento com espiral lentulo, cone de gutapercha e lima, durante a obturação por condensação lateral e técnica de cone único. As raízes foram seccionadas a 2, 4 e 6 mm do ápice radicular e avaliada em microscópio digital. A condensação lateral não mostrou diferença entre as áreas de gutapercha, cimento e falhas em nenhum dos cortes quando os diferentes métodos de inserção de cimento foram comparados. Na técnica de cone único maior percentual de cimento foi verificado nos três níveis radiculares quando o mesmo foi inserido com lima. Aos 2mm, maior porcentagem de área de falhas foi observado quando o cone único foi utilizado. Aos 4mm, a inserção de cimento com o cone resultou em maior porcentagem de falhas, sem diferença significativa entre os métodos de inserção aos 6mm. Os autores concluíram que a técnica de cone único requer o uso de um instrumento para inserção de cimento anteriormente à introdução do cone (Guinesi et al.¹⁶, 2014).

A técnica de cone único foi avaliada quanto ao percentual de área de gutapercha e cimento, após a obturação de canais de incisivos inferiores, preparados com FlexMaster, Mtwo, Protaper, Reciproc e Wave One. Um grupo controle foi composto pelo preparo manual e obturação com condensação lateral ativa. Os dentes foram seccionados a 2, 4, 6 e 8 mm do ápice radicular e as seções foram analisadas em estereomicroscópio. Em 2 mm, o grupo preparado com Mtwo produziu maior percentual de área de gutapercha. Em 4 mm, os grupos preparados com FlexMAster e Mtwo apresentaram maior percentual de área de gutapercha que os demais. O grupo controle mostrou mais alto percentual de gutapercha e mais baixo de cimento que os grupos preparados por Protaper, Reciproc e

Wave One. A 6 e 8 mm, o grupo controle preparado com instrumentos manuais e a técnica de obturação por condensação lateral ativa apresentou maior percentual de guta-percha e menor de cimento que todos os outros. Os autores concluíram que a condensação lateral e a técnica de cone único do sistema FlexMaster e Mtwo, produzem alto percentual de guta percha no terço apical (Schafer et al.⁴², 2013).

Canais radiculares de dentes unirradiculares foram preparados e obturados usando técnica termoplástica Thermafill, condensação vertical com guta-percha aquecida e condensação lateral. Após a obturação, as raízes foram seccionadas horizontalmente a 2 e 3 mm do ápice radicular e avaliadas em um aumento de 50X por esteromicroscopia, quanto a área e porcentagem de guta-percha. Os autores verificaram que Thermafill proporcionou maior percentual de guta percha que a condensação vertical com guta-percha aquecida ou condensação lateral (Samadi et al.⁴¹, 2014)

Diferentes técnicas de obturação foram comparadas quanto a porcentagem de áreas de guta-percha, cimento e falhas em canais de pré molares inferiores, obturados com guta-percha e AH Plus. As técnicas de obturação foram a condensação lateral, cone único ou técnica termoplástica de obturação GuttaFusion (após preparo com Mtwo, Reciproc) e GuttaCore (após preparo com Wave One). Os dentes foram seccionados a 2, 4, 6 e 8 mm do ápice radicular e analisados em estereomicroscopia com aumento de 25 vezes. Em 2 mm, nenhuma diferença foi observada na porcentagem de áreas preenchidas por guta-percha ou cimento. Nos outros níveis, maior porcentagem de guta-percha foi observada com as técnicas termoplásticas GuttaFusion ou GuttaCore. Não houve diferença significativa entre as técnicas de condensação lateral e cone único quanto ao percentual de falhas. Os autores observaram que, independente da técnica de preparo, as técnicas termoplásticas de obturação produziram uma obturação homogênea e menor incidência de falhas (Schafer et al.⁴⁴, 2016).

Os canais distais de molares inferiores, pré selecionados em três grupos de acordo com sua anatomia (redondos, ovais ou ovais alongados) foram preparados com Reciproc R40 e obturados com a técnica de cone único utilizando guta-percha e cimento AH Plus. As raízes foram seccionadas e foram removidas duas fatias de 1 mm de cada terço radicular. As fatias foram avaliadas em estereomicroscopia, em aumento de 25 vezes. As imagens foram utilizadas para o cálculo do percentual de área preenchida por guta-percha e cimento. Em seguida, as fatias foram utilizadas para o teste de “push-out” e o tipo de

falhas (adesiva, coesiva ou mista) foi obtido. Os canais redondos apresentaram significativamente maior percentual de preenchimento de guta-percha e baixo preenchimento de cimento que os demais. Os autores concluíram que o alto percentual de área preenchida por guta-percha resulta em maior resistência de união à dentina radicular (Pereira et al.³⁴, 2017).

Os canais radiculares de caninos foram preparados e obturados pela condensação lateral, técnica de cone único e técnica híbrida de Tagger, usando cimentos AH Plus ou Sealer 26. Fatias radiculares apresentando dois milímetros de espessura de cada terço radicular foram avaliadas quanto a resistência de união. Os autores observaram que a resistência de união foi maior usando o AH Plus e técnica de condensação lateral. A técnica de cone único mostrou os menores valores de resistência de união a dentina (Rached-Junior et al.³⁷, 2016)

A anatomia do complexo sistema de canais radiculares, com área de reentrâncias e achatamentos representa um desafio para o tratamento endodôntico. A completa eliminação de restos pulpare, micro-organismos e debris dentinários, bem como o selamento dos canais radiculares é desejável durante o tratamento endodôntico, aumento os índices de sucesso do tratamento endodôntico. O uso de instrumentos de níquel titânio (NiTi) com tratamento térmicos podem apresentar alta flexibilidade e o Sistema ProDesign Duo Híbrido mostra ser uma técnica simplificada em cinemática híbrida, podendo reduzir os riscos de acidentes operatórios durante o preparo dos canais radiculares de canais curvos. Diante da importância de um preparo adequado e um efetivo selamento em canais radiculares com complexidade anatômica, o objetivo deste estudo é avaliar o efeito do preparo biomecânico com instrumento rotatório e / ou recíprocante, bem como as alterações promovidas sobre a dentina radicular, além da qualidade da obturação usando diferentes técnicas obturadoras ou cimentos endodônticos.

8 CONCLUSÃO

De acordo com os diferentes estudos realizados, foi possível concluir que:

Em canais achatados de incisivos inferiores, o instrumento Reciproc R40 permitiu um preparo mais rápido, com menor redução da espessura dentinária no terço coronário e menor aumento de volume que Mtwo. Instrumento único Mtwo em cinemática reciprocante proporcionou maior percentual de áreas não instrumentadas e debris remanescente.

Durante a obturação dos canais achatados, maior percentual de falhas na obturação foi observado no terço apical e médio radiculares. O preparo dos canais com Mtwo 40.06 favoreceu o menor percentual de falhas no terço apical. AH Plus mostrou maior capacidade de selamento que Neo MTA Plus nos terços médio e apical nos canais preparados com Mtwo 40.06 e no terço apical após preparo com Reciproc R40.

Em canais mesiais de molares inferiores com curvatura moderada, Reciproc e o instrumento rotatório/reciprocante de Níquel-Titânio CM (ProDesign S) promoveram preparo, percentual de superfície não instrumentada e debris remanescente similares. Maior transporte apical e menor centralização foram observados após preparo com Reciproc.

Durante a obturação de canais mesiais com curvatura moderada usando a técnica de cone único e condensação lateral, o percentual de falhas foi semelhante na extensão total, terços médio e apical radiculares, com maior percentual de volume de falhas e maior percentual de área de cimento no terço cervical com a técnica de cone único

Quando a técnica de condensação lateral ativa foi usada para a obturação de canais mesiais de molares inferiores, o percentual de falhas, área de cimento e guta percha foi semelhante usando os cimentos Total Fill BC Sealer ou AH Plus.

REFERÊNCIAS *

1. Ahn SY, Kim HC, Kim E. Kinematic effects of nickel-titanium instruments with reciprocating or continuous rotation motion: a systematic review of in vitro studies. *J Endod.* 2016; 42(7): 1009-17.
2. Al-Hadlaq SM, Aljarbou FA, AlThumairy RI. Evaluation of cyclic flexural fatigue of M-wire nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2010; 36(2): 305-7.
3. Almeida BC, Ormiga F, de Araujo MC, Lopes RT, Barbosa Lima IC, Dos Santos BC et al. Influence of heat treatment of nickel-titanium rotary endodontic instruments on apical preparation: a micro-computed tomographic study. *J Endod.* 2015; 41(12): 2031-5.
4. 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.
5. Amaral ROJF, Leonardi DP, Gabardo MC, Coelho BS, Oliveira KV, Baratto Filho F. Influence of cervical and apical enlargement associated with the Waveone system on the transportation and centralization of endodontic preparations. *J Endod.* 2016; 42(4): 626-31.
6. Araujo VL, Souza-Gabriel AE, Cruz Filho AM, Pecora JD, Silva RG. Volume of sealer in the apical region of teeth filled by different techniques: a micro-CT analysis. *Braz Oral Res.* 2016 Mar 28; 30 [Epub ahead of print].
7. Burklein S, Hinschitza K, Dammaschke T, Schafer 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.
8. Camilleri J. Staining potential of Neo MTA Plus, MTA Plus, and Biodentine used for pulpotomy procedures. *J Endod.* 2015; 41(7): 1139-45.
9. Celikten B, Uzuntas CF, Orhan AI, Orhan K, Tufenkci P, Kursun S et al. 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(2): 133-40.
10. Cicek E, Aslan MA, Akkocan O. Comparison of the resistance of teeth instrumented with different nickel-titanium systems to vertical root fracture: an in vitro study. *J Endod.* 2015; 41(10): 1682-5.

*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>

11. Coelho BS, Amaral ROJF, Leonardi DP, Marques-da-Silva B, Silva-Sousa YTC, Carvalho FMA et al. Performance of three single instrument systems in the preparation of long oval canals. *Braz Dent J.* 2016; 27(2): 217-22.
12. De-Deus G, Belladonna FG, Silva EJNL, Marins JR, Souza EM, Perez R et al. Micro-CT evaluation of non-instrumented canal areas with different enlargements performed by NiTi systems. *Braz Dent J.* 2015; 26(6): 624-9.
13. De-Deus G, Marins J, Neves Ade A, Reis C, Fidel S, Versiani MA et al. Assessing accumulated hard-tissue debris using micro-computed tomography and free software for image processing and analysis. *J Endod.* 2014; 40(2): 271-6.
14. De-Deus G, Marins J, Silva EJNL, 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.
15. Ferrer-Luque CM, Bejarano I, Ruiz-Linares M, Baca P. Reduction in *Enterococcus faecalis* counts - a comparison between rotary and reciprocating systems. *Int Endod J.* 2014; 47(4): 380-6.
16. 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.
17. Gavini G, Caldeira CL, Akisue E, Candeiro GTM, Kawakami DAS. Resistance to flexural fatigue of Reciproc R25 files under continuous rotation and reciprocating movement. *J Endod.* 2012; 38(5): 684-7.
18. Gergi R, Arbab-Chirani R, Osta N, Naaman A. Micro-computed tomographic evaluation of canal transportation instrumented by different kinematics rotary nickel-titanium instruments. *J Endod.* 2014; 40(8): 1223-7.
19. Guinesi AS, Faria G, Tanomaru-Filho M, Bonetti-Filho I. Influence of sealer placement technique on the quality of root canal filling by lateral compaction or single cone. *Braz Dent J.* 2014; 25(2): 117-22.
20. Ho ESS, Chang JWW, Cheung GSP. Quality of root canal fillings using three gutta-percha obturation techniques. *Restor Dent Endod.* 2016; 41(1): 22-8.
21. Hwang YH, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Lee W, Shon WJ et al. Shaping ability of the conventional nickel-titanium and reciprocating nickel-titanium file systems: a comparative study using micro-computed tomography. *J Endod.* 2014; 40(8): 1186-9.

22. Kandemir Demirci G, Caliskan MK. A prospective randomized comparative study of cold lateral condensation versus core/gutta-percha in teeth with periapical lesions. *J Endod.* 2016; 42(2): 206-10.
23. Katge F, Patil D, Poojari M, Pimpale J, Shitoot A, Rusawat B. Comparison of instrumentation time and cleaning efficacy of manual instrumentation, rotary systems and reciprocating systems in primary teeth: an in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2014; 32(4): 311-6.
24. Keles A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA. Micro-CT evaluation of root filling quality in oval-shaped canals. *Int Endod J.* 2014; 47(12): 1177–84.
25. Kiefner P, Ban M, De-Deus G. Is the reciprocating movement per se able to improve the cyclic fatigue resistance of instruments? *Int Endod J.* 2014; 47(5): 430-6.
26. Kierklo A, Tabor Z, Pawinska M, Jaworska M. A microcomputed tomography-based comparison of root canal filling quality following different instrumentation and obturation techniques. *Med Princ Pract.* 2015; 24(1): 84-91.
27. Leonardo MV, Goto EH, Torres CRG, Borges AB, Carvalho CAT, Barcellos DC. Assessment of the apical seal of root canals using different filling techniques. *J Oral Sci.* 2009; 51(4): 593-9.
28. Li GH, Niu LN, Selem LC, Eid AA, Bergeron BE, Chen JH et al. Quality of obturation achieved by an endodontic core-carrier system with crosslinked gutta-percha carrier in single-rooted canals. *J Dent.* 2014; 42(9): 1124-34.
29. Limoeiro AGS, Dos Santos AHB, Martin AS, Kato AS, Fontana CE, Gavini G et al. Micro-computed tomographic evaluation of 2 nickel-titanium instrument systems in shaping root canals. *J Endod.* 2016; 42(3): 496-9.
30. Liu R, Hou BX, Wesselink PR, Wu MK, Shemesh H. The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. *J Endod.* 2013; 39(8): 1054-6.
31. Machado MEL, Nabeshima CK, Leonardo MFP, Reis FAS, Britto MLE, Cai S. Influence of reciprocating single-file and rotary instrumentation on bacterial reduction on infected root canals. *Int Endod J.* 2013; 46(11): 1083-7.
32. Marceliano-Alves MFV, Sousa-Neto MD, Fidel SR, Steier L, Robinson JP, Pecora JD et al. Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated multife rotary systems: a micro-CT study. *Int Endod J.* 2015; 48(12): 1129-36.
33. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod.* 1975; 1(7): 238-42.

34. McMichael GE, Primus CM, Opperman LA. Dentinal tubule penetration of tricalcium silicate sealers. *J Endod.* 2016; 42(4): 632-6.
35. Moeller L, Wenzel A, Wegge-Larsen AM, Ding M, Kirkevang LL. Quality of root fillings performed with two root filling techniques. An in vitro study using micro-CT. *Acta Odontol Scand.* 2013; 71(3-4): 689-96.
36. Moura-Netto C, Palo RM, Pinto LF, Mello-Moura AC, Daltoe G, Wilhelmsen NS. CT study of the performance of reciprocating and oscillatory motions in flattened root canal areas. *Braz Oral Res.* 2015; 29(1):1-6.
37. Naseri M, Kangarlou A, Khavid A, Goodini M. Evaluation of the quality of four root canal obturation techniques using micro-computed tomography. *Iran Endod J.* 2013; 8(3): 89-93.
38. Paque F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M. Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *J Endod.* 2009; 35(7): 1044-7.
39. Paque F, Zehnder M, De-Deus G. Microtomography-based comparison of reciprocating single-file F2 ProTaper technique versus rotary full sequence. *J Endod.* 2011; 37(10): 1394-7.
40. Pedulla 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): 2227-33.
41. Pereira RD, Brito-Junior M, Leoni GB, de Sousa-Neto MD. Evaluation of bond strength in single-cone fillings of canals with different cross-sections. *Int Endod J.* 2017; 50(2): 177-83.
42. Perez-Higueras JJ, Arias A, de la Macorra JC. Cyclic fatigue resistance of K3, K3XF, and twisted file nickel-titanium files under continuous rotation or reciprocating motion. *J Endod.* 2013; 39(12): 1585-8.
43. Plotino G, Grande NM, Melo MC, Bahia MG, Testarelli L, Gambarini G. Cyclic fatigue of NiTi rotary instruments in a simulated apical abrupt curvature. *Int Endod J.* 2010; 43(3): 226-30.
44. Rached-Junior FJA, Souza AM, Macedo LMD, Raucci-Neto W, Baratto-Filho F, Silva BM et al. Effect of root canal filling techniques on the bond strength of epoxy resin-based sealers. *Braz Oral Res.* 2016 Feb 23; 30 [Epub ahead of print].

45. Ramazani N, Mohammadi A, Amirabadi F, Ramazani M, Ehsani F. In vitro investigation of the cleaning efficacy, shaping ability, preparation time and file deformation of continuous rotary, reciprocating rotary and manual instrumentations in primary molars. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2016; 10(1): 49-56.
46. Rechenberg DK, Paque 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.
47. 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): 1067-70.
48. Samadi F, Jaiswal J, Saha S, Garg N, Chowdhary S, Samadi F et al. A comparative evaluation of efficacy of different obturation techniques used in root canal treatment of anterior teeth: An in vitro study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2014; 7(1): 1-5.
49. 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(4): 288-92.
50. Schafer E, Koster M, Burklein S. Percentage of gutta-percha-filled areas in canals instrumented with nickel-titanium systems and obturated with matching single cones. *J Endod*. 2013; 39(7): 924-8.
51. Schafer E, Nelius B, Burklein S. A comparative evaluation of gutta-percha filled areas in curved root canals obturated with different techniques. *Clin Oral Investig*. 2012; 16(1): 225-30.
52. Schafer E, Schrenker C, Zupanc J, Burklein S. Percentage of gutta-percha filled areas in canals obturated with cross-linked gutta-percha core-carrier systems, single-cone and lateral compaction technique. *J Endod*. 2016; 42(2): 294-8.
53. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. 1967. *J Endod*. 2006; 32(4): 281-90.
54. 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(2): 274-7.
55. Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod*. 1990; 16(10): 498-504.

56. Timpawat S, Amornchat C, Trisuwan WR. Bacterial coronal leakage after obturation with three root canal sealers. *J Endod.* 2001; 27(1): 36-9.
57. Vallaes K, Chevalier V, Arbab-Chirani R. Comparative analysis of canal transportation and centring ability of three Ni-Ti rotary endodontic systems: Protaper((R)), MTwo((R)) and Revo-S, assessed by micro-computed tomography. *Odontology.* 2016; 104(1): 83-8.
58. Varela-Patino P, Ibanez-Parraga A, Rivas-Mundina B, Cantatore G, Otero XL, Martin-Biedma B. Alternating versus continuous rotation: a comparative study of the effect on instrument life. *J Endod.* 2010; 36(1): 157-9.
59. Versiani MA, Leoni GB, Steier L, De-Deus G, Tassani S, Pecora 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.
60. 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.
61. 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 J.* 2016; 49(8): 774-82.
62. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J.* 2010; 43(1): 2-15.
63. Wolf M, Kupper K, Reimann S, Bourauel C, Frentzen M. 3D analyses of interface voids in root canals filled with different sealer materials in combination with warm gutta-percha technique. *Clin Oral Investig.* 2014; 18(1): 155-61.
64. 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(6): 739-43.
65. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J.* 2008; 41(4): 339-44.
66. Ye J, Gao Y. Metallurgical characterization of M-Wire nickel-titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue. *J Endod.* 2012; 38(1): 105-7.

67. Zhao D, Shen Y, Peng B, Haapasalo M. Root canal preparation of mandibular molars with 3 nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomographic study. *J Endod.* 2014; 40(11): 1860-4.
68. Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod.* 2013; 39(10): 1281-6.