

JULIANA MELO DA SILVA

Cirurgiã-Dentista

**INFLUÊNCIA DO ALARGAMENTO FORAMINAL NA
ANATOMIA APICAL E NA QUALIDADE DE SELAMENTO
APÓS OBTURAÇÃO**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Clínica Odontológica, Área de Endodontia.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Augusto Zaia

PIRACICABA

2011

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

Bibliotecária: Elis Regina Alves dos Santos – CRB-8ª / 8099

Si38i

Silva, Juliana Melo da.

Influência do alargamento foraminal na anatomia apical e na qualidade de selamento após obturação / Juliana Melo da Silva. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2011.

Orientador: Alexandre Augusto Zaia.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Endodontia. 2. Ápice dentário. 3. Preparo de canal radicular.
I. Zaia, Alexandre Augusto. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.
(eras/fop)

Título em Inglês: Influence of apical foramen widening on apical foramen morphology and apical sealing

Palavras-chave em Inglês (Keywords): 1. Endodontics. 2. Tooth apex. 3. Root canal preparation

Área de Concentração: Endodontia

Titulação: Doutor em Clínica Odontológica

Banca Examinadora: Alexandre Augusto Zaia, Luciano Tavares Angelo Cintra, Noboru Imura, Oscar Faciola Pessoa, Francisco José de Souza Filho

Data da Defesa: 26-04-2011

Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de Doutorado, em sessão pública realizada em 26 de Abril de 2011, considerou a candidata JULIANA MELO DA SILVA aprovada.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Alexandre Augusto Zaia".

Prof. Dr. ALEXANDRE AUGUSTO ZAIA

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Luciano Tavares Ângelo Cintra".

Prof. Dr. LUCIANO TAVARES ÂNGELO CINTRA

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Noboru Imura".

Prof. Dr. NOBORU IMURA

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Francisco Jose de Souza Filho".

Prof. Dr. FRANCISCO JOSE DE SOUZA FILHO

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Oscar Faciola Pessoa".

Prof. Dr. OSCAR FACIOLA PESSOA

Dedicatória

Ao **mistério da fé** que preenche meu coração, me mantém firme e trilha meu caminho, tornado mais fácil à realização de todos os projetos de vida.

Aos meus amados pais, **Eva e Osiris**, pelos ensinamentos de boa conduta, ética e amor ao trabalho, os alicerces de minha formação pessoal. Mesmo enfrentando muitas dificuldades, priorizaram a educação de suas filhas. Dedico todo meu respeito e admiração.

As minhas irmãs, **Brenda e Marcia**, e meus cunhados **Wilson e Thiago**, agradeço o amor que nos une.

A minha sobrinha **Fernandinha**. Apesar de não acompanhar seu parto, pois estou aqui defendendo, a titia ama muito você.

Ao **Gustavo**, meu grande parceiro. De nada vale o amor, sem respeito, sem companheirismo, sem parceria. Agradeço por todo amor, por toda compreensão, e principalmente por ser meu parceiro em todas as horas, suas palavras de carinho, e seu sorriso nos momentos difíceis fizeram esquecer as dificuldades.

"É tão bom morrer de amor! E continuar vivendo."
(Mário Quintana)

Agradecimentos Especiais

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Alexandre Augusto Zaia**, agradeço pela oportunidade de ingressar no Doutorado, por todo conhecimento transmitido e pela confiança depositada. Obrigada por ajudar a tornar esse sonho uma realidade. Todo meu respeito à serenidade de suas atitudes.

Aos professores da Área de Endodontia da FOP/UNICAMP, **Prof. Dr. Luiz Valdrighi, Prof. Dr. Francisco José de Souza Filho, Profa. Dra. Brenda Paula Figueiredo de Almeida Gomes, Prof. Dr. Caio Cezar Randi Ferraz e José Flávio Affonso de Almeida**, pelos valiosos conhecimentos transmitidos, e pelos exemplos de vida que nos fazem acreditar que o impossível é possível.

Ao meu orientador de mestrado, **Prof. Oscar Faciola Pessoa**, que sempre estimulou meu interesse pela docência. “Existem várias maneiras de se aprender as coisas. A mais convencional delas é a do discurso pedagógico, a fala organizada que pretende nos ensinar o que precisamos saber. Mas àquela que nos marca de modo mais profundo e duradouro, é sempre a da observação do gesto do outro, o exemplo do qual somos testemunhas e cujo significado reconhecemos visceralmente” (Carlos Diegues). O seu amor pelo ensino, o desprendimento e apreço para com todos que lhe solicitam, são alguns dos exemplos que levarei comigo.

Ao meu **avô Moreira** (in memoria) e **vó Cecília**, que como mestres, sempre acreditaram no valor da educação, e junto a meus pais tornou real a fantasia de uma menina que aos sete anos sonhou um dia ser dentista.

Ao meu **avô Lauro** (in memoria), um dos tantos brasileiros que não teve acesso ao ensino superior, mas, por sabedoria de vida, sempre acreditou na educação. Enfrentou muitas adversidades e, com amor escreveu sua biografia, que ensina muito mais que livros acadêmicos. E a **vó Iris**, onde estão guardadas minhas melhores lembranças da infância.

Agradecimentos

Ao Magnífico Reitor da UNICAMP, **Prof. Dr. Fernando Ferreira Costa**.

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas, na pessoa do diretor **Prof. Dr. Jacks Jorge Junior** e do diretor associado **Prof. Dr. Alexandre Augusto Zaia**.

Ao **Prof. Dra. Renata Cunha Matheus Rodrigues Garcia**, coordenadora geral dos cursos de Pós-Graduação e ao **Prof. Dr. Márcio de Moraes**, coordenador do curso de Pós-Graduação em Clínica Odontológica.

Aos **colegas de pós-graduação** Carlos Vieira Andrade Júnior, Emmanuel João Nogueira Leal da Silva, Fernanda Freitas Lins, Karine Schell de Moraes Nicastro, Marcos Sergio Endo, Maria Rachel Figueiredo Penalva Monteiro, Shaiana Tashy Kawagoe, Ana Carolina M. Oliveira, Ana Carolina Rocha Lima Caiado, Antonio Batista, Carlos Augusto M. S. Pantoja, Danna Mota Moreira, Daniel Rodrigo H. Morante, Douglas Cechin, Estela Marta Doffo de Winocur, Fernanda G. C. Signoretti, Francisco Montagner, Frederico Canato Martinho, Gabriel Rocha Campos, Giselle P. C. Abi Rached, Letícia Maria Menezes Nóbrega, Maíra do Prado, Marcos Roberto dos Santos Frozoni, Mário Zuolo, Nilton Vivacqua Gomes, Ricardo Ferreira. Entre vocês existem aqueles que são muito especiais e que levarei nas minhas lembranças. Muito obrigada por tudo que compartilharam comigo durante este período, das atitudes mais simples e corriqueiras como um “bom dia”, um sorriso, as idas à cantina, aos mais complexos conhecimentos endodônticos.

A **Geovania Caldas Almeida**, sem ela seria impossível concretizar esse trabalho. Obrigada por todo conhecimento compartilhado e pela ajuda na metodologia de infiltração bacteriana. Você é um exemplo de perseverança e dedicação.

Aninha Godoy, obrigada por todos os conselhos e abraços bem apertados que recebia toda manhã, você faz toda diferença na endodontia, sem você seria mais árduo o caminho. Você é muito especial.

Aos funcionários da Disciplina de Endodontia **Daiane Scutton e Wanderly Lima de Almeida Pavinatto**. Obrigada pela acolhida no departamento, e por estarem sempre disponíveis, vocês são muito amáveis.

Ao funcionário **Adriano Luis Martins**, meu profundo agradecimento não só pela inestimável ajuda técnica e científica para a realização desse trabalho, mas também por todo apoio dispensado no laboratório de MEV.

Ao **Dr. Augusto Tulmann Neto** e ao técnico **Paulo Cassiere Neto**, do Laboratório de Melhoramento de Plantas do CENA/USP, pelo apoio técnico na realização da radiação gama no equipamento Gammacell.

A **banca examinadora**, Prof. Dr. Francisco José de Souza Filho, Prof. Dr. Noboru Imura, Prof. Dr. Oscar Faciola Pessoa, Prof. Dr. Luciano Tavares Ângelo Cintra, Prof. Dr. Tauby Coutinho (suplente), Profa. Dra. Patrícia de Almeida Rodrigues da Silva e Souza (suplente), por avaliarem este trabalho. Desde já agradeço a contribuição.

A minha **família baiana** em Piracicaba, Carlos, Ana, Enzo, Lara e Mille, que compartilharam muitas risadas, choros e almoços dominicais. Obrigada por tudo!

Aos grandes amigos **Carlos e Emmanuel**, obrigada por vibrarem com minhas conquistas, e por trazerem muita alegria as incontáveis horas de laboratório. Agora não tem mais jeito, nossa amizade será eternizada, pois será uma honra e uma alegria imensa poder recebê-los como nossos padrinhos de casamento.

A amiga **Shaiana Tashy Kawagoe**, meu agradecimento especial à pessoa que abriu sua casa para que eu pudesse usar seu “laboratório particular”. Obrigada por compartilhar seus conhecimentos comigo, seu desprendimento em ensinar tudo o que sabe é inigualável e admirável. Obrigada também pelas boas gargalhadas.

A todos os **funcionários da FOP**. Todos vocês contribuíram de alguma forma para que esse momento se realizasse. Exemplos de dedicação, competência, e de educação, quebrando todo estereótipo de funcionários públicos.

A **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP**, pelo apoio financeiro na execução deste projeto.

A todos os colegas da **Universidade Federal do Pará** que me acolheram muito bem no meu retorno a terra amada.

Aos meus sogros **Ana Maria e Gonçalo Brandão** e minha cunhada **Carol**, vocês são um exemplo a ser seguido. Obrigada por me fazerem tão feliz!

A todas as pessoas que de uma forma ou de outra, contribuíram não só para a execução deste trabalho, mas, sobretudo para meu crescimento pessoal, minha sincera gratidão.

“Tenho em mim todos os sonhos do mundo”

Fernando Pessoa

“Tudo parece ousado para quem nada se atreve”

Fernando Pessoa

*“Cada novo amigo que ganhamos no decorrer
da vida aperfeiçoa-nos e enriquece-nos, não
tanto pelo que nos dá, mas pelo que nos revela de
nós mesmos”*

Miguel Unamuno

*“Sei que meu trabalho é uma gota d'água no
oceano, mas sem ele, o oceano seria menor”*

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

Introdução: O objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência do alargamento foraminal e limite de instrumentação na alteração da anatomia apical, e na capacidade de selamento após obturação. **Métodos:** Foram selecionadas cinquenta e cinco raízes palatinas de molares superiores de dentes humanos extraídos. Posteriormente, as amostras foram divididas em três grupos (n=15) de acordo com o comprimento de trabalho, no qual o grupo 1 foi instrumentado a 1mm aquém do forame; o grupo 2 foi instrumentado no limite do forame apical; e o grupo 3 instrumentado a 1mm além do forame. Em todos os grupos foram utilizados instrumentos rotatórios de níquel-titânio, através da utilização de três limas de calibre subsequente ao do primeiro instrumento que se ajustou no comprimento de trabalho, e a obturação foi realizada com cimento AH Plus e guta-percha. Fotomicrografias foram realizadas em microscopia eletrônica de varredura (MEV), para registro da anatomia foraminal antes da instrumentação, após a utilização de cada instrumento, após instrumentação final e após obturação. Além disso, em todos os grupos foi realizada análise pelo teste de infiltração coronária por *Enterococcus faecalis*, incluindo os controles positivos (n=5) e controles negativos (n=5). **Resultados:** Os resultados deste estudo mostraram o canal cementário preservado quando a instrumentação é realizada 1mm aquém do forame apical. No que se refere à qualidade da ampliação foraminal não houve diferença estatística entre a ampliação realizada no limite do forame e a ampliação efetuada 1mm além do forame. Quando esta ampliação foi conduzida além do forame apical, maiores foram às ocorrências de desvio foraminal, porém esses desvios não interferiram na qualidade de selamento ou infiltração bacteriana. **Conclusões:** A análise em microscópio eletrônico de varredura mostrou uma melhor qualidade de selamento apical para os grupos que o alargamento foraminal foi realizado. No entanto o modelo experimental de infiltração bacteriana utilizando *Enterococcus faecalis* não revelou diferenças entre os grupos experimentais. **Palavras Chave:** Endodontia; forame apical; preparo de canal radicular, alargamento apical.

ABSTRACT

Introduction: The aim of this study was to evaluate the influence of the working length and apical foramen widening on the anatomy of the apical foramen and on the sealing ability after root canal filling. **Methods:** Fifty-five palatal roots of maxillary molars were selected. The samples were randomly divided into three groups (n=15) according to the different working lengths. Group 1, instrumentation 1 mm short of the major foramen; group 2, instrumentation in the limit of the apical foramen; and group 3, instrumentation 1 mm beyond the foramen. All groups were prepared using nickel-titanium rotary files, the instrumentation was made by enlarging the root canal to at least three times the size of the first file that bound at the working length, and the canals were obturated with AH Plus and gutta-percha. Photomicrographs were taken using a scanning electron microscopy (SEM) before instrumentation, after instrumentation of the apical foramen with each file, and after root canal filling. Moreover, coronal bacterial microleakage with *Enterococcus faecalis* was performed, including positive controls (n=5) and negative controls (n=5). **Results:** The cemental canal was uninstrumented when the instrumentation was made 1 mm short of the major foramen. The quality of the apical foramen widening at the limit of the apical foramen and 1 mm beyond the foramen showed no statistical differences. However, instrumentation 1 mm beyond the apical foramen promoted more deviations from the original foramen anatomy, but these deviations do not affect the quality of sealing or bacterial infiltration. **Conclusions:** Microscopic analysis showed that both widening groups (G2 and G3) resulted in good quality apical foramen obturation. However, statistical analysis of the bacterial leakage showed no statistically significant differences between all of the groups tested.

Key Words: Endodontics; apical foramen; root canal preparation, apical enlargement.

Sumário

INTRODUÇÃO	01
PROPOSIÇÃO	07
ARTIGO	08
CONSIDERAÇÕES GERAIS	29
CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	34
APÊNDICE	39
ANEXO	63

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais objetivos do tratamento endodôntico é minimizar a quantidade de microrganismos e detritos patológicos do sistema de canais radiculares (Baugh & Wallace 2005). O terço apical do canal radicular é considerado uma zona crítica, pois pode abrigar um grande número de microrganismos que irão perpetuar a inflamação perirradicular (Sjögren *et al.*, 1990). A instrumentação da região apical tem sido considerada como um componente essencial no processo de limpeza e modelagem (Spangberg, 2001). A combinação de instrumentação mecânica e irrigação (Bystrom & Sundqvist, 1981) pode diminuir o número de microrganismos de 100 a 1000 vezes (Baugh & Wallace 2005).

A constrição apical (junção cimento dentina) tem sido defendida como a parte final de instrumentação e obturação (Simon, 1994). É a porção mais estreita do canal radicular, e ponto de encontro entre polpa e periodonto (Baugh & Wallace 2005). Ricucci (1998) defende que a instrumentação seja realizada apenas no canal dentinário, antes da constrição apical, pois acredita que a instrumentação no canal cementário possa atrasar o processo de reparo, interferindo no sucesso da terapia endodôntica (Baugh & Wallace 2005).

O acúmulo de remanescentes pulpares e raspas de dentina na região apical é um fato recorrente que pode obliterar o canal radicular. Isto pode ser evitado com a realização da patência do forame apical, durante a modelagem do canal radicular (Arias *et al.*, 2009). Atualmente a manutenção da patência apical é recomendada durante os procedimentos de modelagem e limpeza radicular (Monsef *et al.*, 1998). A patência é uma técnica na qual a porção apical do canal é mantida livre de detritos através da recapitulação com um instrumento na região foraminal (Goldberg & Masson, 2002). O método mais recomendado é utilizar frequentemente durante a modelagem e limpeza o instrumento de patência. Este instrumento é uma lima tipo K de fino calibre, que é movimentada passivamente através da constrição apical, sem ampliá-la (Buchanan, 1989). Os instrumentos utilizados para obter a patência são geralmente os mesmos instrumentos

inicialmente utilizados para explorar os canais radiculares (Izu *et al.*, 2004; Arias *et al.*, 2009).

A limpeza passiva do canal cementário com instrumentos que não ampliam a constrição apical tem sido recomendada para o tratamento endodôntico. No entanto, outros estudos vêm demonstrando melhores resultados quando o canal cementário e forame apical são ampliados com instrumentos mais calibrosos que o instrumento de patência. Este procedimento tem-se tornado uma tendência na técnica endodôntica, sob a denominação de alargamento do forame apical, com o objetivo de evitar que raspas de dentina contaminada, remanescentes pulpare e microrganismos possam interferir no processo de reparo após o tratamento endodôntico (Borlina *et al.*, 2010).

A substância química e a medicação intracanal devem, por si só, ser capazes de sanificar a região periapical (Coldero *et al.*, 2002). Entretanto trabalhos mostram que raspas de dentina podem ficar retidas nesta região, atuando como barreira mecânica, interferindo na ação das substâncias e da medicação intracanal, principalmente na região de canal cementário (Beeson *et al.*, 1998).

O biofilme na região periapical dificulta o processo de sanificação exclusivamente pela ação de substâncias químicas (Nair *et al.*, 2005). Deste modo em casos de necrose pulpar com ou sem lesão periapical, tanto a limpeza (patência), quanto a instrumentação apical deverão ser empregadas, podendo, a instrumentação abranger de 1 a 2 mm além do forame apical (Souza Filho *et al.*, 1987).

Alguns profissionais não realizam o alargamento foraminal por acreditarem que apenas a substância química seja capaz de remover todo conteúdo tóxico e raspas de dentina da região apical. Coldero *et al.*, (2002) acreditam não ser importante promover alargamento apical quando há uma instrumentação coronal apropriada, pois esta permite irrigação satisfatória do sistema de canais radiculares. Outra razão apontada por alguns autores para não realizar limpeza do forame é a dor pós-operatória. Durante a manipulação do forame, o instrumento

endodôntico, juntamente com a substância química, pode ser responsável pela dor pós-operatória (Siqueira *et al.*, 2002).

Outra causa de dor pós-operatória é a extrusão de material para os tecidos periapicais, que também se tornou um argumento contrário à realização da limpeza do forame (Flanders, 2002). No entanto foi constatado que todas as técnicas de instrumentação podem provocar a extrusão de material para o periápice, e cabe ao profissional escolher a técnica que promove menor extrusão (Vansan, 1997). A literatura relata que técnicas rotatórias permitem uma menor extrusão de debris quando comparadas às técnicas manuais de instrumentação (Ferraz *et al.*, 2001).

Arias *et al.*, (2009) correlacionaram dor pós-tratamento endodôntico à realização ou não de patência. Demonstraram menores episódios de dor pós-tratamento quando a patência foi realizada em dentes não vitais. Nos casos de sintomatologia dolorosa, a duração foi mais longa quando a patência foi mantida em dentes com dor prévia ao tratamento. De acordo com estes autores a patência não aumenta a incidência, o grau, ou a duração da dor pós-operatória.

Outro trabalho clínico não identificou diferença estatística quanto à dor pós-operatória no grupo com ou sem instrumentação do canal cementário, ou seja, o alargamento do forame apical não aumentou a incidência de dor (Gurgel-Filho *et al.*, 2010).

Os microrganismos exercem papel fundamental na etiopatogenia da doença pulpar e perirradicular, estando presentes em toda extensão do canal radicular, incluindo o canal cementário (Baumgartner & Falkler, 1991; Wayman, 1992; Gomes *et al.*, 2006; Gomes *et al.*, 2008). Portanto algumas pesquisas apontam a necessidade do canal cementário ser incluído na instrumentação radicular (Souza Filho *et al.*, 1987; Velasco, 2000; Card *et al.*, 2002; Mickel *et al.*, 2007; Arias *et al.*, 2009).

Lesão periapical e presença de microrganismos no canal cementário contribuem para execução de limpeza e desbridamento foraminal durante a manobra de instrumentação. Pesquisas que correlacionam à quantidade de

microrganismos com a ampliação do forame apical demonstram que existe uma redução significativa no número de amostras com culturas positivas à medida que se amplia a constrição apical (Card *et al.*, 2002; Mickel *et al.*, 2007).

A presença de bactérias no canal cementário vem sendo relacionada a casos de necrose pulpar com lesão periapical (Baumgartner & Falkler, 1991). De acordo com os princípios biológicos, a instrumentação do canal cementário visa à eliminação de microrganismos do terço apical e conseqüentemente uma melhor sanificação; e de acordo com princípios mecânicos objetiva o acesso livre ao forame e, por conseguinte, uma adequada instrumentação (Souza, 2006).

A determinação do limite apical de instrumentação é um tema muito discutido na endodontia. Alguns autores acreditam que esse fator está na interdependência da condição de vitalidade pulpar e presença de lesão periapical. O limite apical de instrumentação mais difundido é 1mm aquém do forame, no entanto 1mm do canal não será instrumentado, tampouco sanificado. Cohen e Burns (1994) relatam que 1mm do canal radicular com diâmetro igual a 0,25mm pode abrigar cerca de aproximadamente 80.000 células de microrganismos pertencentes ao gênero *Streptococcus*.

Em condições de vitalidade pulpar, acredita-se que o canal esteja livre de infecção, portanto alguns autores defendem ser desnecessária a instrumentação do forame (Coldero *et al.*, 2002). Por outro lado, alguns pesquisadores advogam a necessidade de extirpação do coto pulpo-peridontal, o qual representa a porção menos celularizada do tecido pulpar, não apresentando potencial de cura, podendo tornar-se necrótico após instrumentação e obturação (Davis *et al.*, 1971). A remoção do coto pulpo-peridontal visa a criar condições favoráveis de cicatrização e formação de novo tecido com grande capacidade de regeneração (Benatti *et al.*, 1985). Além disso, a formação de raspas de dentina é inerente à instrumentação. Portanto independente de polpa vital ou necrótica deve-se executar a patência, a fim de evitar acúmulos de raspas de dentina.

A seleção da primeira lima (anatômica) nem sempre permite uma predição quanto ao instrumento final para ampliação apical completa (Contreras *et al.*,

2001; Tan & Messer, 2002; Wu et al., 2002). De acordo com Weiger et al., (2006) os canais devem ser extensamente ampliados principalmente em casos de canais infectados. Molares devem ser preparados com instrumentos de 6 a 8 vezes mais calibrosos do que o instrumento anatômico inicial.

Souza Filho *et al.*, (1987) utilizaram pré-molares de cães, os quais foram expostos à contaminação pela saliva para desenvolvimento de lesão periapical. Depois foi feita a instrumentação 2mm além do forame apical com lima #60, e obturação 2mm aquém do ápice. Observaram após 90 dias a proliferação de tecido conjuntivo para o interior do canal, geralmente acompanhado de neo-formação de cimento, sugerindo que o diâmetro do forame apical e a intensidade da contaminação são fatores determinantes na evolução do processo de reparo em casos de necrose pulpar.

Ricucci & Langeland (1998) demonstraram, após tratamento endodôntico, condições histológicas mais favoráveis quando a instrumentação e obturação foram realizadas próximas à constrição apical, quando comparadas àquelas realizadas além da constrição, tanto em casos de polpa viva, quanto de polpa morta. Verificaram que, quando o material obturador apresentava extrusão para os tecidos periapicais, ocorria reação inflamatória severa, apesar de ausência clínica de dor.

Velasco (2000) avaliou a qualidade de selamento apical em dentes preparados com alargamento intencional do forame. Os resultados obtidos sugeriram que não houve diferença estatística na qualidade de selamento apical em dentes preparados com alargamento do forame 2,0 mm além do forame, quando comparados aos dentes preparados 1mm aquém. Concluindo que, o alargamento intencional de forame é uma manobra confiável em relação ao selamento apical.

Holland *et al.*, (2005) avaliaram o processo de reparo apical após obturação com dois cimentos (AH PlusTM, Fill CanalTM), realizando ou não a patência. Histologicamente os resultados foram melhores nos grupos sem patência apical. Dentre os cimentos estudados, os melhores resultados foram observados com AH

PlusTM. Concluíram que tanto a patência quanto o tipo de material obturador influenciam no processo de reparo apical de dentes de cães com polpas vitais.

Borlina *et al.*, (2010) observaram, em dentes de cães, condições mais favoráveis ao processo de reparo de lesões periapicais crônicas nos casos em que o alargamento do forame foi realizado, quando comparado aos casos em que não foi feito alargamento foraminal.

Um estudo recente avaliou tratamentos endodônticos realizados por alunos de graduação da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP-UNICAMP), através da utilização da clorexidina gel 2% e da técnica de alargamento foraminal. De acordo com critérios clínicos e radiográficos utilizados (Associação Americana de Endodontia), apenas 6% dos casos referiram-se à dor pós-operatória. Os dentes que receberam restauração provisória após o tratamento apresentaram sucesso de 86,95%, enquanto que os que receberam restauração definitiva de 96,29%. O índice de sucesso geral dos casos analisados foi de 92%. Observou-se um índice de sucesso aceitável utilizando a técnica de alargamento foraminal associado à clorexidina. Sugere-se também que a restauração definitiva após o tratamento endodôntico possa elevar os índices de sucesso (Silva *et al.*, 2010).

Diante do exposto, observou-se a necessidade de estudos que avaliem a influência do limite de instrumentação frente à alteração anatômica que pode ocorrer após ampliação do forame e, a capacidade de selamento do forame apical após obturação endodôntica.

2 PROPOSIÇÃO

O presente estudo foi realizado em formato alternativo conforme deliberação da Comissão Central de Pós-Graduação (CCPG) da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP nº001/98 e foi composto por um capítulo, com a proposição de verificar a influência do alargamento foraminal na alteração da anatomia apical, e a capacidade de selamento após obturação, através de microscópio eletrônico de varredura e por meio de teste de infiltração coronária por *Enterococcus faecalis*.

Capítulo 1

Influence of apical foramen widening on apical foramen morphology and apical sealing

Juliana Melo da Silva, Francisco José de Souza Filho, Brenda Paula Figueiredo de Almeida Gomes, Caio Cezar Randi Ferraz, José Flávio Affonso de Almeida, Alexandre Augusto Zaia

Department of Endodontic - Piracicaba Dental School, State University of Campinas–UNICAMP

ABSTRACT

Introduction: The aim of this study was to evaluate the influence of the working length and apical foramen widening on the anatomy of the apical foramen and on the sealing ability after root canal filling. **Methods:** Fifty-five palatal roots of maxillary molars were selected. The samples were randomly divided into three groups (n=15) according to the different working lengths. Group 1, instrumentation 1 mm short of the major foramen; group 2, instrumentation in the limit of the apical foramen; and group 3, instrumentation 1 mm beyond the foramen. All groups were prepared using nickel-titanium rotary files, the instrumentation was made by enlarging the root canal to at least three times the size of the first file that bound at the working length, and the canals were obturated with AH Plus and gutta-percha. Photomicrographs were taken using a scanning electron microscopy (SEM) before instrumentation, after instrumentation of the apical foramen with each file, and after root canal filling. Moreover, coronal bacterial microleakage with *Enterococcus faecalis* was performed, including positive controls (n=5) and negative controls (n=5). **Results:** The cemental canal was uninstrumented when the instrumentation

was made 1 mm short of the major foramen. The quality of the apical foramen widening at the limit of the apical foramen and 1 mm beyond the foramen showed no statistical differences. However, instrumentation 1 mm beyond the apical foramen promoted more deviations from the original foramen anatomy, but these deviations do not affect the quality of sealing or bacterial infiltration. **Conclusions:** Microscopic analysis showed that both widening groups (G2 and G3) resulted in good quality apical foramen obturation. However, statistical analysis of the bacterial leakage showed no statistically significant differences between all of the groups tested.

Key Words: Endodontic; apical foramen; root canal preparation, apical enlargement.

INTRODUCTION

The purpose of performing a root-canal treatment is to minimize the number of microorganisms and the amount of pathologic debris in root canal systems to prevent or treat apical periodontitis (1). The apical canal may harbor a critical number of microorganisms that could maintain periradicular inflammation (2).

Thorough instrumentation of the apical region has long been considered to be an essential component in the cleaning and shaping process. The apical area of a root canal system is a critical zone for instrumentation (3). A combination of mechanical instrumentation and irrigation decreases the number of microorganisms by 100 to 1000 times (4).

The apical constriction (cementodentinal junction or CEJ) has long been advocated as the terminal end of instrumentation and obturation (5). It is, in theory, the narrowest part of the canal and the location where the pulp ends and the periodontium begins (1).

Accumulation of soft tissue remnants or of dentinal debris in the apical region is a common event that can cause the blockage of a root canal, normally in its apical third. This can be avoided if patency of the apical foramen during the shaping procedure is granted (6). Currently, maintaining apical patency is recommended during endodontic shaping and cleaning procedures (7).

Apical patency is a technique in which the apical portion of the canal is maintained free of debris by recapitulation with a small file through the apical foramen. This technique allows blockages to be prevented (8). The most predictable method is to regularly use a so-called patency file during cleaning and shaping procedures. This file can be defined as a small flexible K-file, which is passively moved through the apical constriction without widening it (9). The files used to obtain patency are often the same files initially used to negotiate canals (6, 10).

The passive cleaning of the cemental canal with flexible files without widening the apical constriction has been recommended for endodontic treatment. However, other studies showed the best results when the cemental canal and the

apical foramen were widened more than the patency instrument. This procedure has become widespread, called apical foramen enlargement, and aims to prevent contaminated dentin chips, pulpal remnants, and microorganisms interfering in the healing process after endodontic treatment (11).

Root canal preparation is one of the most important factors in successful root canal treatment and determines the efficacy of all subsequent procedures (12). However, a suitable apical limit must be established, which accounts for a large part of the success (13). Apical constriction is commonly advocated as the ideal termination for root canal treatment (14).

Some authors advocate that mechanical cleaning of the foramen is unnecessary because they believe that irrigating solutions and intracanal dressings are able to do so (10, 15, 16). Moreover, in cases of vital pulps, the preservation of the vitality of the connective tissue localized in the cemental portion of the root canal can improve the healing process (16). Another reason mentioned by some professionals for not cleaning the foramen is postoperative pain during manipulation of the foramen (17).

One more cause of postoperative pain is the extrusion of material to the periapical tissue, which is another argument against cleaning the foramen (18). However, it has been shown that all techniques cause extrusion of material to the periapex, and it is up to the professional to choose the technique that exudes the smallest degree of material (19). Overall, engine-driven nickel-titanium systems were associated with the least amount of apical extrusion (20).

The purpose of this study was to evaluate the influence of the working length and apical foramen widening on the anatomy of the apical foramen and on the sealing ability after root canal filling with AH Plus and gutta-percha.

MATERIAL AND METHODS

The present research was approved by the Ethics Committee in Research of the School of Dentistry of Piracicaba, State University of Campinas, protocol number 080/2009. Fifty-five intact human molar teeth were used in this study. Preoperative

mesiodistal and buccolingual radiographs were taken from each root to confirm the canal anatomy.

The criteria for tooth selection included: no visible root caries, no fractures, no cracks, no signs of internal or external resorption or calcification and a completely formed apex. Roots with no more than 5° of curvature were considered straight and were included in this study.

The palatal roots of maxillary molars were decoronated to standardize the root length to 11 mm. The samples were randomly divided into three groups (n=15) according to the different working lengths. Group 1, instrumentation 1 mm short of the major apical foramen; group 2, instrumentation in the limit of the apical foramen; and group 3, instrumentation 1 mm beyond the foramen. Electronic tooth length measurements were carried out prior to root canal preparation using the electronic apex locator Root ZXII (J. Morita, São Paulo, Brazil). All groups were prepared using the crown-down technique using k3 rotary files (Sybron Endo, São Paulo, Brazil). The electric motor was calibrated to run at a speed of 300 rpm with a torque of 2 N.cm according to the manufacturer's instructions. Cervical and middle thirds were enlarged with instrument sizes of 25, 0.10 taper and 25, 0.08 taper. Apical rotary instrumentation was performed by enlarging the root canal to at least three times the size of the first manual file that bound at working length, according to the different groups, with a 0.06 taper.

Prior to the use of each new instrument, the canals were filled with 0.5 mL of 2% chlorhexidine as the auxiliary chemical substance. After the use of each instrument, 5.0 mL of saline solution was used as the irrigating solution. Before obturation, a final flush with 10 mL of 17% EDTA was performed.

The canals were obturated with gutta-percha and AH Plus® (Dentsply Ind. e Com., Petropolis, RJ-Brazil). The Touch 'n Heat system (Sybron Endo, São Paulo, Brazil) was used to obturate the root canals. In group 1 (instrumentation 1 mm short of the major apical foramen), a medium non-standardized master gutta-percha point (0.06 taper) was selected and cut at its apical third to the size of the master apical file preparation; in groups 2 and 3 the point was cut two sizes larger

than the size of the master apical file preparation in order to prevent apical extrusion of the gutta-percha. In group 1, the point was fitted at the working length and seated in the root canal. In the apical enlargement groups, the point was fitted 2 mm before the apical foramen, and the gutta-percha point was adapted to the dentinal canal walls. A Touch 'n Heat plugger was selected and pre-fitted to its binding point at 8 mm short of the working length, with aid of a rubber stopper. A Touch 'n Heat device model 5004 was used at a power setting of 7. The pre-heated plugger was inserted at 8 mm from the working length. Firm apical pressure was maintained for nearly 10 seconds, allowing the apical segment of the gutta-percha to cool under this force to compensate for gutta-percha shrinkage; the plugger was then removed.

For microscopic analysis, the specific parameters of 3 kV, and $\times 50$ magnification were used (JSM-5600LV, JEOL, Tokyo, Japan). The specimens were mounted on specific metallic stubs to prevent their movement and to allow the evaluation to be made parallel to the long axis of the foramen (21).

Photomicrographs were taken before instrumentation, after instrumentation of the apical foramen by each file, and after root filling. Consequently, five images were taken of each root. The samples were placed in the same position to record the standardized images of root apex.

We used teeth that had no root alterations that could interfere in the identification of the major foramen of each root (i.e., apical fractures, root resorption, or hypercementosis). The major foramen was defined as the opening with the largest diameter found at the root apex (22).

A grid system was used to evaluate the photomicrographs that consisted of a circle divided into four equal segments, with radii projecting to intersect the canal surface; the center of the circle was located in the center of the root canal (23) (Fig. 1). Each segment was measured according to a scoring system (Table 1).

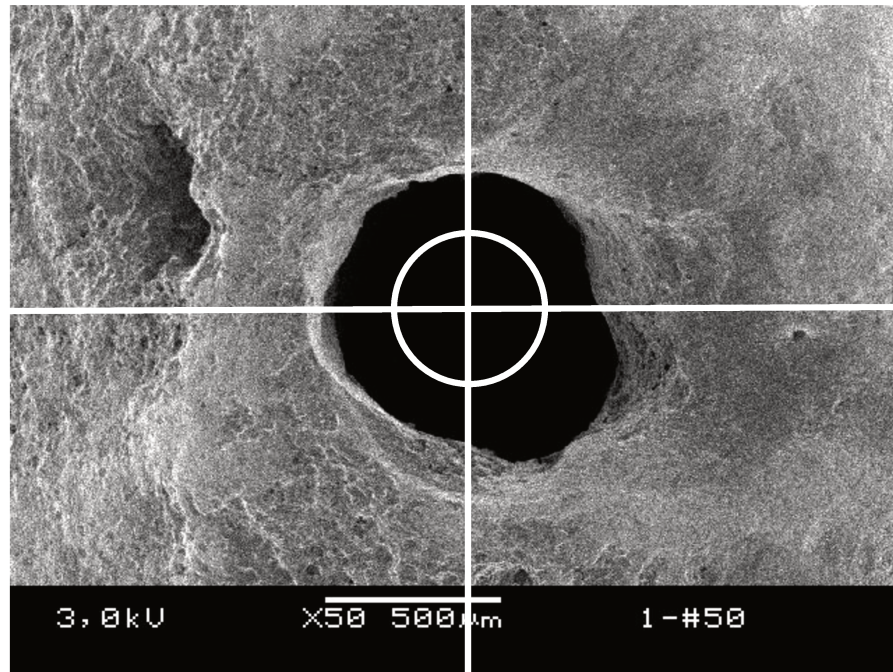


Figure 1. The grid system used for the canal widening assessment.

TABLE 1. Scores of apical enlargement, foramen morphology and apical sealing

Score	Apical foramen enlargement	Morphological analysis of the apical foramen	Quality of apical foramen obturation
0	Apical foramen uninstrumented	Apical foramen with no deviation from the original anatomy	Four quarters of the circumference of the circle filled
1	Enlargement by one quarter of the circumference of the circle	Apical foramen with a deviation by one quarter of the circumference of the circle	One quarter of the circumference of the circle unfilled
2	Enlargement by two quarters of the circumference of the circle	Apical foramen with a deviation by two quarters of the circumference of the circle	Two quarters of the circumference of the circle unfilled
3	Enlargement by three quarters of the circumference of the circle	Apical foramen with a deviation by three quarters of the circumference of the circle	Three quarters of the circumference of the circle unfilled
4	Enlargement by four quarters of the circumference of the circle	—	Four quarters of the circumference of the circle unfilled

A single examiner, who was trained and calibrated for the study, performed the blind evaluations of 225 images. Approximately 10% of the sample was re-evaluated in order to verify intra-examiner reproducibility. The examiner agreement was >0.89 according to the Kappa test.

Then, the specimens were sterilized in a gamma irradiation chamber (Gammacell 220 Excel, GC-220E; MDS Nordion, Ottawa, Canada) for 24 h at 27 °C with a 14.5 KGy dose. Glass flask apparatus was prepared for this experiment, and consisted of two separate chambers; the lower part was filled with Brain Heart Infusion broth (BHI) so that only the root apex was in contact with the broth, whereas the coronal part was immersed in BHI containing *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212) to investigate bacterial microleakage (24, 25). The flasks were then incubated at 37 °C in an atmosphere of 10% CO₂, and microbial growth was checked daily, by the appearance of turbidity in the BHI broth, for 60 days.

The colony-forming units (CFU) were counted and the purity of the cultures was confirmed by Gram staining, catalase production, colony morphology on BHI agar 1 blood, and by the use of a biochemical identification kit (API 20 Strep, BioMérieux; Marcy-l'Etoile, France).

The positive controls (n=5) were filled with gutta-percha only and tested with bacteria, whereas the negative controls (n=5) were sealed with nail varnish and cyanoacrylate to test the seal between the chambers.

The results were analyzed using BioEstat 5.0 software for Mann-Whitney, Friedman, Kruskal-Wallis and Kaplan-Meier tests at a significance level of 5%.

RESULTS

The samples in group 3 showed the best results for cementum removal after apical enlargement with the first and second sized files (file nos. 1 and 2) beyond the first file that bound at working length. The SEM images of these samples showed more scores of 2 (enlargement by two quarters of the circumference of the circle) and 4 (enlargement by four quarters of the circumference of the circle), suggesting that a large amount of cementum was removed after using files nos.1 and 2. However,

after the third file was used there were no differences between groups 2 and 3 (Table 2).

TABLE 2. Percentage of apical enlargement scores after instrumentation

Group	Percentage (%) of enlargement				
	Score 0	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4*
Group 1 (1 mm short foramen)					
After file no. 1	100	0	0	0	0
After file no. 2	100	0	0	0	0
After file no. 3	100	0	0	0	0
Group 2 (in foramen)					
After file no. 1	60	0	26.7	13.3	0
After file no. 2	40	0	26.7	6.6	26.7
After file no. 3	20	0	20	13.3	46.7
Group 3 (1 mm beyond foramen)					
After file no. 1	0	0	66.7	0	33.3
After file no. 2	0	0	53.3	6.7	40
After file no. 3	0	0	46.7	0	53.3

* See Table 1 for an explanation of the scores

Group 3 presented more apical foramen deviation compared to group 2, with more scores of 2 (deviation by two quarters of the circle) and 3 (deviation by three quarters of the circle) (Table 3).

TABLE 3. Percentage of foramen with deviation scores (morphological analysis of the apical foramen)

Group	Percentage (%) of deviation			
	Score 0	Score 1	Score 2	Score 3*
Group 1 (1 mm short foramen)				
After file no. 1	100	0	0	0
After file no. 2	100	0	0	0
After file no. 3	100	0	0	0
Group 2 (in foramen)				
After file no. 1	73.4	13.3	13.3	0
After file no. 2	73.4	13.3	13.3	0
After file no. 3	73.4	13.3	13.3	0
Group 3 (1 mm beyond foramen)				
After file no. 1	40	13.3	40	6.7
After file no. 2	33.3	6.7	53.3	6.7
After file no. 3	33.3	6.7	53.3	6.7

* See Table 1 for an explanation of the scores

The quality of apical foramen obturation was better in groups 2 and 3 compared to group 1. In group 1, only 40% obtained score of 0 (four quarters of the circle were filled). There was no significant difference between groups 2 and 3 (Table 4).

TABLE 4. Percentage of foramen obturation scores

Group	St†	Percentage (%) of obturation				
		Score 0	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4*
Group 1 (1 mm short foramen)	a	40	0	20	6.7	33.3
Group 2 (in foramen)	b	93.3	0	6.7	0	0
Group 3 (1 mm beyond foramen)	b	86.7	13.3	0	0	0

* See Table 1 for an explanation of the scores

†Significance: Different letters indicate statistically significant differences at 5%.

In the bacterial leakage test, all positive controls showed the presence of bacteria within 72 h. No penetration of bacteria was observed in the negative controls during the observation time of 60 days. The Kaplan-Meier probabilities for the experimental groups are shown in Figure 2. No significant differences were observed amongst the experimental groups ($p = 1.028$).

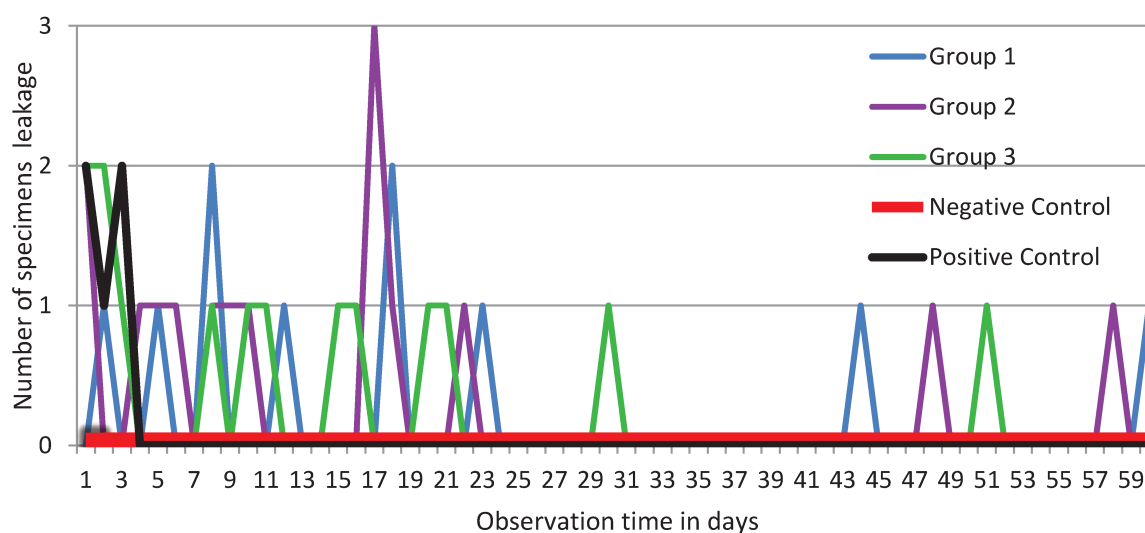


Figure 2. Kaplan-Meier (95% CI) curves of the sealed root canals for the different groups in the bacterial leakage test.

DISCUSSION

The findings of the present study showed that working length, instrumentation in the apical foramen (group 2) and instrumentation 1 mm beyond the foramen (group 3) had no statistically significant differences on apical widening. After the third file was used 46.7% had touched all walls of the cemental canal in group 2, and 53.3% had touched the walls in group 3. Group 1, where the instrumentation was made 1 mm short of the major foramen, served as the control because the files did not touch the canal walls, so there was no widening or deviation in the apical foramen.

Instrumentation 1 mm beyond the apical foramen (group 3) can promote more deviations from the original foramen anatomy. Group 3 had 66.7% apical foramen deviation, but this deviation did not affect the quality of obturation. Many factors have been discussed as being contributors to deviations, such as complex canal anatomy (26, 27), instrument design (28), instrumentation sequence (28), operator experience (29, 30), and the inadequate use of an irrigant (12). In this study, the use of files with a 0.06 taper could have caused apical foramen deviations; it may be that the rotary files with a 0.06 taper can suffer from the high tension in dentinal walls. Numerous studies have shown that nickel-titanium rotary instruments can effectively produce a well-tapered root canal for sufficient for obturation, with a minimal risk of transporting the original canal (31).

Microscopic analysis showed that both widening groups (G2 and G3) resulted in good quality apical foramen obturation. Group 2 showed that 93.3% of the apical foramen was filled, with 86.7% in group 3. However, statistical analysis of bacterial leakage showed no statistically significant differences between all tested groups.

The apical portion of a root canal is often not cleaned as well as the middle and coronal portions after root canal preparation with various instruments and techniques (32-34). Insufficient cleaning of the apical portion might cause periapical inflammation (33). One explanation for this is that the master apical file used is too small to achieve sufficient apical debridement (13). It has been reported that increasing the apical enlargement might enhance the debridement of the

apical portion of a root canal (35-38). In addition larger apical size preparations have also demonstrated greater microbial reduction in the apical third (39-41).

In the present study the palatal roots were enlarged in media with #45 to #50 tip sizes with a 0.06 taper. The mean of the narrow and wide physiological foramen diameters was 0.22 to 0.29 mm in the maxillary palatal root (42). Root canals should be shaped to larger sizes than normally recommended, particularly in infected cases (43). For palatal root canals 0.46-0.58 representing the minimum apical preparation size (43).

However, no technique that completely cleans the apical canal space has been demonstrated (23). The major factors impacting on the selection of the final apical size are the anatomy of the apical constriction, the apical canal diameter, the apical instrumentation, and bacteria (1).

According to some authors, apical widening results in a severe periapical inflammatory reaction that is deleterious to the healing process (44). However, the results of an in vivo histological study involving apical and periapical tissues following root canal therapy showed that apical foramen widening favored the healing outcome of induced chronic periapical lesions in the teeth of dogs (11). Borlina *et al.* (11) also reported a high incidence of microorganisms in the groups in which apical foramen widening was not performed, and acute inflammation was also present. Therefore, performing apical widening of the cemental canal and the apical foramen may enhance the potential for apical healing because it removes a greater amount of contaminated cementum and promotes more favorable conditions for healing (11).

Other advantages of this procedure are that it minimizes the risk of loss of length, (9), eases irrigation in the apical third of the canal (18), and improves the tactile sensing of the clinician during apical shaping (6). Apical enlargement ensures cleanliness and improves the quality of canal filling (14).

One of the alleged reasons for not using apical patency is the possible extrusion of debris through the apical foramen, a condition classically related to postoperative pain. In fact, the patency concept is even controversial to some

practitioners. Some think that the repeated passing of patency files, even small ones, through the apex can by itself cause a periapical acute inflammatory response and severe postoperative pain (6). Other authors have stated that maintaining apical patency would not cause more postoperative problems providing that it is satisfactorily made, and that its benefits exceed the possible injury it might cause (6).

Arias *et al.* (6) did not find any statistically significant differences in the incidence of postoperative pain using controlled overinstrumentation, a much more aggressive technique than just maintaining apical patency. Moreover, Torabinejad *et al.* (45) found that unintentional overextension of the files, which can happen while determining working length, does not affect the incidence of postoperative pain.

The relevance of widening the apical canal was found in studies on overinstrumentation using files 40, 60 and 80 (46, 47). The pulp stump destroyed by instrumentation beyond the apical foramen can be reconstituted by the ingrowing proliferation of connective tissue from the periodontal ligament. Widening the diameter of the apical portion of the root canal creates conditions that allow for connective tissue ingrowth into the unfilled apical canal space during the post-treatment reparative process. In addition to cementum formation, bone formation was found to occur with the ingrowth of alveolar bone into the interior of the apical canal (47, 48).

The apical portion of the root canal system can retain microorganisms that could potentially cause periradicular inflammation and therefore treatment interventions that maximize the removal of pathogens should be indicated in the treatment of infected root canal systems (2). Nair *et al.* (49) even found that apical microflora can play a significant role in endodontic treatment failures in long-term therapy. It is necessary to remove this heavily infected dentin when instrumenting the canal (1).

Different working lengths have been proposed but the most commonly accepted working length is 1 mm short of the apex. According to this concept, the

cemental canal should not be instrumented and thus will not be cleaned (16, 44, 50). Studies on periapical healing associated with teeth presenting periapical lesions showed that the best result was obtained when the cemental canal and the apical foramen were widened more than the patency instrument (11, 48).

The predominance of anaerobic microorganisms in the apical third, including the cemental canal, is a common finding in most studies (51-53). Therefore, some researchers have supported the concept that the cemental canal should be included in root canal instrumentation (6, 11, 39, 48, 54).

Some authors have reported that widening the foramen is unnecessary because irrigating solutions and intracanal dressings are used to clean and to eliminate infection in the apical third (10, 15). However, dentin chips can be inadvertently compacted into the apical portion of the canal during instrumentation to form a dentin plug (55, 56), in which case the effectiveness of chemical agents and intracanal medications is reduced or even neutralized.

In infected teeth, each mm lost in working length decreases the rate of success by 49% (57). Blockage of the apical portion of the canal by dentin mud – not allowing for cleaning and filling of the complex apical anatomy.

Chugal *et al.*, (57) demonstrated a significant relationship between working length level and prognosis. Thus, inaccessible apical constriction might be related to periradicular lesion. The root canal should be thoroughly shaped and cleaned to the apical constriction, and tightly filled at the apex. Akerblom and Hasselgren (58) investigated the prognosis for endodontic treatment of obliterated root canals and reported a low success rate for such roots. Complete disinfection of the root canal might be difficult in cases with inaccessible apical constriction. The success rate of root canal treatment in cases with inaccessible apical constriction is lower than that in cases with sufficient accessibility (59).

In order to facilitate the irrigation process during root canal preparation and to simplify filling, adequate shaping of the root canal is considered to be a key requirement for successful root canal treatment (31).

Future randomized controlled trials should be conducted in order to evaluate the effectiveness of foramen widening on the successful outcome of root canal treatment, recognizing the treatment factors that will increase the predictability of endodontic therapy.

CONCLUSIONS

Under the conditions of this study, it can be concluded that in the instrumentation 1 mm short of the major foramen, the cemental canal was preserved and the apical foramen was not sealed. Microscopic analysis showed a better quality of apical sealing for the groups in which apical foramen enlargement was performed, indicating that this was an efficient method. The bacterial leakage tests using *Enterococcus faecalis* revealed no differences among the experimental groups. Apical foramen widening was more favorable for sealing of the cementum canal.

REFERENCES

1. Baugh D, Wallace J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. *J Endod.* 2005; 31 (5): 333-40.
2. Sjögren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod.* 1990; 16(10):498-504.
3. Spangberg L. The wonderful world of rotary root canal preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001; 92(5):479.
4. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res.* 1981;89(4):321-8.
5. Simon JH. The apex: how critical is it? *Gen Dent.* 1994; 42(4):330-4.
6. Arias A, Azabal M, Hidalgo JJ, de la Macorra JC. Relationship between postendodontic pain, tooth diagnostic factors, and apical patency. *J Endod.* 2009; 35(2):189-92.
7. Monsef M, Hamedzadeh K, Soluti A. Effect of apical patency on the apical seal of obturated canals. *J Endod.* 1998; 24:284.
8. Goldberg F, Massone EJ. Patency file and apical transportation: an in vitro study. *J Endod.* 2002; 28(7):510-1.
9. Buchanan LS. Management of the curved root canal. *J Calif Dent Assoc.* 1989;17(4):18-25, 27
10. Izu KH, Thomas SJ, Zhang P, Izu AE, Michalek S. Effectiveness of sodium hypochlorite in preventing inoculation of periapical tissues with contaminated patency files. *J Endod.* 2004; 30(2):92-4.
11. Borlina SC, de Souza V, Holland R, Murata SS, Gomes-Filho JE, Dezan Junior E, Marion JJ, Neto Ddos A. Influence of apical foramen widening and sealer on the healing of chronic periapical lesions induced in dogs' teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 109(6):932-40.
12. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004;30(8):559-67.

13. Wu M-K, Roris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval shape of canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000;89:739-43.
14. Adorno CG, Yoshioka T, Suda H. The effect of working length and root canal preparation technique on crack development in the apical root canal wall. *Int Endod J.* 2010;43(4):321-7.
15. Tinaz AC, Alacam T, Uzun O, Maden M, Kayaoglu G. The effect of disruption of apical constriction on periapical extrusion. *J Endod.* 2005;31:533-5.
16. Holland R, Sant'Anna Júnior A, Souza V, Dezan Junior E, Otoboni Filho JA, Bernabé PF, Nery MJ, Murata SS. Influence of apical patency and filling material on healing process of dogs' teeth with vital pulp after root canal therapy. *Braz Dent J.* 2005; 16(1):9-16.
17. Siqueira JF Jr, Rôças IN, Favieri A, Machado AG, Gahyva SM, Oliveira JC, Abad EC. Incidence of postoperative pain after intracanal procedures based on an antimicrobial strategy. *J Endod.* 2002; 28(6):457-60.
18. Flanders DH. Endodontic patency. How to get it. How to keep it. Why it is so important. *N Y State Dent J.* 2002; 68(3):30-2.
19. Vansan LP, Pécora JD, da Costa WF, Silva RG, Savioli RN. Comparative in vitro study of apically extruded material after four different root canal Instrumentation techniques. *Braz Dent J.* 1997; 8(2):79-83.
20. Ferraz CC, Gomes NV, Gomes BP, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Apical extrusion of debris and irrigants using two hand and three engine-driven instrumentation techniques. *Int Endod J.* 2001; 34(5):354-8.
21. Aragão EM. Avaliação da forma do forame apical apos sua patência e ampliação com instrumentos endodônticos [thesis]. Piracicaba: UNICAMP / FOP; 2010.
22. Martos J, Lubian C, Silveira LF, Suita de Castro LA, Ferrer Luque CM. Morphologic analysis of the root apex in human teeth. *J Endod.* 2010;36(4):664-7.

23. Tan BT, Messer HH. The effect of instrument type and preflaring on apical file size determination. *Int Endod J.* 2002; 35(9):752-8.
24. Gomes BP, Sato E, Ferraz CC, Teixeira FB, Zaia AA, Souza-Filho FJ. Evaluation of time required for recontamination of coronally sealed canals medicated with calcium hydroxide and chlorhexidine. *Int Endod J.* 2003; 36(9):604-9.
25. Jacobovitz M, Vianna ME, Pandolfelli VC, Oliveira IR, Rossetto HL, Gomes BP. Root canal filling with cements based on mineral aggregates: an in vitro analysis of bacterial microleakage. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108(1):140-4.
26. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL Jr., Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 1997;23:77–85.
27. Haikel Y, Serfaty R, Bateman G, et al. Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 1999; 25:434–40.
28. Iqbal MK, Maggiore F, Suh B, et al. Comparison of apical transportation in four NiTi rotary instrumentation techniques. *J Endod.* 2003;29:587–91.
29. Mandel E, Adib-Yazdi M, Benhamou LM, et al. Rotary Ni-Ti profile systems for preparing curved canals in resin blocks: influence of operator on instrument breakage. *Int Endod J.* 1999; 32: 436–43.
30. Yared GM, Bou Dagher FE, Machtou P. Influence of rotational speed, torque and operator's proficiency on ProFile failures. *Int Endod J.* 2001;34:47–53.
31. Schäfer E, Schlingemann R. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J.* 2003 Mar;36(3):208-17.
32. Wu M-K, Wesselink PR. Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;79: 492–6.

33. Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005; 99(2):231-52.
34. Fornari VJ, Silva-Sousa YT, Vanni JR, Pécora JD, Versiani MA, Sousa-Neto MD. Histological evaluation of the effectiveness of increased apical enlargement for cleaning the apical third of curved canals. *Int Endod J.* 2010;43(11):988-94.
35. Parris J, Wilcox L, Walton R. Effectiveness of apical clearing: histological and radiographical evaluation. *J Endod.* 1994;20:219–24.
36. Shuping G, Ørstavik D, Sigurdsson A, Trope M. Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. *J Endod.* 2000; 26:751–5.
37. Lee S-J, Wu M-K, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentin debris from different sized simulated plastic root canals. *Int Endod J.* 2004;37:607–12.
38. Van der Sluis LWM, Wu M-K, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentin debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. *Int Endod J.* 2005;38:764–8.
39. Card SJ, Sigurdsson A, Orstavik D, Trope M. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J Endod.* 2002; 28(11):779-83.
40. Usman N, Baumgartner JC, Marshall JG. Influence of instrument size on root canal debridement. *J Endod.* 2004;30:110–2.
41. McGurkin-Smith R, Trope M, Caplan D, Sigurdsson A. Reduction of intracanal bacteria using GT rotary instrumentation, 5.25% NaOCl, EDTA, and Ca(OH)₂. *J Endod.* 2005;31:359–63.
42. Marroquín BB, El-Sayed MA, Willershausen-Zönnchen B. Morphology of the physiological foramen: I. Maxillary and mandibular molars. *J Endod.* 2004; 30(5):321-8.

43. Weiger R, Bartha T, Kalwitzki M, Löst C. A clinical method to determine the optimal apical preparation size. Part I. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2006; 102(5):686-91.
44. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. Int Endod J. 1998; 31(6):394-409.
45. Torabinejad M, Kettering JD, McGraw JC, Cummings RR, Dwyer TG, Tobias TS. Factors associated with endodontic interappointment emergencies of teeth with necrotic pulps. J Endod. 1988; 14(5):261-6.
46. Davis MS, Joseph SW, Bucher JF. Periapical and intracranial healing following incomplete root canal fillings in dogs. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1971; 31(5):662-75.
47. Benatti O, Valdrighi L, Biral RR, Pupo J. A histological study of the effect of diameter enlargement of the apical portion of the root canal. J Endod. 1985; 11(10):428-34.
48. Souza Filho FJ, Benatti O, de Almeida OP. Influence of the enlargement of the apical foramen in periapical repair of contaminated teeth of dog. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1987; 64(4):480-4.
49. Nair PN, Sjögren U, Krey G, Kahnberg KE, Sundqvist G. Intraradicular bacteria and fungi in root-filled, asymptomatic human teeth with therapy-resistant periapical lesions: a long-term light and electron microscopic follow-up study. J Endod. 1990 Dec;16(12):580-8.
50. Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. Int Endod J. 1998; 31(6):384-93.
51. Baumgartner JC, Falkler WA Jr. Bacteria in the apical 5 mm of infected root canals. J Endod. 1991; 17(8):380-3.
52. Wayman BE, Murata SM, Almeida RJ, Fowler CB. A bacteriological and histological evaluation of 58 periapical lesions. J Endod. 1992; 18(4):152-5.
53. Gomes BP, Pinheiro ET, Jacinto RC, Zaia AA, Ferraz CC, Souza-Filho FJ. Microbial analysis of canals of root-filled teeth with periapical lesions using polymerase chain reaction. J Endod. 2008; 34(5):537-40.

54. Mickel AK, Chogle S, Liddle J, Huffaker K, Jones JJ. The role of apical size determination and enlargement in the reduction of intracanal bacteria. *J Endod.* 2007; 33(1):21-3.
55. Beeson TJ, Hartwell GR, Thornton JD, Gunsolley JC. Comparison of debris extruded apically in straight canals: conventional filing versus profile .04 Taper series 29. *J Endod.* 1998; 24 (1): 18-22.
56. Mounce R. What is apical patency and does it matter? *Compend Contin Educ Dent.* 2005;26:62-6.
57. Chugal NM, Clive JM, Spångberg LS. Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96(1):81-90.
58. Akerblom A, Hasselgren G. The prognosis for endodontic treatment of obliterated root canals. *J Endod.* 1988;14(11):565-7.
59. Negishi J, Kawanami M, Ogami E. Risk analysis of failure of root canal treatment for teeth with inaccessible apical constriction. *J Dent.* 2005;33:399-404.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os resultados deste estudo mostram o canal cementário preservado, quando a instrumentação é realizada 1mm aquém do forame apical, com realização da patência passiva (sem ampliação do forame). No que se refere à qualidade (aspectos) da ampliação foraminal, ou seja, paredes tocadas, ou instrumentadas, não houve diferença estatística entre a ampliação realizada no limite do forame e a ampliação efetuada 1mm além do forame. Quando esta ampliação foi conduzida além do forame apical, maiores foram às ocorrências de desvio do formato original do forame. No entanto a análise em microscópio eletrônico de varredura mostrou uma melhor qualidade de obturação, ou seja, melhor adaptação entre material obturador e forame apical, para os grupos em que o alargamento foraminal foi realizado. Porém o modelo experimental de infiltração bacteriana utilizando *Enterococcus faecalis* não revelou diferenças entre os grupos experimentais.

Os desvios foraminais encontrados nos grupos em que a ampliação foi realizada podem ser decorrentes do uso de instrumentos rotatórios com taper 0.06, que permite menor flexibilidade ao instrumento quando comparados a instrumentos com taper 0.02. Sugerimos que novos ensaios laboratoriais sejam realizados a fim de investigar essa limitação.

Ainda em relação aos desvios, possivelmente o grupo sem ampliação, em que foi realizado apenas a patência passiva, pode ter apresentado desvio, porém esse desvio pode estar localizado no canal dentinário. Esse fator não foi alvo de avaliação neste trabalho, por isso indicamos a investigação desse provável desvio do canal dentinário que possivelmente irá acarretar em menor limpeza na parede dentinária oposta à região de desvio.

Novos paradigmas relacionados à técnica de instrumentação e tipo de instrumento utilizado devem ser propostos a fim de modelar o canal radicular respeitando a anatomia e suas possíveis variações. A anatomia endodôntica deve ditar os parâmetros sob os quais o tratamento deverá ser realizado, com objetivo

de aumentar a previsibilidade da terapia endodôntica o que pode afetar de forma significativa as possibilidades de sucesso. Baseado nisto, uma nova geração de instrumentos de níquel-titânio vem sendo proposta, com objetivo de melhor se adaptar às paredes do canal radicular, evitando desvios (Larsen *et al.*, 2009; Hilfer *et al.*, 2011).

A hipótese de que o material obturador possa apresentar uma melhor adaptação nos forames modelados ou ampliados foi confirmada pela análise microscópica qualitativa, muito embora a infiltração bacteriana não tenha demonstrado diferenças entre os grupos. Sabemos, porém, da fragilidade dos métodos *in vitro* que avaliam a qualidade do selamento (Wu & Wesselink, 1993). Contudo novos estudos apontam a metodologia de infiltração de glicose como um promissor método de avaliação (Xu *et al.*, 2005). Talvez, pesquisas que correlacionem estudos de infiltração *in vitro* com ensaios clínicos randomizados possam elucidar melhor a problemática em questão.

O termo Patência é definido pela Associação Americana de Endodontia como uma técnica em que a porção apical é mantida livre de detritos por meio da recapitulação com um instrumento de pequeno calibre através do forame apical. A patência apical permite que o canal fique previsivelmente transponível, em outras palavras, patente. Buchanan define patência como a utilização passiva de limas através da constrição apical de 0,5-1 mm além do diâmetro menor, sem ampliá-lo.

A literatura endodôntica usualmente relata o conceito de patência apical, e inúmeros clínicos e pesquisadores aprovam essa técnica. Porém o termo “patência foraminal” vem sendo confundido com “ampliação foraminal”, e é imprescindível uma distinção entre eles. A patência apical previne a obstrução do forame apical que pode acontecer em decorrência da formação de debris dentinários durante a instrumentação. Esse procedimento possibilita melhor limpeza da região apical, favorecendo a irrigação e a obturação endodôntica.

Entretanto, durante a realização da patência foraminal, o instrumento endodôntico não toca todas as paredes do canal cementário. Contudo, foi introduzido o conceito de ampliação foraminal, em que se utilizam limas que

melhor se adaptem às paredes do canal cementário com objetivo de promover limpeza mecânica dessa região.

A ampliação foraminal apresenta inúmeras vantagens: 1) possibilita um melhor conhecimento da anatomia apical; 2) facilita o uso dos localizadores foraminais, pois para uma determinação mais precisa do forame apical é necessário que a lima ultrapasse a constrição apical; 3) desobstrui a região apical por meio da remoção de remanescentes pulpare e raspas de dentina produzidas durante a instrumentação; 4) melhora a ação das substâncias químicas no terço apical, possibilitando um contato dos irrigantes endodônticos com canais acessórios, delta apicais, canais laterais, dentre outras variações anatômicas da região apical; 5) evita a compactação dentinária na região apical, diminuindo os riscos de perda do comprimento de trabalho, transporte do canal dentinário, perfuração apical, zips; 6) desorganiza mecanicamente o biofilme apical; 7) facilita a manobra de drenagem via canal aliviando a pressão apical, modificando o ambiente local, criando um ambiente mais favorável para o processo de reparo; 8) permite a obturação do forame apical (Nair 1987; Tsurumachi & Saito 1995; Molven *et al.*, 1991).

Portanto a ampliação foraminal vem sendo uma tendência na prática endodôntica, uma vez que a insuficiente limpeza da região apical pode acarretar insucesso do desbridamento apical em uma região repleta de microrganismos.

Importante ressaltar uma opção de tratamento que vem sendo alvo de discussão, a revascularização. Esta consiste na desinfecção do sistema de canal radicular, incluindo a ampliação do canal cementário, proporcionando desta maneira uma matriz de coágulo sanguíneo e uma consequente invaginação de tecido semelhante ao do ligamento periodontal para o canal radicular (Tziafas & Kodonas 2010; Wang *et al.*, 2010).

O limite apical de instrumentação e de obturação ainda são tópicos de muita discussão, porém, como qualquer disciplina clínica, a endodontia não é uma ciência exata, as opiniões podem diferir, desde que respaldadas por evidências científicas.

A atual indisponibilidade de evidências de alto nível com base em resultados clinicamente relevantes referentes ao controverso tópico endodôntico que paira sobre comprimento de trabalho e ampliação foraminal, conduzem a ciência a investigar futuros ensaios clínicos randomizados controlados, focados em avaliar a eficácia das combinações destas intervenções com ênfase não só clinicamente, mas também centrada nos benefícios para o paciente.

De acordo com a literatura, levando em consideração os benefícios que a ampliação foraminal apresenta, e baseado nos resultados deste estudo, sugerimos que a ampliação foraminal favoreça obturação do canal cementário, uma vez que a análise em microscópio eletrônico de varredura indicou melhor adaptação entre material obturador e forame apical. Por outro lado, no grupo em que foi realizado apenas a patência passiva (1 mm aquém do forame apical), o forame apical não apresentou material obturador selando a região foraminal. Entretanto, de acordo com a metodologia empregada, não podemos preconizar se a ampliação deve ser realizada no limite foraminal ou 1 mm além desse limite, uma vez que não tivemos diferenças estatísticas quanto às avaliações feitas nestes dois grupos.

4 CONCLUSÃO:

- 1 A análise em microscópio eletrônico de varredura revelou melhor adaptação na interface material obturador e forame apical, quando a ampliação foraminal foi realizada.
- 2 A hipótese de que o material obturador apresenta uma melhor adaptação nos forames ampliados foi confirmada, embora a infiltração bacteriana não tenha demonstrado diferenças entre os grupos.
- 3 O alargamento foraminal pode proporcionar a formação de desvios da anatomia apical, porém esses desvios não interferem na qualidade de selamento apical ou infiltração bacteriana, indicando ser um método seguro.
- 4 Com relação à quantidade de paredes instrumentadas, não houve diferença entre a instrumentação realizada no forame ou 1mm além.

5. REFERÊNCIAS*

1. Arias A, Azabal M, Hidalgo JJ, de la Macorra JC. Relationship between postendodontic pain, tooth diagnostic factors, and apical patency. *J Endod.* 2009; 35(2):189-92.
2. Baugh D, Wallace J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. *J Endod.* 2005; 31 (5): 333-40.
3. Baumgartner JC, Falkler WA Jr. Bacteria in the apical 5 mm of infected root canals. *J Endod.* 1991; 17(8):380-3.
4. Beeson TJ, Hartwell GR, Thornton JD, Gunsolley JC. Comparison of debris extruded apically in straight canals: conventional filing versus profile .04 Taper series 29. *J Endod.* 1998; 24 (1): 18-22.
5. Benatti O, Valdrighi L, Biral RR, Pupo J. A histological study of the effect of diameter enlargement of the apical portion of the root canal. *J Endod.* 1985; 11(10):428-34.
6. Borlina SC, de Souza V, Holland R, Murata SS, Gomes-Filho JE, Dezan Junior E, Marion JJ, Neto Ddos A. Influence of apical foramen widening and sealer on the healing of chronic periapical lesions induced in dogs' teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 109(6):932-40.
7. Buchanan LS. Management of the curved root canal. *J Calif Dent Assoc.* 1989;17(4):18-25, 27
8. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res.* 1981; 89(4):321-8.
9. Card SJ, Sigurdsson A, Orstavik D, Trope M. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J Endod.* 2002; 28(11):779-83.
10. Cohen S, Burns RC. *Pathways of the pulp.* 6th ed. St. Louis: Mosby; 1994.

11. Coldero LG, McHugh S, MacKenzie D, Saunders WP. Reduction in intracanal bacteria during root canal preparation with and without apical enlargement. *Int Endod J.* 2002; 35(5):437-46.
12. Contreras MA, Zinman EH, Kaplan SK. Comparison of the first file that fits at the apex, before and after early flaring. *J Endod.* 2001; 27(2):113-6.
13. Davis MS, Joseph SW, Bucher JF. Periapical and intracranial healing following incomplete root canal fillings in dogs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971; 31(5):662-75.
14. Ferraz CC, Gomes NV, Gomes BP, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Apical extrusion of debris and irrigants using two hand and three engine-driven instrumentation techniques. *Int Endod J.* 2001; 34(5):354-8.
15. Flanders DH. Endodontic patency. How to get it. How to keep it. Why it is so important. *N Y State Dent J.* 2002; 68(3):30-2.
16. Goldberg F, Massone EJ. Patency file and apical transportation: an in vitro study. *J Endod.* 2002; 28(7):510-1.
17. Gomes BP, Pinheiro ET, Jacinto RC, Zaia AA, Ferraz CC, Souza-Filho FJ. Microbial analysis of canals of root-filled teeth with periapical lesions using polymerase chain reaction. *J Endod.* 2008; 34(5):537-40.
18. Gomes BP, Pinheiro ET, Sousa EL, Jacinto RC, Zaia AA, Ferraz CC, de Souza-Filho FJ. *Enterococcus faecalis* in dental root canals detected by culture and by polymerase chain reaction analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006; 102(2):247-53.
19. Gurgel-Filho ED, Castelo-Branco YN, Maniglia-Ferreira C, Souza-Filho FJ, Coutinho-Filho T. In vivo evaluation of post-operative pain in vital pulps after the foramen enlargement. *RFO UPF.* 2010; 15(2): 145-49.
20. Hilfer PB, Bergeron BE, Mayerchak MJ, Roberts HW, Jeanson BG. Multiple autoclave cycle effects on cyclic fatigue of nickel-titanium rotary files produced by new manufacturing methods. *J Endod.* 2011; 37(1):72-4.

21. Holland R, Sant'Anna Júnior A, Souza V, Dezan Junior E, Otoboni Filho JA, Bernabé PF, Nery MJ, Murata SS. Influence of apical patency and filling material on healing process of dogs' teeth with vital pulp after root canal therapy. *Braz Dent J.* 2005; 16(1):9-16.
22. Izu KH, Thomas SJ, Zhang P, Izu AE, Michalek S. Effectiveness of sodium hypochlorite in preventing inoculation of periapical tissues with contaminated patency files. *J Endod.* 2004; 30(2):92-4.
23. Larsen CM, Watanabe I, Glickman GN, He J. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotary instruments. *J Endod.* 2009; 35(3):401-3.
24. Mickel AK, Chogle S, Liddle J, Huffaker K, Jones JJ. The role of apical size determination and enlargement in the reduction of intracanal bacteria. *J Endod.* 2007; 33(1):21-3.
25. Molven O, Olsen I, Kerekes K. Scanning electron microscopy of bacteria in the apical part of root canals in permanent teeth with periapical lesions. *Endod Dent Traumatol.* 1991; 7(5):226-9.
26. Monsef M, Hamedzadeh K, Soluti A. Effect of apical patency on the apical seal of obturated canals. *J Endod.* 1998; 24:284.
27. Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005; 99(2):231-52.
28. Nair PNR. Light and electron microscopic studies on root canal flora and periapical lesions. *J Endod.* 1987; 13(1):29-39.
29. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J.* 1998; 31(6):394-409.
30. Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *Int Endod J.* 1998; 31(6):384-93.
31. Silva JM, Almeida JFA, Ferraz CCR, Gomes BPFA, Souza-Filho FJ, Zaia AA. Avaliação de tratamentos endodônticos realizados na clínica de graduação da

- FOP-UNICAMP utilizando clorexidina e alargamento foraminal. *Braz Oral Res.* 2010; 24(1):321-57.
32. Simon JH. The apex: how critical is it? *Gen Dent.* 1994; 42(4):330-4.
 33. Siqueira JF Jr, Rôças IN, Favieri A, Machado AG, Gahyva SM, Oliveira JC, Abad EC. Incidence of postoperative pain after intracanal procedures based on an antimicrobial strategy. *J Endod.* 2002; 28(6):457-60.
 34. Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod.* 1990; 16(10):498-504.
 35. Souza Filho FJ, Benatti O, de Almeida OP. Influence of the enlargement of the apical foramen in periapical repair of contaminated teeth of dog. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1987; 64(4):480-4.
 36. Souza RA. The importance of apical patency and cleaning of the apical foramen on root canal preparation. *Braz Dent J.* 2006; 17(1):6-9.
 37. Spangberg L. The wonderful world of rotary root canal preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001; 92(5):479.
 38. Tan BT, Messer HH. The effect of instrument type and preflaring on apical file size determination. *Int Endod J.* 2002; 35(9):752-8.
 39. Tsurumachi T, Saito T. Treatment of large periapical lesions by inserting a drainage tube into the root canal. *Endod Dent Traumatol.* 1995; 11(1):41-6.
 40. Tziafas D, Kodonas K. Differentiation potential of dental papilla, dental pulp, and apical papilla progenitor cells. *J Endod.* 2010; 36(5):781-9.
 41. Vansan LP, Pécora JD, da Costa WF, Silva RG, Savioli RN. Comparative in vitro study of apically extruded material after four different root canal Instrumentation techniques. *Braz Dent J.* 1997; 8(2):79-83.
 42. Velasco, JO. Avaliação da qualidade do selamento apical de obturações endodônticas em dentes preparados com alargamento intencional do forame [dissertação]. Piracicaba: UNICAMP / FOP; 2000.

43. Wang X, Thibodeau B, Trope M, Lin LM, Huang GT. Histologic characterization of regenerated tissues in canal space after the revitalization/revascularization procedure of immature dog teeth with apical periodontitis. *J Endod.* 2010; 36(1):56-63.
44. Wayman BE, Murata SM, Almeida RJ, Fowler CB. A bacteriological and histological evaluation of 58 periapical lesions. *J Endod.* 1992; 18(4):152-5.
45. Weiger R, Bartha T, Kalwitzki M, Löst C. A clinical method to determine the optimal apical preparation size. Part I. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006; 102(5):686-91.
46. Wu MK, Barkis D, Roris A, Wesselink PR. Does the first file to bind correspond to the diameter of the canal in the apical region? *Int Endod J.* 2002;35(3):264-7.
47. Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Int Endod J.* 1993; 26(1):37-43.
48. Xu Q, Fan MW, Fan B, Cheung GS, Hu HL. A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005; 99(1):107-11.

1 DETALHAMENTO DA METODOLOGIA

LOCAL DA PESQUISA, CARACTERÍSTICAS GERAIS DA AMOSTRA E FONTE DE OBTENÇÃO DA AMOSTRA

Para este experimento, foram utilizados 55 molares humanos extraídos previamente à execução da pesquisa, por motivos desconhecidos, armazenados em frasco único, sem identificação dos indivíduos dos quais os dentes foram extraídos. Obtidos do estoque de dentes do Laboratório de Endodontia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Pará.

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, para posterior desenvolvimento na referida instituição no departamento de Odontologia Restauradora, no laboratório de endodontia (protocolo 080/2009).

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO DAS AMOSTRAS

Para o estudo, foram selecionados dentes humanos, sendo utilizadas as raízes palatinas de molares superiores. Tomadas radiográficas digitais (Spectro 70X Seletronic – IDA Imagem Digital Avançada®, Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brasil) méso-distais e vestibulo-linguais foram realizadas a fim de avaliar a anatomia radicular. Como critérios de inclusão das amostras, as raízes selecionadas apresentaram: canal principal único, sem cárie radicular visível, sem fraturas ou fendas examinadas através de lupa com aumento de quatro vezes,

sem sinais de reabsorção ou calcificação interna ou externa, e com completa formação apical. Raízes com grau de curvatura menor que 5°, foram consideradas retas e incluídas na pesquisa.

PREPARO DAS AMOSTRAS

Todas as amostras foram seccionadas coronalmente através do uso de um disco flexíveis diamantados de 22mm de diâmetro e 0,10mm de espessura (KG Sorensen-Brasil), em baixa rotação, estabelecendo um comprimento radicular de 11mm.

DIVISÃO DOS GRUPOS

As amostras foram divididas, aleatoriamente, visando à homogeneidade, obedecendo ao critério de achatamento e espessura radicular. A instrumentação dos canais foi feita por um único operador, dividida em três grupos de acordo com o comprimento de trabalho pré-estabelecido:

- **Grupo 1:** antes da manobra de instrumentação foi realizado patência foraminal com lima tipo kerr #10, e o comprimento de trabalho durante a instrumentação rotatória foi estabelecido a 1 mm aquém do forame apical.
- **Grupo 2:** o comprimento de trabalho durante a instrumentação rotatória foi estabelecido no forame apical.
- **Grupo 3:** o comprimento de trabalho durante a instrumentação rotatória foi estabelecido a 1 mm além do forame apical.

MÉTODO DE INSTRUMENTAÇÃO

O comprimento de trabalho foi estabelecido antes da instrumentação do canal radicular com localizador eletrônico foraminal Root ZXII (J. Morita, São Paulo, Brasil). Para realização da instrumentação rotatória foi utilizado motor elétrico X-Smart® (Dentsply Ind. e Com. Ltda., Petrópolis, RJ-Brasil) ajustado a uma velocidade de 300 rpm constante no sentido horário, e torque ajustado em 2N. Todos os grupos foram instrumentados com a técnica crown-down com limas rotatórias K3 (Sybron Endo, Orange, EUA). O terço cervical e médio foram alargados com instrumentos de calibre 25, conicidade 0,10, 25, conicidade 0,08. A instrumentação apical foi realizada através da ampliação do canal radicular com três limas de calibre subsequente à primeira lima que apresentou justeza no terço apical.

Para execução da técnica mecânica-rotatória, o instrumento foi introduzido no canal radicular e levado às paredes com movimentos de pressão lateral. Cada instrumento foi utilizado 3 vezes, sendo depois descartado.

Como substância auxiliar da instrumentação, em todos os grupos, foi utilizado 0,5ml de gel de Clorexidina a 2% (Endogel®, Essencial Pharma, Itapetininga, SP, Brasil) intercalada ao uso de 5 ml de soro fisiológico a cada troca instrumento. A irrigação final foi feita com 5 ml de soro fisiológico, 10 ml de EDTA a 17% (Fórmula & Ação, Farmácia de Manipulação Ltda. SP-Brasil), que permaneceu no canal por 3min, seguidos de mais 5 ml de soro fisiológico. As substâncias foram aplicadas através de seringas plásticas com cânulas de irrigação inseridas passivamente no canal, até atingir 3 mm do forame apical sem

travar. A irrigação foi realizada com cânulas Endo-Rez 30G (Ultradent Ind. e Com. Ltda., Petrópolis, RJ-Brasil).

FASE DE OBTURAÇÃO

Um cone de guta-percha correspondente ao último instrumento utilizado teve sua ponta calibrada através de uma régua calibradora (Dentsply Ind. e Com. Ltda., Petrópolis, RJ-Brasil), e levado ao canal radicular contendo clorexidina gel 2%, com movimentos de vai e vêm até obter o travamento, a fim de modelá-lo no terço apical. Os canais foram secos com cones de papel absorvente (Dentsply Ind. e Com. Ltda., Petrópolis, RJ-Brasil), e obturados com cimento endodôntico AH Plus (Dentsply Ind. e Com. Ltda., Petrópolis, RJ-Brasil). Para isto, os diferentes grupos foram obturados de acordo com o comprimento de trabalho previamente estabelecido:

- **Grupo 1:** cone calibrado de acordo com a lima final, de forma a ajustar no batente apical a 1mm do ápice (Figura 1A).
- **Grupos 2 e 3:** devido à ausência do batente apical nestes grupos, a adaptação dos cones ocorreu nas paredes do canal. O cone foi calibrado dois números acima do diâmetro da lima final, a fim de promover uma adaptação do cone a aproximadamente 2 mm do forame apical. Deste modo durante a compressão vertical, o cone, por apresentar elasticidade, foi comprimido junto às paredes do canal aproximando-se cerca de 0,5 a 1mm do ápice (Figura 1B).

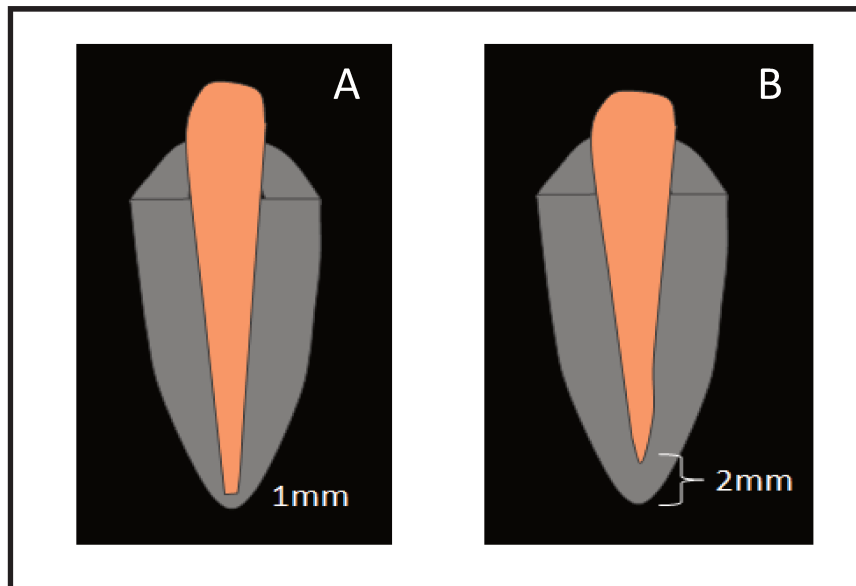


Figura 1 – Imagem A: esquema da obturação em dentes com cone ajustado no batente apical. Imagem B: esquema de dentes sem batente apical com o cone adaptado a 2 mm aquém do forame.

A condensação foi realizada com o aparelho Touch'n Heat (Sybron Endo, São Paulo, Brasil) ajustado à temperatura de 200°C e potência igual a 10, nas seguintes etapas:

- **1ª Etapa:** corte do cone na altura da raiz e condensação vertical (Figura 2C).
- **2ª Etapa:** corte de 3 mm no interior do canal e nova condensação vertical até que se atingisse um comprimento de 8mm aquém do forame, neste momento o aparelho foi desativado, mantendo uma compressão vertical por 10 segundos (Figura 2D).

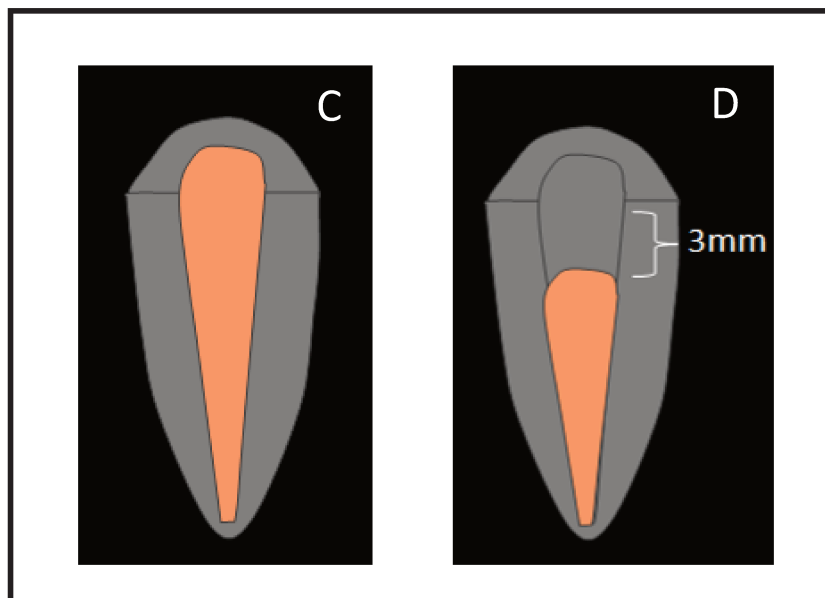


Figura 2 – Imagem C: desenho esquemático demonstrando o primeiro corte do cone de guta-percha na altura da raiz. Imagem D: esquema do segundo corte realizado 3mm no interior do canal.

Importante ressaltar que a manobra de obturação foi realizada de maneira alternada, sendo feita a obturação do grupo 1 intercalada ao grupo 2 e grupo 3, possibilitando um intervalo de tempo decorrido pós obturação igual para todas as amostras. Durante a manobra de obturação, os dentes foram envoltos por rolinho de algodão umedecidos em água para manter as superfícies hidratadas.

Tomadas radiográficas digitais (Spectro 70X Seletronic – IDA Imagem Digital Avançada®, Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brasil) foram realizadas para confirmar a qualidade de obturação. Cada dente foi novamente envolto por rolinho de algodão umedecido e acondicionado em invólucro plástico transparente identificado de acordo com o grupo e mantidos nesse ambiente por 24hs a 37° Celsius para presa total do cimento obturador.

AVALIAÇÃO DAS IMAGENS

Para a análise microscópica, os parâmetros específicos, de 3 kV e ampliação de 50x foram utilizados (JSM-5600LV, JEOL, Tóquio, Japão). Os espécimes foram montados em stubs metálicos específicos para impedir a sua movimentação e permitir uma avaliação feita paralela ao longo eixo do forame, de acordo com metodologia descrita anteriormente por Aragão em 2010.

Utilizamos uma plataforma de inclusão de alumínio confeccionada por Aragão (2010), com vinte células idênticas com 8mm de diâmetro, 9mm de profundidade (Figura 3).

As porções coronárias das raízes foram posicionadas nas células de inclusão, a fim de que os forames apicais ficassem voltados para cima. Após o posicionamento das raízes, as células de inclusão foram preenchidas com resina epóxica criando uma cinta de resina (Figura 4).

Antes de levar ao MEV, os dentes foram secados com jato de ar e colocados por 60 minutos em estufa a 36°C. Essa secagem foi suficiente para a análise dos forames apicais no MEV com 3kv, dispensando a metalização dos espécimes. A cinta de resina permitiu que os espécimes encaixassem precisamente no porta-espécimes (Figura 5), desenvolvido por Aragão (2010), para posteriormente serem levados à plataforma do MEV, com os forames sempre na mesma orientação, de maneira a serem avaliados e fotografados em posição idêntica, estando os forames apicais voltados para o canhão de elétrons do MEV (Figuras 6). A plataforma móvel do MEV foi regulada para estar sempre na mesma posição inicial ajustando-se todos os eixos, x, y e z.

Fotomicrografias foram realizadas antes da instrumentação, depois que qualquer lima rotatória foi utilizada e, após obturação, consequentemente, cinco imagens foram obtidas de cada forame.

Um sistema foi utilizado para avaliar as fotomicrografias, que constou de um círculo dividido em quatro segmentos iguais, com raios projetados para cruzar a superfície do canal, o centro do círculo foi localizado no centro do canal radicular (Tan & Messer, 2002) (Figura 7). Cada segmento foi avaliado de acordo com um sistema de scores (Tabela 1).

Um único examinador treinado e calibrado para o estudo realizou as avaliações mascaradas de 225 imagens. Cerca de 10% da amostra foi reavaliada, a fim de verificar a reprodutibilidade intra-examinador. O teste Kappa foi $> 0,89$.



Figura 3: Plataforma de inclusão desenvolvida por Aragão em 2010.

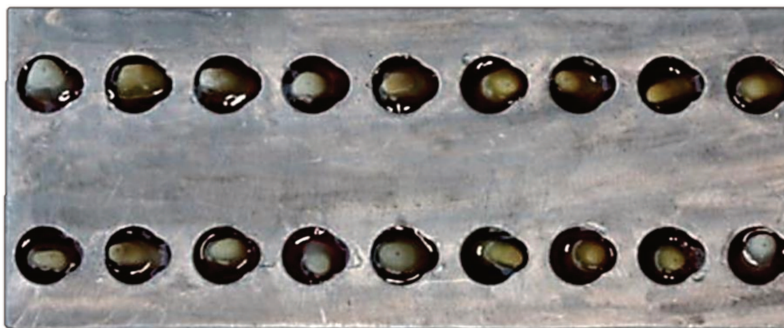


Figura 4: Raízes inseridas na plataforma de inclusão com os forames voltados para cima.



Figura 5: Porta-espécimes múltiplo com quatro células desenvolvido por Aragão (2010).

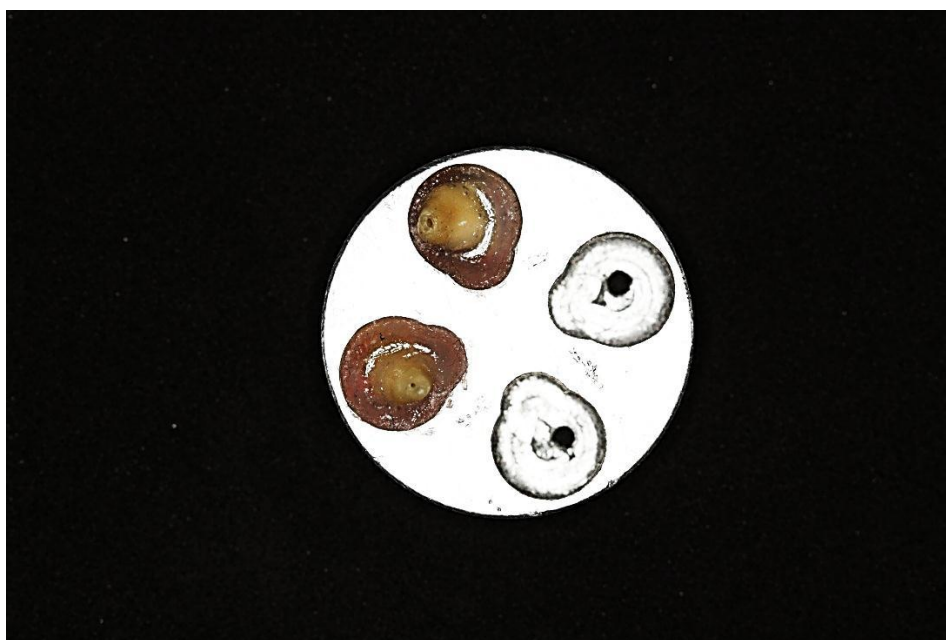


Figura 6: Porta-espécimes com as raízes inclusas e com ápices voltados para cima.

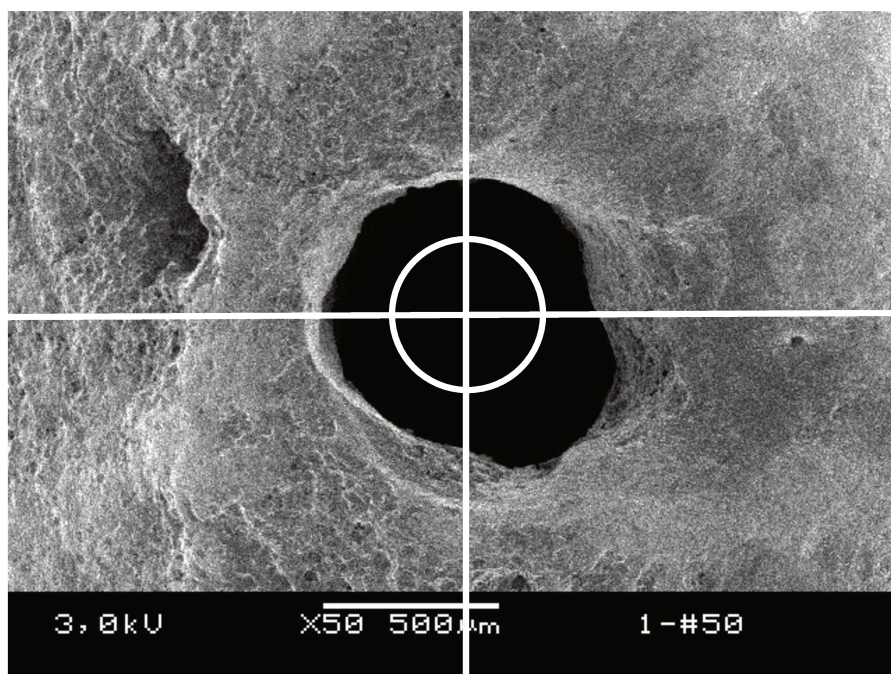


Figura 7: Sistema utilizado para avaliar as fotomicrografias.

Tabela 1: Scores utilizados para análise do alargamento foraminal, desvio da anatomia original e selamento apical.

Score	Alargamento do Forame apical	Análise do Desvio do Forame Apical	Qualidade de Obturação Foraminal
0	Forame apical não instrumentado	Forame apical sem desvio do formato original	Quatro quartos da circunferência obturados
1	Alargamento de um quarto da circunferência	Forame apical com desvio em um quarto da circunferência	Um quarto da circunferência obturado
2	Alargamento de dois quartos da circunferência	Forame apical com desvio em dois quartos da circunferência	Dois quartos da circunferência Obturados
3	Alargamento de três quartos da circunferência	Forame apical com desvio em três quarto da circunferência	Três quartos da circunferência obturados
4	Alargamento de todos os quartos da circunferência	—	Obturação de todos os quartos da circunferência

INFILTRAÇÃO BACTERIANA

Impermeabilização dos remanescentes radiculares

Para facilitar o manuseio e a impermeabilização dos remanescentes radiculares, agulhas hipodérmicas (1,20X40 18G Becton Dickinson Indústria Cirúrgicas Ltda., Curitiba, PR, Brasil) foram introduzidas na embocadura dos canais. De acordo com outros protocolos de microinfiltração bacteriana (Gomes *et al.*, 2003; Maltezos *et al.*, 2006; Yildirim *et al.*, 2010), a fim de impedir a infiltração lateral, foi realizada a impermeabilização da superfície externa radicular, com duas camadas de esmalte de unha (Revlon® Red, Frajo Internacional de Cosméticos Ltda., Campinas, SP, Brasil).

Nos remanescentes radiculares dos grupos experimentais e controle positivo, a impermeabilização não foi realizada nas proximidades da embocadura do canal radicular e do forame apical. Nos remanescentes radiculares do grupo controle negativo, a impermeabilização incluiu a região do forame apical, permanecendo sem esmalte apenas a embocadura dos canais radiculares.

Inserção das raízes em tubos de polipropileno e esterilização do conjunto

Tubos de polipropileno (tubos para centrífuga do tipo eppendorf), com a capacidade de 2,0ml, foram utilizados para confeccionar um dispositivo que permitisse confirmar a passagem das bactérias através da obturação. Para tanto, a extremidade cônica dos tubos foi seccionada transversalmente com lâminas de micrótomo (Leica Microsystems GmbH Nussloch, Alemanha) para possibilitar inserção da raiz, ficando a porção apical projetada para fora do tubo.

Seguindo a metodologia de outros trabalhos (Maltezos *et al.*, 2006; Yildirim *et al.*, 2010), a junção entre a raiz e o tubo cortado foi selada com duas camadas de cianoacrilato (Super Bonder; Loctite, Itapevi, SP, Brasil) em seguida duas camadas de esmalte de unha, para impedir a passagem de meio contaminado por essa região. Posteriormente, para garantir melhor vedamento, foi colocado parafilm® (American National Can™, Chicago, EUA) na interface tubo e raiz (Figura 3).



Figura 3: Inserção da raiz em tubo de polipropileno de 2,0ml, ficando a porção apical radicular projetada para fora do tubo.

Após a montagem destes dispositivos, todo o conjunto, devidamente numerado para facilitar a identificação, foi embalado e submetido ao processo de esterilização por irradiação gama (Gammacell 220 Excel, GC-220E; MDS Nordion, Ottawa, Canadá) em uma fonte de Co^{60} , durante 32 horas e 52 minutos em 27°C , com uma dose de 14.5 KGy/hs. A irradiação foi realizada no Laboratório de

Melhoramento de Plantas do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), em Piracicaba-SP.

Confecção dos dispositivos para o teste de infiltração

De acordo com as instruções do fabricante, o caldo de BHI (Brain Heart Infusion - Difco Laboratories-Becton Dickinson and Company - USA) foi preparado (proporção de 37g de pó para 1000 mL de água destilada), autoclavado a 120°C durante 20 minutos e mantido em geladeira por 24 horas. Após esse período, em câmara de fluxo laminar, foi dispensado de 5 a 6 mL do meio em frascos de vidro (tipo penicilina) previamente esterilizados.

Anéis de borracha do tipo o-ring (Parker Hannifin Ind. Com. Ltda., São Paulo, SP, Brasil) foram autoclavados a 120°C durante 20 minutos, os quais foram inseridos na parte superior dos tubos de polipropileno, para auxiliar uma melhor adaptação dos tubos ao frasco de vidro (Figura 4).



Figura 4: Anéis de borracha do tipo o-ring inseridos na parte superior dos tubos de polipropileno, para auxiliar uma melhor adaptação dos tubos ao frasco de vidro.

De posse desses frascos com meio de cultura, foi inserido em cada frasco o conjunto raiz-tubo de polipropileno-anel de borracha, de modo que a porção apical dos remanescentes radiculares (que se encontrava na parte externa dos eppendorfs) ficasse imersa no caldo de BHI (Figura 5).



Figura 5: Porção apical dos remanescentes radiculares imersa no caldo de BHI.

Para evitar contaminação externa, a interface entre o frasco de vidro e o tubo de polipropileno foi vedada com resina epóxica de polimerização rápida (Araldite, Brascola Ltda, São Paulo, SP, Brasil).

Com o auxílio de uma pipeta, foi colocado 1mL de azul de metileno no interior dos tubos de polipropileno para verificar se o vedamento na interface raiz-

eppendorf foi eficiente (Malone III & Donnelly, 1997). A parte superior do dispositivo foi recoberta com papel alumínio estéril (Figura 6). Os aparatos foram incubados a 37°C por 48 horas para assegurar a esterilização.



Figura 6: Parte superior do dispositivo recoberta com papel alumínio estéril.

Após este período, o azul de metileno foi aspirado com ponteiras de plástico estéreis do interior do tubo de polipropileno, o qual foi irrigado com soro fisiológico estéril para remoção de qualquer traço de azul de metileno e novamente o conteúdo aspirado com as ponteiras. As amostras que apresentassem infiltração do azul de metileno foram descartadas (Figura 7).



Figura 7: Amostras com infiltração do azul de metileno descartada.

Preparo do microrganismo

Após esse procedimento, os espécimes foram armazenados em estufa a 37°C por 24 horas para confirmação da sua esterilidade.

Cultivo e preparo da suspensão do *Enterococcus faecalis*

Para o teste de infiltração, o microrganismo selecionado foi o *Enterococcus faecalis*. A cepa microbiana foi cultivada e estocada em meio líquido BHI com glicerol a 20%.

Foi utilizado 200µl do *E. faecalis* adicionado a 2 ml de BHI para o crescimento microbiano, armazenados em estufa a 37°C por 24 horas. Em seguida, foi feito ajuste da cultura de acordo com a escala 0,5 de McFarland em 2 ml de solução salina, resultando uma concentração de aproximadamente 1×10^8 unidades formadoras de colônias (UFC)/ml.

Foi feita a diluição da cultura, retirando-se 200µl da suspensão de *E. faecalis* que foi transferida para um tubo de hemólise contendo 1,8 ml de BHI, resultando em uma concentração de aproximadamente 1×10^7 UFC/ml.

Inoculação do microrganismo

Foram depositados 10µl do inóculo bacteriano no espaço superior do dispositivo *ependorf*, com o auxílio de um micropipetador (Finnpipette, Labsystems, Helsinki, Finlândia) (Figura 8). Os dispositivos foram incubados em estufa microbiológica a 37°C durante o experimento. Diariamente durante 60 dias foi realizada avaliação quanto ao crescimento bacteriano.



Figura 8: Visão da superior do dispositivo onde foi inoculado o *E. faecalis*.

Os espécimes dos grupos experimentais e o controle positivo receberam o inóculo do *E. faecalis* a cada 3 dias, por 60 dias, ou até apresentarem crescimento bacteriano. Para isto, os canais foram secos com cones de papel absorvente e uma nova inoculação foi feita. Os cones de papel utilizados foram imersos em BHI

por 24 horas a 37°C, para a realização de cultura microbiana e análise do material retirado do interior do canal. Enquanto que os espécimes do grupo controle negativo não receberam inoculação bacteriana.

Caso observado à turvação do líquido no interior do dispositivo a data e o número do espécime foram anotados. A turvação do meio indicou infiltração bacteriana e, consequentemente, crescimento bacteriano (Figura 9). Posteriormente os meios infiltrados foram submetidos a testes microbiológicos.



Figura 9: Dispositivo da esquerda sem turvação do meio e dispositivo da direita apresentando turvação do BHI, indicando infiltração bacteriana.

Teste para comprovação da presença do *E. faecalis*

Com objetivo de convalidação da técnica de infiltração, foi analisado o crescimento do *E. faecalis*. As placas com crescimento bacteriano foram examinadas em lupa estereoscópica (Lambda Let 2, Atto Instruments CO, Hong Kong) em aumento de 3 vezes, e as colônias foram diferenciadas de acordo com

as suas características macroscópicas na placa, observando tamanho, cor, forma, textura, elevação, opacidade e hemólise. As colônias bacterianas foram isoladas em 2 placas contendo 5% de sangue de carneiro + FAA, e testadas quanto a seu requerimento gasoso, colocando uma placa na estufa de O₂ e uma na câmara de anaerobiose, e observando em qual condição gasosa houve um melhor crescimento bacteriano (Figura 10). Em seguida, as culturas puras foram coradas pelo método do Gram e testadas quanto à produção de catalase. Os microrganismos coletados foram identificados, utilizando-se kits e reagentes padronizados para identificação microbiana fabricados pela BioMérieux SA, Marcy-l'Etoile, França (Figura 11).

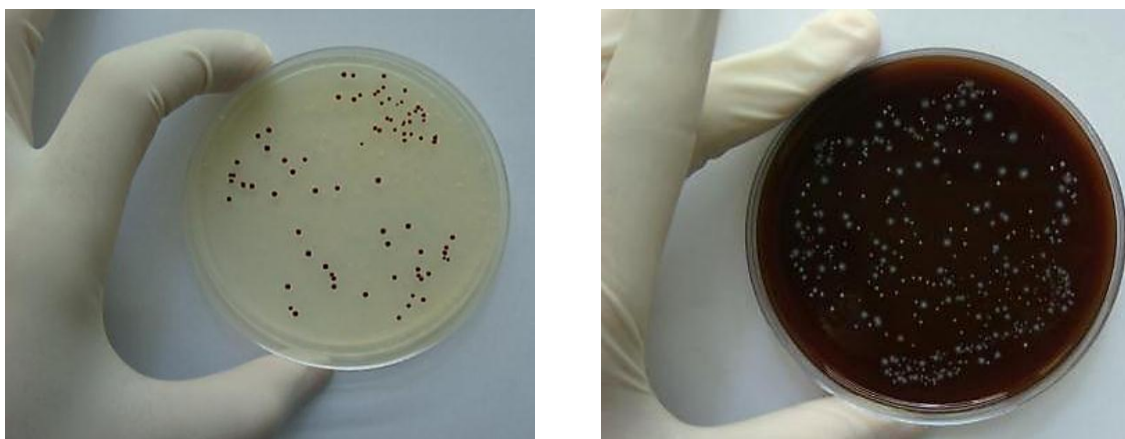


Figura 10: Análise de crescimento bacteriano e confirmação da cepa *E. faecalis*.



Figura 11: Identificação do microrganismo através de testes bioquímicos (BioMérieux SA, Marcy-l'Etoile, França).

Apêndice 2

1. IMAGENS DEMONSTRATIVAS DE CADA GRUPO REALIZADAS EM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA:

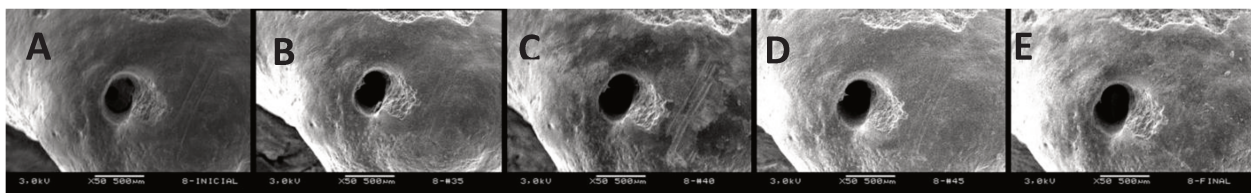


Figura 1: Fotomicrografias de MEV representativas do grupo 1. A: representa a imagem inicial antes da instrumentação. B: representa a imagem do forame apical após a utilização da primeira lima. C: imagem foraminal após utilização da segunda lima. D: imagem do forame após utilização da terceira lima. E: Imagem realizada após a obturação.

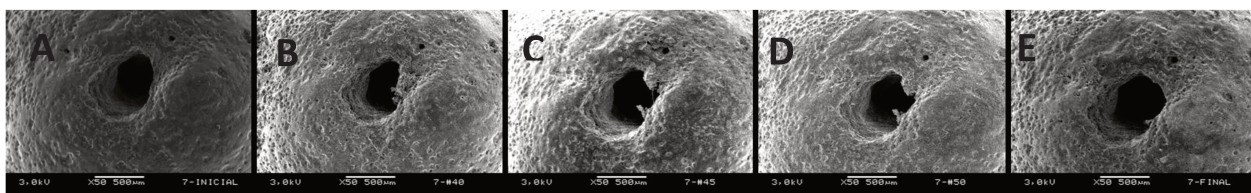


Figura 2: Fotomicrografias de MEV representativas do grupo 1. A: representa a imagem inicial antes da instrumentação. B: representa a imagem do forame apical após a utilização da primeira lima. C: imagem foraminal após utilização da segunda lima. D: imagem do forame após utilização da terceira lima. E: Imagem realizada após a obturação.

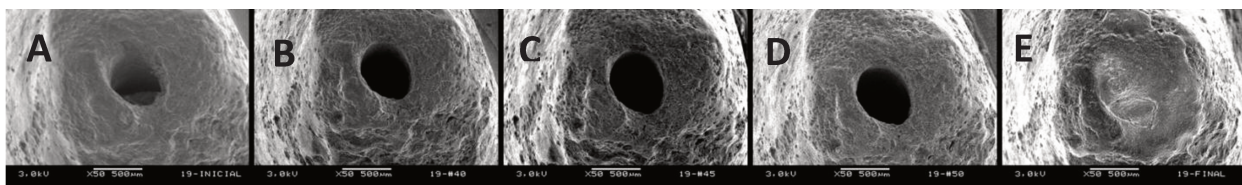


Figura 3: Fotomicrografias de MEV representativas do grupo 2. A: representa a imagem inicial antes da instrumentação. B: representa a imagem do forame apical após a utilização da primeira lima. C: imagem foraminal após utilização da segunda lima. D: imagem do forame após utilização da terceira lima. E: Imagem realizada após a obturação.

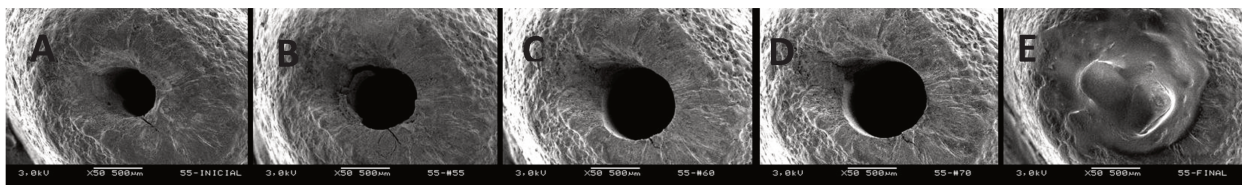


Figura 4: Fotomicrografias de MEV representativas do grupo 2. A: representa a imagem inicial antes da instrumentação. B: representa a imagem do forame apical após a utilização da primeira lima. C: imagem foraminal após utilização da segunda lima. D: imagem do forame após utilização da terceira lima. E: Imagem realizada após a obturação.

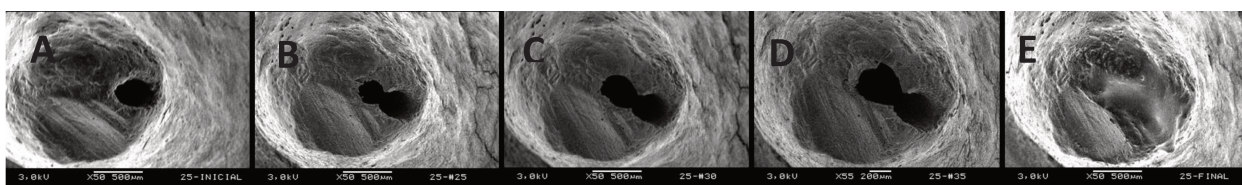


Figura 5: Fotomicrografias de MEV representativas do grupo 3. A: representa a imagem inicial antes da instrumentação. B: representa a imagem do forame apical após a utilização da primeira lima. C: imagem foraminal após utilização da segunda lima. D: imagem do forame após utilização da terceira lima. E: Imagem realizada após a obturação.

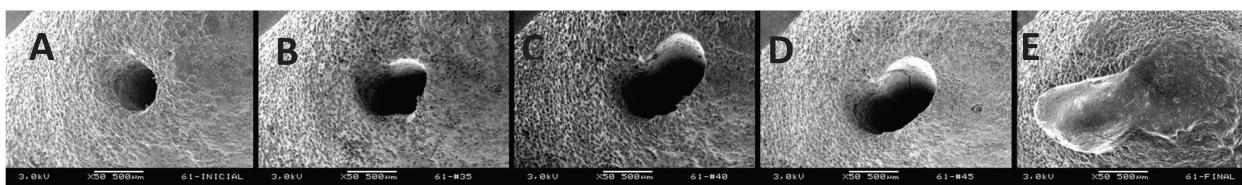
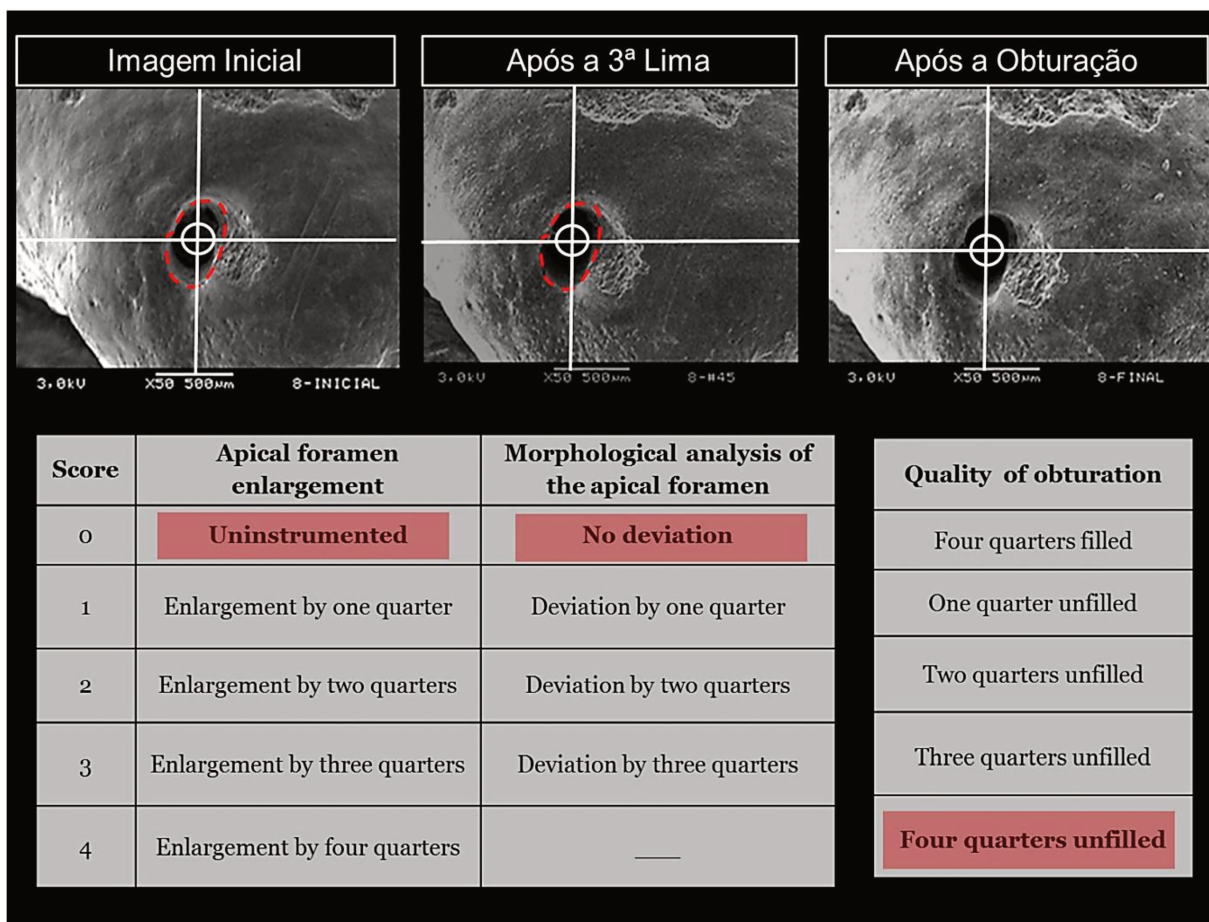


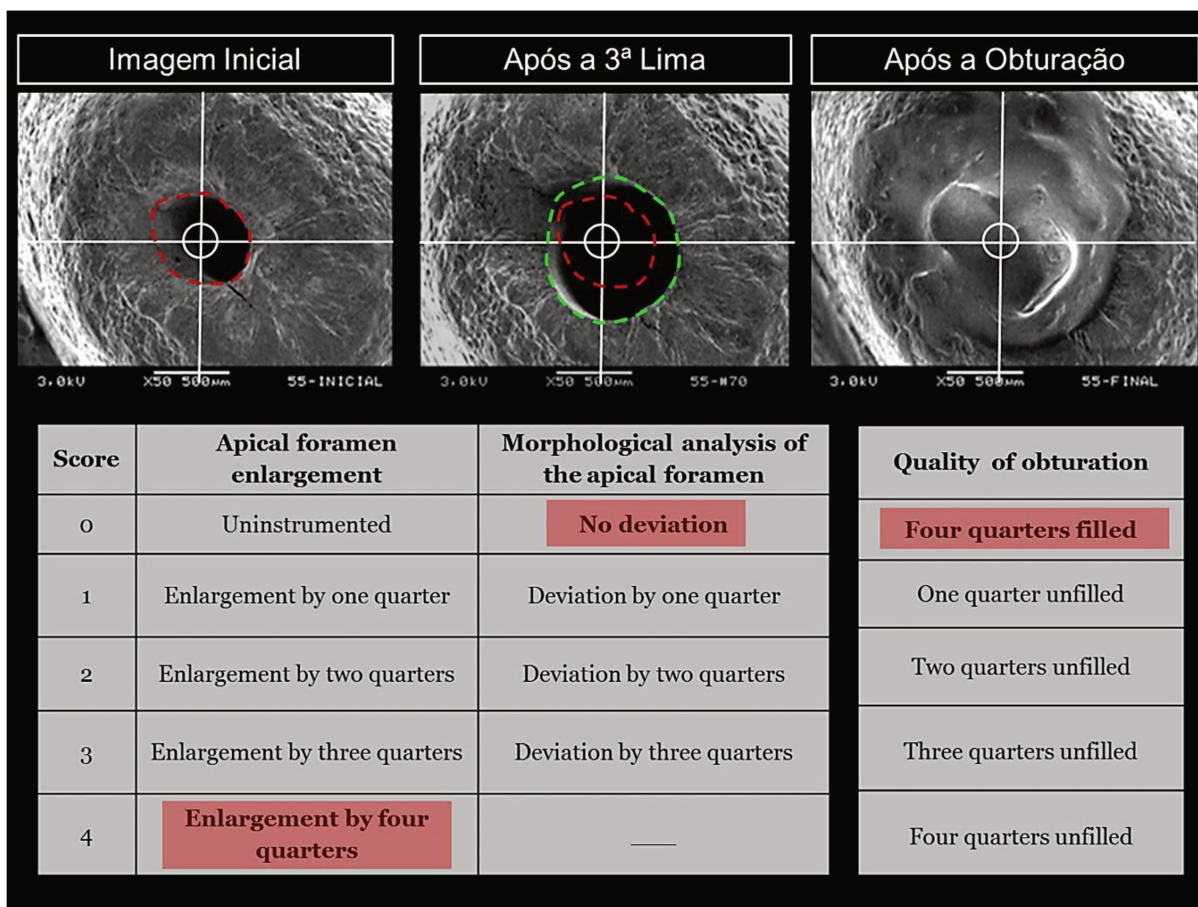
Figura 6: Fotomicrografias de MEV representativas do grupo 3. A: representa a imagem inicial antes da instrumentação. B: representa a imagem do forame apical após a utilização da primeira lima. C: imagem foraminal após utilização da segunda lima. D: imagem do forame após utilização da terceira lima. E: Imagem realizada após a obturação.

2. FORMA DE ANÁLISE DAS IMAGENS E EXEMPLIFICAÇÃO DOS ESCORES:

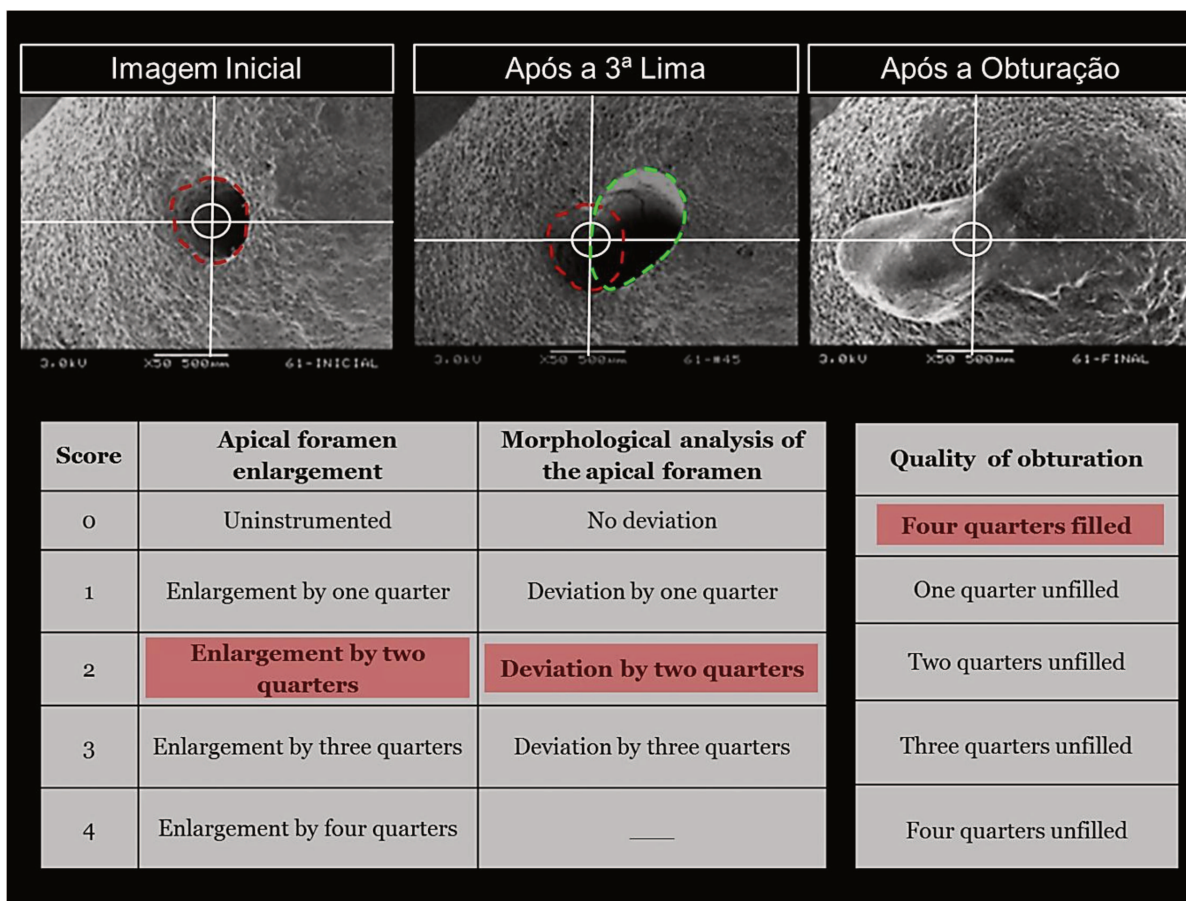
GRUPO 1: Instrumentação realizada 1mm aquém do forame apical.



GRUPO 2: Instrumentação realizada no forame apical.



GRUPO 3: Instrumentação realizada 1mm além forame apical.





**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**



CERTIFICADO

O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa **"Influência do alargamento foraminal na anatomia apical e na qualidade do selamento após obturação"**, protocolo nº 080/2009, dos pesquisadores Alexandre Augusto Zaia e Juliana Melo da Silva, satisfaz as exigências do Conselho Nacional de Saúde - Ministério da Saúde para as pesquisas em seres humanos e foi aprovado por este comitê em 08/07/2009.

The Ethics Committee in Research of the School of Dentistry of Piracicaba - State University of Campinas, certify that the project **"Influence of apical enlargement in apical foramen anatomy, and the sealing ability after obturation"**, register number 080/2009, of Alexandre Augusto Zaia and Juliana Melo da Silva, comply with the recommendations of the National Health Council - Ministry of Health of Brazil for research in human subjects and therefore was approved by this committee at .

Prof. Dr. Pablo Agustin Vargas
Secretário
CEP/FOP/UNICAMP

Prof. Dr. Jacks Jorge Junior
Coordenador
CEP/FOP/UNICAMP