

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

MELISSA ESTHER RIVERA PEÑA

**Analysis of novel ultrasonic tips for the instrumentation and  
removal of filling material in flattened/oval-shaped root canals: a  
micro-computed tomographic study**

**Avaliação de novos insertos ultrassônicos para preparo e  
desobturação de canais achatados: análise por microtomografia  
computadorizada**

VERSÃO RESUMIDA PÚBLICA  
**Versão Corrigida**

BAURU  
2018



MELISSA ESTHER RIVERA PEÑA

**Analysis of novel ultrasonic tips for the instrumentation and removal of filling material of flattened/oval-shaped root canals: a micro-computed tomographic study**

**Avaliação de novos insertos ultrassônicos para preparo e desobturação de canais achatados: análise por microtomografia computadorizada**

VERSÃO RESUMIDA PÚBLICA

**Versão Corrigida**

Dissertação constituída por artigos apresentada a Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências no Programa de Ciências Odontológicas Aplicadas, na área de concentração Endodontia.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Ricci Vivan

BAURU

2018

R524a Rivera Peña, Melissa Esther  
Analysis of novel ultrasonic tips for the instrumentation and removal of filling material in flattened/oval-shaped root canals: a micro-computed tomographic study / Melissa Esther Rivera Peña. – Bauru, 2018.  
92p. : il. ; 31cm.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Bauru. Universidade de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Ricci Vivan

**Nota:** A versão original desta dissertação encontra-se disponível no Serviço de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Odontologia de Bauru – FOB/USP.

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação/tese, por processos fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

Assinatura:

Data:

Comitê de Ética da FOB-USP  
Protocolo nº:  
66285617.7.0000.5417

## FOLHA DE APROVAÇÃO



## DEDICATÓRIA

A minha **família**, por ter me dado o carinho e o apoio necessários durante esta importante etapa da minha vida. Vocês são meu maior orgulho e a alegria dos meus dias. Amo vocês.





## AGRADECIMENTOS

À **Deus**, por ter me permitido vir a estudar nesse país lindo e especial, me dando amor, fortaleza, esperança e determinação cada dia durante esse período de grandes câmbios na minha vida e de tanto aprendizado. Obrigada por sempre me proteger e me guiar, me mostrando o caminho certo nos dias difíceis.

À minha **família**, por me demonstrar seu amor sem importar a distância, por me brindar seu apoio incondicional e por sempre orar por mim. Vocês são as pessoas mais importantes da minha vida! Muito obrigada por ser a melhor família do universo.

Ao meu **namorado**, por ser das poucas pessoas que conseguem me entender e me amar do jeito que eu sou. Por sempre ficar ao meu lado nos momentos felizes, mas sobretudo nos momentos difíceis. Por sempre lutar pela nossa felicidade sem importar as circunstâncias. Muito obrigada pelo seu carinho, paciência, apoio e compreensão. Te amo muito!

Às minhas mães brasileiras, **Ana Lúcia Capelozza e Vera Gramuglia**, por ter me recebido sempre de braços abertos nas suas casas e por ter cuidado de mim durante estes dois anos como uma filha. Estarei com saudades de vocês e das suas famílias. Muito obrigada!

Ao meu orientador **Prof. Dr. Rodrigo Ricci Vivan**, pelo carinho, disponibilidade, ajuda, conselhos, confiança, amizade e ensinamentos. Muito obrigada por acreditar no meu potencial e me inspirar a conquistar a excelência no meio acadêmico e na vida.

Ao **Prof. Dr. Marco Antônio Húngaro Duarte** por ser um exemplo de disciplina, talento, sabedoria, responsabilidade, determinação, humildade, integridade e entusiasmo. É uma honra ter tido a oportunidade de ser sua aluna. De coração, muito obrigada professor!



Ao **Prof. Dr. Clóvis Monteiro Bramante**, por ser uma inspiração constante na minha vida, me instruindo com respeito, dedicação e alegria. Sem dúvida sentirei falta de passar na sua sala de manhã para conversar e tomar um cafezinho com o senhor. O senhor é muito querido e especial. Saiba que lhe serei eternamente grata!

Ao **Prof. Dr. Ivaldo Gomes de Moraes**, por ter me ensinado o valor da humildade e simplicidade na docência e na vida. O senhor é uma das pessoas mais maravilhosas que eu já conheci e pode ter certeza de que sempre vou lembrar de todos os momentos compartilhados com muito carinho e saudade.

À **Profa. Dra. Flaviana Bombarda de Andrade**, por ter me demonstrado que a perseverança, autonomia, coragem e entusiasmo são qualidades essenciais para trilhar o nosso caminho nesta vida. Admiro muito sua autenticidade e sensibilidade, a senhora é uma mulher forte e guerreira. Muito obrigada por tudo!

Ao **Prof. Dr. Roberto Brandão Garcia**, por ter dividido seus conhecimentos com paixão, amor, seriedade e inspiração. Agradeço infinitamente seu carinho e disponibilidade, especialmente nas clínicas de endodontia, onde teve a oportunidade de aprender tantas coisas importantes do senhor.

Ao **Prof. Dr. Norberti Bernardineli**, por ter me mostrado a importância de viver uma vida com entusiasmo e sinceridade. Meu mais sincero agradecimento ao senhor por sempre valorizar o esforço dos alunos e ensinar com paciência e carisma.

Aos queridos funcionários do Departamento de Endodontia, Dentística e Materiais Odontológicos, **Edimauro de Andrade, Suely Regina Bettio, Andressa Barraviera Tioffi, Nelson Queiroz, Charlene Aparecida dos Santos e Audria Veronez**, pela ajuda incondicional, disposição e carinho. Muito obrigada!



Aos **queridos amigos** da minha **turma de mestrado**:

**Gislene Cristina Vertuan**, por ser uma inspiração para mim por sua responsabilidade, dedicação e excelência. Obrigada por sempre confiar em mim, por me orientar e me ajudar a ser melhor. Você é muito querida!

**Mariana Maciel Batista Borges**, pela cumplicidade, amizade genuína, apoio, carinho, confiança e simpatia. Obrigada por ser um exemplo de perseverança, fortaleza e inteligência. Não tenho palavras para descrever quanto você é especial para mim. Muito obrigada mesmo Mari!

**Maricel Cárdenas Cuellar**, dou graças a Deus por ter colocado uma pessoa tão iluminada quanto você no meu caminho. Uma pessoa abnegada, que sempre procura fazer o melhor até o final. Agradeço muito sua paciência para escutar as minhas conversas e por me aconselhar e me apoiar como uma irmã. Desde já estou com saudades de você, te quero un mundo!

**Yahir Muñoz Valencia**, meu amiguito. Admiro muito você por ser uma pessoa extraordinária, honesta e carinhosa. Muito obrigada pela companhia, ajuda desinteressada, conselhos e conversas em espanhol, sobretudo quando não queria falar em português. TQM.

**Renan Furlan**, pelo carinho, ajuda e parceria durante estes dois anos.

Ao meu querido amigo, **Murilo Alcalde Priori**, pela amizade e por todos os ensinamentos sobre pesquisa e conselhos sobre a vida de modo geral. Não imagino como teria sido a minha pós-graduação sem sua dedicação e ajuda infinita. De verdade não tenho como te agradecer pelo carinho, paciência, parceria, apoio e confiança. Admiro muito sua sinceridade e fortaleza. Muito obrigada por acreditar em mim, mesmo quando eu não acreditava e por ser como um irmão para mim.

Ao meu querido amigo, **Bruno Piazza**, por sempre ter se preocupado por mim e me acompanhado durante este último ano. Muito obrigada por me ajudar quando precisei e pelas suas dicas e conversas sobre endodontia o sobre qualquer outro assunto legal. Você é muito especial para mim.



Aos meus queridos colegas da pós graduação: **Rafaela Zancan, Francine Cesário, Jussaro Alves, Denise Oda, Lyz Furquim, Thais Pereira, Bruno Guimarães, Victor de Moraes, Arthur Lemos, Gláucia Gonçalves, Pedro Titato, Vanessa Marques, Raquel Midená, Milena Perraro, Fernanda Fernandes, Ericson Camargo, Clarissa Teles, Marcelo Pomini, Ericke Mucke, Michel Klimus e Índia Queiroz.** Por ter me recebido com tanto carinho, por sempre estar à disposição para esclarecer dúvidas e para ajudar quando necessário e pelas gratas experiências vividas juntos. Desde já estou com saudades de vocês. Com certeza, sem vocês a minha vida no Brasil não teria sido a mesma, pois todos vocês são muito especiais. Desejo muito sucesso a todos!





## **AGRADECIMENTOS INSTITUCIONAIS**

À **Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB)**, da **Universidade de São Paulo (USP)**, na pessoa do diretor **Prof. Dr. Carlos Ferreira dos Santos** e do vice-diretor **Prof. Dr. Guilherme dos Reis Pereira Janson**

Ao setor da **Biblioteca e Documentação da FOB – USP** pela gentileza prestada durante a elaboração deste trabalho.

À **CNPq** pelo apoio financeiro fornecido para a realização da pesquisa envolvida na elaboração deste trabalho.



## ABSTRACT

### ANALYSIS OF NOVEL ULTRASONIC TIPS FOR THE INSTRUMENTATION AND REMOVAL OF FILLING MATERIAL IN FLATTENED/OVAL-SHAPED ROOT CANALS: A MICRO-COMPUTED TOMOGRAPHIC STUDY

**Aim:** To analyse the influence of novel ultrasonic tips on the instrumentation and removal of filling material in flattened/oval-shaped canals. **Methodology:** Forty-five mandibular incisors were selected and randomly divided into three experimental groups according to different protocols. For the instrumentation procedures, the following protocols were used: Group PFCP: ProDesign Logic 25/.05 + Flatsonic + Clearsonic + Prodesign Logic 40/.01, Group FCP: Flatsonic + Clearsonic + ProDesign Logic 40/.01 and Control Group-CG: Prodesign Logic 25/.05 + Prodesign Logic 40/.05. After the instrumentation procedures, the samples were randomly divided into three experimental groups for the removal of filling material: Group R: Reciproc R25/.08, Group RC: Reciproc R25/.08 + Clearsonic tip and Group CR: Clearsonic tip + Reciproc R25/.08. The teeth were scanned pre and post-operatively by the means of a micro-computed tomography system. The percentage values for increase in volume, non-instrumented surface area, dentine removal, degree of canal transportation, centring ratio and percentage of residual filling material between the experimental groups were examined. Data were analysed using non-parametric Kruskal-Wallis and Dunn's tests. The significance level was of  $P < 0.05$ . **Results:** The instrumentation technique applied in group PFCP provided the greatest volume increase in the total portion of the root canal, showing the lowest percentage of non-instrumented surface area. Regarding the degree of transportation in the bucco-lingual direction, statistically significant differences between groups PFCP and CG were observed in the coronal third of the canal. In the mesio-distal direction, no statistically significant differences in the coronal, middle and apical thirds were observed. As for the centring ratio, statistically significant differences were found in the bucco-lingual direction. In the mesio-distal direction, no statistically significant differences in the coronal, middle and apical thirds were observed between the instrumentation protocols used in this study. Statistically significant differences between the experimental groups were found in the total portion of the root canal,



where group R provided the highest percentage of residual root canal filling material when compared to groups RC and CR. In group C, the lowest percentage of residual root canal filling material was observed. Concerning the percentage of residual root canal filling material in the apical third of the root canal, statistically significant differences were found between the different protocols used in this study. The technique used in group CR, provided the lowest percentage of residual root canal filling material. **Conclusions:** The protocol used in the PFCP group provided a significant increase in volume and reduced the percentage of non-instrumented walls during the shaping of oval-shaped canals. The use of the ClearSonic tip as the first instrument followed by the Reciproc 25/.08 file for the removal of filling material, resulted in the lowest percentage of residual filling material in the total portion and in the apical third of the root canal.

**KEY-WORDS:** Endodontics, Ultrasonics, X-Ray Microtomography, Root Canal Preparation, Retreatment.



## RESUMO

### AVALIAÇÃO DE NOVOS INSERTOS ULTRASSÔNICOS PARA PREPARO E DESOBTURAÇÃO DE CANAIS ACHATADOS: ANÁLISE POR MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

**Objetivo:** Analisar a influência de novos insertos ultrassônicos para o preparo e remoção de material obturador em canais achatados. **Metodologia:** Quarenta e cinco incisivos inferiores foram selecionados e divididos aleatoriamente em três grupos experimentais dependendo da técnica de preparo e remoção de material obturador. Para o preparo dos espécimes, os seguintes protocolos foram utilizados: Group PFCP: ProDesign Logic 25/.05 + Flatsonic + Clearsonic + Prodesign Logic 40/.01, Group FCP: Flatsonic + Clearsonic + ProDesign Logic 40/.01 and Control Group-CG: Prodesign Logic 25/.05 + Prodesign Logic 40/.05. Posteriormente, os espécimes foram redistribuídos em três grupos experimentais para a remoção do material obturador: Group R: Reciproc R25/.08, Group RC: Reciproc R25/.08 + Clearsonic tip and Group CR: Clearsonic tip + Reciproc R25/.08. Os espécimes foram escaneados antes e após os procedimentos operatórios por meio de microtomografia computadorizada. Foram examinados os valores de aumento de volume, área de superfície não tocada, remoção de dentina, grau de transporte do canal, centralização do preparo e material obturador remanescente entre os grupos experimentais. Os dados foram analisados com os testes estatísticos não paramétricos de Kruskal-Wallis e Dunn. O nível de significância foi de 5 %.

**Resultados:** A técnica de preparo aplicada no grupo PFCP promoveu o maior aumento de volume na porção total do canal radicular, mostrando a menor porcentagem de área não tocada. Em relação ao grau de transporte no sentido vestibulo-lingual, diferenças estatísticas significantes foram encontradas no terço cervical entre o grupo PFCP e CG. No sentido mesio-distal, não houve diferença estatística significativa nos terços cervical, médio e apical. No que diz respeito a centralização do preparo, diferenças estatísticas significantes foram encontradas no sentido vestibulo-lingual. A diferença do sentido mesio-distal, onde não houve diferença estatística significativa nos terços avaliados. Considerando a porcentagem de material obturador remanescente, foram observadas diferenças estatísticas significantes entre os grupos experimentais na





porção total do canal radicular, onde o grupo R apresentou a maior porcentagem de material obturador remanescente, quando comparado aos grupo RC e CR. No grupo CR, a menor porcentagem de material obturador remanescente foi constatada. Na porção apical do canal radicular, diferenças estatísticas significantes entre os grupos experimentais também foram encontradas. Desse modo, a técnica usada no grupo CR, promoveu a menor porcentagem de material obturador remanescente no terço apical. **Conclusões:** O protocolo utilizado no grupo PFCP promoveu a maior porcentagem de aumento de volume e reduziu a porcentagem de áreas não tocadas durante o preparo de canais achatados. A associação do inserto ultrassônico ClearSonic antes da utilização do instrumento recíprocante R25 para a remoção de material obturador, promoveu a menor porcentagem de material obturador remanescente na porção total e apical do canal radicular.

**PALAVRAS-CHAVE:** Endodontia, Ultrassom, Microtomografia computadorizada, Preparo biomecânico, Retratamento.



## **TABLE OF CONTENTS**

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>CONCLUSIONS</b>	<b>19</b>
	<b>REFERENCES</b>	<b>23</b>



# **1 INTRODUCTION**

---



## **1 INTRODUCTION**

The existence of root canals with an oval configuration has been reported in previous studies (Mauger et al, 1998; Wu et al, 2000; Versiani et al, 2011; de Almeida et al, 2013), being associated with major challenges during endodontic therapy (Coniglio et al, 2008; Busquim et al, 2015) and retreatment (Bernardes et al, 2015; Crozeta et al, 2016; Zuolo et al, 2016). The presence of pulp remnants and infected dentin on the uninstrumented areas of root canals prepared with nickel-titanium (NiTi) instruments have been observed, due to their tendency of creating a circular bulge in the center of the root canal and the existence of a greater bucco-lingual dimension in teeth with these anatomical features (Coniglio et al, 2008; Busquim et al, 2015; Coelho et al, 2016,). This leads to the formation of smear layer which may hinder the cleanliness of the untouched root canal walls (Coniglio et al, 2008). In the same way, it is well known that none of the actual systems remove all residual filling material from the root canal space (Zuolo et al, 2016). Many techniques and instruments have been described in the literature for the instrumentation and removal of filling material in oval-shaped canals. However, incomplete preparations (ElAyouti, 2008; Busquim et al, 2015; De-Deus, 2015; Coelho et al, 2016; Zuolo et al, 2017) as well as the presence of residual filling material were found (Bernardes et al, 2015, Crozeta et al, 2016, Kasam & Mariswamy, 2016; Zuolo et al, 2016). Microcomputed tomography (MCT) is a non-invasive research tool used for three-dimensional analysis of different instrumentation (Rodhes et al, 1999; Peters et al, 2000; Busquim et al, 2015) and retreatment techniques (Fruchi et al, 2014; Crozeta et al, 2016). This technology allows the acquisition of quantitative and qualitative data (Busquim et al, 2015; Versiani et al, 2016).

The use of ultrasonic tips in association to endodontic instruments has been recommended to improve the cleansing of the root canal during shaping (Weller et al, 1980; Lumley et al, 1993; Singh et al, 2017) and retreatment procedures (de Mello Jr, 2009; Kasam & Mariswamy, 2016). In addition, the combined use of ultrasonic tips and the dental operating microscope (DOM) has been suggested to improve precision during gutta-percha removal (de Mello Jr et al, 2009). In controlled memory

## 16 *Introduction*

(CM) technology, endodontic instruments are subjected to a special thermal process after machining from conventional NiTi wire, including high martensitic crystal content in order to improve their mechanical behavior (Peters et al, 2017). ProDesign Logic 25/.05 and 40/.05 (Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, Brazil) were recently introduced as controlled-memory (CM) rotary files. In addition, another CM rotary file with size 40 and taper 01 was presented. Two novel ultrasonic tips (Flatsonic and Clearsonic, Helse Ultrasonic, Santa Rosa de Viterbo, Brazil) with an arrow section have been proposed as auxiliary methods for endodontic procedures. On the other hand, the Reciproc single-use reciprocating system (VDW, Munich, Germany) has been indicated and successfully used for retreatment procedures (Özyürek & Demiryürek, 2016, Rodrigues et al, 2016, Zuolo et al, 2016). Therefore, new protocols for the instrumentation and removal of filling material in flattened/oval-shaped canals using ultrasonic tips as an auxiliary method, should promote satisfactory results. Consequently, values for increase in volume, non-instrumented surface area, dentine removal, degree of canal transportation, centring ratio and percentage of residual filling material between the experimental groups were examined. The null hypothesis tested was that these novel ultrasonics would not influence the instrumentation and removal of filling material in flattened/oval-shaped root canals.



## **2 CONCLUSIONS**

---



## **2 CONCLUSIONS**

The null hypothesis that novel ultrasonic tips would not influence the instrumentation and removal of filling material on flattened/oval-shaped root canals was rejected. Based on the experimental design of this study, it can be concluded that the protocol used in group PFCP provided a significant increase in volume and reduced the percentage of non-instrumented areas. Regarding the dentin removal, the protocol used in group PP presented the higher percentage of dentin removal in the middle third (mesial wall) and in the apical third of the root canal (distal/buccal/lingual walls). The protocol used in group FCP showed the higher percentage of dentin removal in the coronal third (buccal wall). The protocol used in group PFCP showed the higher percentage of dentin removal in the coronal third (lingual wall). Concerning the transportation values, the protocol used in group PP showed the lowest values in the coronal third (bucco-lingual direction). As for the centering ratio, the protocol used in group PP presented the most centered preparation in the coronal third (bucco-lingual direction). The protocol used in group FCP showed the greatest centering ratio in the middle third (mesio-distal) and group PFCP displayed the greatest centering ratio in the apical third (mesio-distal and bucco-lingual direction). Residual filling material was found in the oval/flattened root canals, regardless of the protocol used. The use of the ClearSonic tip before the Reciproc 25/.08 file provided the lowest percentage of residual filling material in the total portion and in the apical third of the root canals.



# REFERENCES

---



## REFERENCES

Bernardes RA, Duarte MAH, Vivan RR, Alcalde MP, Vasconcelos BC, Bramante CM. Comparison of three retreatment techniques with ultrasonic activation in flattened canals using micro-computed tomography and scanning electron microscopy. *Int Endod J* 2015;49(9):890-897.

Busquim S, Cunha RS, Freire L, Gavini G, Machado ME, Santos M. A micro-computed tomography evaluation of long-oval canal preparation using reciprocating or rotary systems. *Int Endod J* 2015;48:1001-1006.

Coelho BS, Amaral ROJFD, Leonardi DP, Marques-da-Silva B, Silva-Sousa YTC, Carvalho FMAD, Baratto-Filho F. Performance of three single instrument systems in the preparation of long oval canals. *Braz Dent J* 2016;27(2), 217-222.

Coniglio I, Carvalho CA, Magni E, Cantoro A, Ferrari M. Post space debridement in oval-shaped canals: The use of a new ultrasonic tip with oval section. *J Endod.* 2008;34(6):752-755.

Crozeta BM, Silva-Sousa YTC, 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(5):793-797.

de Almeida MM, Bernardineli N, Ordinola-Zapata R, Villas-Bôas MH, Amoroso-Silva PA, Brandao CG, Duarte MAH. Micro-computed tomography analysis of the root canal anatomy and prevalence of oval canals in mandibular incisors. *J Endod.* 2013; 39:1529-1533.

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):624-629.

de Mello Jr JE, Cunha RS, Bueno CES, Zuolo ML. Retreatment efficacy of gutta-percha removal using a clinical microscope and ultrasonic instruments: part I-an ex vivo study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:e59-e62.

EIAyouti A, Chu AL, Kimionis I, Klein C, Weiger R, Löst C. Efficacy of rotary instruments with greater taper in preparing oval root canals. *Int Endod J* 2008; 41(12), 1088-1092.

## 24 *Introduction*

Fruchi LC, Ordinola-Zapata R, Cavenago BC, Duarte MAH, Bueno CES, De Martin AS. Efficacy of reciprocating instruments for removing filling material in curved canals obturated with a single-cone technique: a micro-computed tomographic analysis. *J Endod* 2014;40(7):1000-1004.

Gergi R, Osta N, Bourbouze G, Zgheib C, Arbab-Chirani R, Naaman A. Effects of three nickel titanium instruments systems on root canal geometry assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J* 2015;48:162-170.

Goldman M, White R, Moser CR, Tenca JI. A comparison of three methods of cleaning and shaping the root canal in vitro. *J Endod* 1988;14(1):7-12.

Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod* 2011;37(11):1547-1549.

Kasam S, Mariswamy AB. Efficacy of different methods for removing root canal filling material in retreatment-an in-vitro study. *J Clin Diagn Res* 2016;10(6):ZC06-ZC10.

Kim H, Kim E, Lee SJ, Shin SJ. Comparisons of the retreatment efficacy of calcium silicate and epoxy resin-based sealers and residual sealer in dentinal tubules. *J Endod* 2015;41(12): 2025-2030.

Langeland K, Liao K, Pascon EA. Work-saving devices in endodontics: efficacy of sonic and ultrasonic techniques. *J Endod* 1985;11(11):499-510.

Lu Y, Wang R, Zhang L, Li HL, Zheng QH, Zhou XD, Huang DM. Apically extruded debris and irrigant with two Ni-Ti systems and hand files when removing root fillings: a laboratory study. *Int Endod J* 2013;46(12):1125–1130.

Lumley PJ, Walmsley AD, Walton RE, Rippin JW. Cleaning of oval canals using ultrasonic or sonic instrumentation. *J Endod* 1993; 19(9):453-457.

Mauger MJ, Schindler WG, Walker WA 3rd. An evaluation of canal morphology at different levels of root resection in mandibular incisors. *J Endod* 1998;24:607–9.

Moriya K. Fundamental study of root canal preparation by ultrasonic system. *Jpn J Conserv Dent* 1984;27:333-60.

Nagy CD, Bartha K, Bernáth M, Verdes E, Szabó J. The effect of root canal morphology on canal shape following instrumentation using different techniques. *Int Endod J* 1997;30():133-140.



Özyürek T, Demiryürek EO. Efficacy of different nickel-titanium instruments in removing gutta-percha during root canal retreatment. *J Endod* 2016;42(4):646–649.

Peters OA, Bahia MGA, Pereira ESJ. Contemporary root canal preparation. *Dent Clin N Am.* 2017;61:37-58.

Peters OA, Laib A, Rügsegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *J Dent Res.* 2000;79(6):1405-9.

Rhodes JS, Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J.* 1999;32(3):165-70.

Rios MA, Villela AM, Cunha RS, Velasco RC, de Martin AS, Kato AS, et al. Efficacy of 2 reciprocating systems compared with a rotary retreatment system for gutta-percha removal. *J Endod* 2014;40(4):543–546.

Rodrigues CT, Duarte MAH, de Almeida MM, de Andrade FB, Bernardineli N. Efficacy of cm-wire, m-wire, and nickel-titanium instruments for removing filling material from curved root canals: a micro-computed tomography study. *J Endod* 2016;42(11):1651–1655.

Rossi-Fedele G, Ahmed MA. Assessment of root canal filling removal effectiveness using micro-computed tomography: a systematic review. *J Endod* 2017;43(4):520-526.

Singh R, Barua P, Kumar M, Safaya R, Monajemi H, Monajemi H. Effect of Ultrasonic Instrumentation in Treatment of Primary Molars. *J Contemp Dent Pract* 2017;18(9), 750-753.

Versiani MA, Ordinola-Zapata R, Keleş, A, Alcin H, Bramante CM, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Middle canals in mandibular first molars: a micro ct study in different populations. *Arch Oral Biol.* 2016;61:130–7.

Versiani MA, Pécora JD, de Sousa-Neto MD. Flat-oval root canal preparation with self-adjusting file instrument: a micro-computed tomography study. *J Endod* 2011;37(7):1002-1007.

Vertuan GC, Duarte MAH, de Moraes IG, Piazza B, Vasconcelos BC, Alcalde MP, et al. Evaluation of physicochemical properties of a new root canal sealer. *J Endod* 2018;44(3): 501-505.

## 26 *Introduction*

Walker TL, del Rio CE. Histological evaluation of ultrasonic and sonic instrumentation of curved root canals. *J Endod* 1989;15(2):49-59.

Weller N, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod* 1980;6(9):740-743.

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.

Yamaguchi M, Matsumori M, Ishikawa H, Sakurai T, Nakamura H, Naitoh M, Shiojima M, Kikuchi A. The use of ultrasonic instrumentation in the cleansing and enlargement of the root canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1988;65:349-353.

Zuolo AS, Mello Jr JE, Cunha RS, Zuolo ML, Bueno CES. Efficacy of reciprocating and rotary techniques for removing filling material during root canal retreatment. *Int Endod J* 2013;46:947-953.

Zuolo ML, Zaia AA, Belladonna FG, Silva EJNL, Souza EM, Versiani MA, Lopes RT, De-Deus G. Micro-ct assessment of the shaping ability of four root canal instrumentation systems in oval-shaped canals. *Int Endod J* [journal on the internet] 2017 Jul 31 [cited 2017 Nov 23]. Available from: doi:10.1111/iej.12810 [Epub ahead of print]

Zuolo AS, Zuolo ML, Bueno CES, Chu R, Cunha RS. Evaluation of the efficacy of trushape and reciproc file systems in the removal of filling material: an ex vivo micro-computed tomographic study. *J Endod* 2016;42(2):315-319.