

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
MESTRADO EM ODONTOLOGIA**

MARIA LÚCIA VIEIRA EPAMINONDAS

**AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DO TERÇO APICAL DE CANAIS
RADICULARES RETOS E CURVOS APÓS AMPLIAÇÃO
FORAMINAL**

SAPIENTIA AEDIFICAT

João Pessoa - PB

2020

MARIA LÚCIA VIEIRA EPAMINONDAS

**AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DO TERÇO APICAL DE CANAIS
RADICULARES RETOS E CURVOS APÓS AMPLIAÇÃO
FORAMINAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia – Área de Concentração em Ciências Odontológicas.

Orientador: Prof. Dr. André Ulisses Dantas Batista

Coorientador: Prof. Dr. Thiago Farias Rocha Lima

João Pessoa - PB

2020

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA
UFPB

Bibliotecária: Larissa Silva Oliveira de Mesquita - CRB-15/746

E63a Epaminondas, Maria Lúcia Vieira.

Avaliação morfológica do terço apical de canais
radiculares retos e curvos após ampliação foraminal /
Maria Lúcia Vieira Epaminondas. - João Pessoa, 2020.
43 f. : il.

Orientação: André Ulisses Dantas Batista.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCS.

1. Endodontia. 2. Forame apical. 3. Microfraturas. 4.
Microtomografia por raio-X. 5. Microscopia eletrônica
de varredura. I. Batista, André Ulisses Dantas. II.
Título.

UFPB/BC

CDU 616.314.16(043)

MARIA LÚCIA VIEIRA EPAMINONDAS

**AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DO TERÇO APICAL DE CANAIS
RADICULARES RETOS E CURVOS APÓS A AMPLIAÇÃO
FORAMINAL**

Banca Examinadora



Prof. Dr. André Ulisses Dantas Batista

Orientador - PPGO - UFPB



Prof. Dr. Heloisa Helena Pinho Veloso

Examinadora - PMPG - MPSF- UFPB



Prof. Dr. Marcelo Augusto Oliveira de Sales

Examinador - PPGO - UFPB

À minha avó Expedita Oliveira da Silva (*in memorian*) e meu avô José Vieira da Silva (*in memorian*) dedico esta vitória alcançada e esse sonho concretizado. Aproveite ao Senhor levá-los durante este período do mestrado e dou graças a Deus por ter aproveitado a companhia de vocês e por ter aprendido tanto com ambos em vida. Desde que os seus olhos se fecharam para sempre, vive em mim uma saudade eterna. Por outro lado, cresce a esperança de que um dia irei encontrá-los novamente na presença do nosso Deus. Essa vitória não é minha, é nossa. De toda a nossa família. A vocês meu eterno amor e minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

A Deus,

Por Seu amor imensurável e que não tem fim. Por permitir que eu realize os Seus sonhos para minha vida! Por ser meu sábio conselheiro, meu refúgio e fortaleza, socorro bem presente na hora das aflições. Teu poder e a Tua graça me fazem ver que sou muito mais que vencedora. Obrigada por Tua presença constante e real em minha vida. Sem o Senhor nada sou.

Aos meus pais,

Muito obrigada por me ajudarem na realização de mais um sonho, por sempre buscarem dar o melhor para mim e meus irmãos. Pela paciência e incentivo nos momentos em que precisei. E por acreditarem que posso ir sempre mais além. Vocês são a razão do meu esforço e dedicação na minha vida acadêmica e pessoal. Dar orgulho e alegria a vocês é o mínimo para retribuir tudo que fizeram e fazem por mim.

Ao meu esposo Matheus,

Por sempre me apoiar, ajudar e incentivar a ser cada dia melhor. Obrigada por estar ao meu lado em todos os momentos, sejam bons ou ruins. Por enxergar tanto potencial e talento em mim, você sem dúvida é o meu maior incentivador. Agradeço pelo seu amor e por tudo faz por nós e pelo nosso casamento. Casar com você foi uma das melhores escolhas que fiz na vida. Amo-te e te amarei eternamente.

Aos meus irmãos Dani e Lucas,

Dani e Luquinhas, vocês são meus dois amores. Desejo tanto o melhor para vocês que muitas vezes deixo de ser só a irmã mais velha e pareço mais uma mãe chata. Isso tudo porque amo vocês demais e quero o melhor para os dois! Esforço-me para servir de exemplo para vocês e isso não é um trabalho fácil. Que Deus me ajude e que Ele abençoe a vida de vocês. Saibam que eu

estarei sempre aqui, ao lado de vocês, para o que precisarem.

À minha família e amigos,

Em especial aos meus avós, Lucinha e Careca (*in memorian*), Expedita (*in memorian*) e Novato; que assim como toda a família torcem muito pela minha felicidade e sucesso, oram por mim e fazem com que eu me sinta muito, muito amada. Sou grata a Deus pela minha família e por Ele cuidar de todos, assim como tem cuidado de mim. Meus primos, tios e amigos de sempre para sempre, amo muito todos vocês! Obrigada por tudo!

Aos meus colegas de turma,

Pela amizade e por tornarem os nossos dias na Universidade mais alegres e leves. Que Deus continue abençoando toda nossa turma e que todos tenham sucesso e satisfação no caminho que escolherem.

Ao meu orientador Prof. Dr. André Ulisses Dantas Batista,

Pela paciência e disponibilidade de sempre, por me ajudar da melhor forma possível em tudo que precisei; sobretudo, pela contribuição para conclusão deste trabalho.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Thiago Farias Rocha Lima,

Por tantos ensinamentos durante estes anos e por ser o idealizador deste trabalho. Pelo exemplo de pesquisador, professor e pessoa que és. Pela oportunidade de conviver com o senhor desde a graduação e todo o mestrado, sempre aconselhando e estimulando nas horas difíceis. Como também, por me orientar desde o início e até mesmo após sua transferência para Vitória. Meu muito obrigada!

Ao corpo docente e colaboradores do Programa de Pós Graduação em Odontologia da UFPB,

Por todo auxílio prestado e todo conhecimento transmitido e estimulado durante esses dois anos. Todos contribuíram de alguma forma na minha formação seja na área clínica, de

pesquisa ou docência. Em especial, ao Prof. Frederico Barbosa pela ajuda e contribuição sempre que solicitado.

Aos funcionários do Programa e Universidade,

Que, de uma forma simples, mas imprescindível, colaboraram todos os dias na nossa rotina, buscando tornar tudo mais fácil e agradável.

Ao CNPq,

Pelo apoio financeiro à execução desta pesquisa.

A todos que contribuíram de alguma maneira, torceram e oraram para que mais essa etapa fosse concluída com sucesso!

MUITO OBRIGADA!!!



“Mudaste o meu pranto
em dança, a minha
veste de lamento em
veste de alegria, para
que o meu coração
cante louvores a ti e
não se cale. Senhor,
meu Deus, eu te darei
graças para sempre.”
(Salmos 30:11,12)



RESUMO

A ampliação foraminal refere-se ao aumento mecânico intencional do forame apical durante a etapa de instrumentação do canal radicular. Trata-se de uma técnica que merece ser discutida porque há poucas evidências científicas sobre sua aplicação clínica. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar as alterações morfológicas do terço apical do canal radicular com diferentes curvaturas após ampliação foraminal, através de análise em Microscopia eletrônica de varredura (MEV) e MicroTomografia Computadorizada (MicroCT). Foram selecionados 60 dentes humanos, divididos em 4 grupos: GI-SEM (Incisivos inferiores / n=15), GM-SEM (Molares inferiores / n=15), GI-MCT (Incisivos inferiores / n=15) e GM-MCT (Molares inferiores / n=15). Os canais foram instrumentados no forame apical e 1mm além deste. No MEV, foi verificada a presença de deformação foraminal após a instrumentação e, no MicroCT, verificou-se a formação de microtrincas nos 3mm apicais. O teste Z foi aplicado para verificar se houve diferença em relação a deformação foraminal nos diferentes grupos após análise em MEV ($\alpha=0,05$). O número de microtrincas identificadas nas imagens pré e pós-instrumentação foi calculado e apresentado por meio de porcentagem. Verificou-se que a curvatura do canal não influenciou a deformação foraminal tanto para instrumentação no forame ($p=0,344$ / teste Z) quanto para instrumentação além do forame ($p=0,5$ / teste Z). O aumento do comprimento de trabalho também não influenciou o aparecimento de novas deformações nos canais retos ($p=0,14$ / teste Z) e nos canais curvos ($p=0,06$ / teste Z). No MicroCT, foram analisados no total 13.987 cortes, referentes aos 3 mm apicais dos espécimes, sendo 6.978 cortes dos incisivos e 7.009 das raízes mesiais dos molares inferiores. Apenas em 320 (2,3%) cortes foram detectados defeitos dentinários, sendo 112 (0,8%) identificados nos incisivos e 208 (1,5%) nas raízes mesiais dos molares inferiores. Todas as microtrincas observadas nas análises pós-instrumentação estavam presentes nas imagens pré-operatórias correspondentes. Dessa forma, conclui-se a curvatura do canal não influenciou a ocorrência de deformação no forame e não houve a formação de novas microtrincas após a ampliação foraminal.

Palavras-chave: Endodontia. Forame Apical. Microfraturas. Microtomografia por Raio-X. Microscopia Eletrônica de Varredura.

ABSTRACT

Foraminal enlargement (FE) refers to the mechanical enlargement of the apical foramen during a root canal instrumentation step. It is a technique that deserves discussion because there is little scientific evidence on its clinical application. Therefore, the aim of the present study was to evaluate the morphological changes of the apical third of the root canal and formation of dentinal microcracks after FE in straight and curved root canals, through scanning electron microscopy (SEM) and micro-computed tomography (micro-CT) analyses. Sixty teeth were selected and divided in four experimental groups: GI-SEM (incisors / n = 15), GM-SEM (molars / n = 15), GI-MCT (incisors / n = 15) and GM-MCT (molars / n = 15). The incisors and mesio-buccal molars canals were instrumented in the apical foramen and 1mm beyond. In the SEM, the occurrence of foraminal deformation were verified and for MicroCT, it was observed the presence of microcracks in the root apical third. The Z statistical test was used to analyze if there was differences in the deformation ratio in the different groups after SEM analysis ($\alpha = 0.05$). The number of microcracks identified in the pre and post-instrumentation images were calculated and presented as a percentage. The curvature of the canal did not influence the occurrence of foraminal deformation either for instrumentation in the foramen or for instrumentation beyond the foramen ($p > 0.05$). It was also observed that the increase in working length did not influence the appearance of new deformations in GI-SEM and in GM-SEM ($p > 0.05$). Qualitative microCT analysis showed the presence of dentinal defects in 0.8% (112) and 1.5% (208) of the cross-sections of incisors and molars, respectively, from a total of 13,987 slices. All dentinal defects identified in the analysis of any postoperative scans were already present in the corresponding preoperative images. Therefore, no new microcracks were observed after root canal preparation. Thus, it can be concluded that root canal curvature neither the level of WL influenced the occurrence of deformation in the apical foramen. There is a lack of causal relationship between foraminal enlargement at different levels and dentinal microcracks.

Keywords: Endodontics. Tooth Apex. Microfractures. Microcomputed Tomography. Electron Scanning Microscopy.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CRT - Comprimento Real de Trabalho

MEV - Microscopia Eletrônica de Varredura

Micro CT - Microtomografia Computadorizada

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Divisão dos grupos experimentais.

Figura 2 - Passo a passo da colocação da fita de carbono para fixação do dente antes da metalização das amostras para análise no MEV.

Figura 3 - Amostras após metalização, prontas para serem avaliadas no MEV.

Figura 4 - A: Inserção da raiz na cera rosa aquecida para a simulação da espessura do ligamento periodontal artificial; B: Imersão da raiz na água para solidificação completa da cera.

Figura 5 - A: Aferição da espessura da raiz antes da imersão em cera. B: Aferição da espessura do ligamento periodontal artificial e raiz pronta para inserção na resina acrílica.

Figura 6 - A: Tubo de PVC com base de cera utilidade, pronto para receber a resina acrílica. B: Espaço deixado na resina referente a raiz e dente envolto por material de moldagem que substituiu a cera formando assim o ligamento periodontal simulado.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	01
2 CAPÍTULO 1	04
3 METODOLOGIA DETALHADA	16
4 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	24
5 CONCLUSÃO.....	25
REFERÊNCIAS.....	26
ANEXOS.....	28
ANEXO A – PARECER DO CEP.....	28
ANEXO B – CARTA DE ANUÊNCIA LAMIB.....	29
ANEXO C – CARTA DE ANUÊNCIA LUCCAR.....	30
ANEXO D – DECLARAÇÃO BANCO DE DENTES HUMANOS.....	31

1 INTRODUÇÃO

A determinação do comprimento de trabalho em endodontia é fundamental para realização de um preparo químico-mecânico adequado. A postura clássica adotada tem sido a de preconizar que a instrumentação do canal radicular deve ser limitada ao canal dentinário e, por essa razão, a medida do comprimento de trabalho mais aceita é a de 0,5 - 1 mm aquém do forame apical (RICUCCI, 1998; SOUZA, 2006).

Estudos microbiológicos têm demonstrado que, mesmo quando o endodontista trabalha nos limites tradicionais, bactérias podem permanecer no terço apical do canal radicular, formando colônias no forame apical que se estendem para região perirradicular em alguns casos (NAIR et al., 2005; NOIRI et al., 2002; SIGNORETTI et al. 2011). Essas bactérias, se não eliminadas, têm alta probabilidade de sobrevivência devido ao suprimento constante de nutrição da área periapical. Isso sugere que a limpeza e modelagem do forame apical pode ser necessária para se obter uma desinfecção adequada que favoreça o reparo periapical (SAINI; SANGWAN; SANGWAN, 2016).

A ampliação foraminal refere-se ao aumento mecânico intencional do forame apical durante a etapa de instrumentação do canal radicular (YAYLALI et al., 2017). Para que tal ampliação ocorra, as limas endodônticas precisam trabalhar no forame apical ou pouco além deste.

Um dos primeiros trabalhos que avaliaram os efeitos da ampliação foraminal foi conduzido por Benatti e colaboradores (1985). Foram instrumentados 132 canais radiculares de dentes de cães 2mm além do forame apical com limas #40, 60 e 80. Posteriormente, os canais foram obturados a 1-3mm aquém do ápice. Os animais foram sacrificados 3, 7, 30 e 120 dias após o tratamento endodôntico e os dentes foram processados para análise histológica. Os autores observaram que, excluída a reação inflamatória resultante da ação traumática da ampliação foraminal, verificada na primeira semana pós-tratamento, o crescimento de tecido conjuntivo (formado às custas do ligamento periodontal) mostrou-se livre de inflamação, experimentando, com o passar do tempo, um progressivo processo de maturação, caracterizado pela redução da celularidade, maior densidade de fibrosamento e paredes vasculares mais diferenciadas.

Em uma outra pesquisa, realizada por Souza-Filho et al. (1987), estudou-se a influência do diâmetro do forame apical e a intensidade da contaminação do canal no reparo tecidual periapical em dentes necrosados de cães. Trinta e dois canais de pré-molares inferiores foram expostos à contaminação e o desenvolvimento de uma inflamação apical ocorreu em um período de 45 dias. Os canais foram instrumentados 2 mm além do forame apical com lima #60 e foram obturados 2 a 3 mm aquém do ápice radiográfico. Noventa dias após o tratamento endodôntico, reparo e invaginação de tecido conjuntivo ocorreram em direção ao canal em 67,8% dos casos.

Alguns autores têm sido favoráveis a ampliação foraminal nos casos de necrose e periodontites apicais crônicas porque, de fato, quando o canal radicular é instrumentado além do forame principal, este aumento no forame pode melhorar a remoção bacteriana e melhorar a irrigação (SOUZA-FILHO et al., 1987). Estudos prévios, com instrumentação manual ou rotatória do canal radicular, demonstraram que essa etapa não é responsável por aumentar a percepção da dor (SILVA et al., 2013; CRUZ JUNIOR et al., 2016; YAILALI et al., 2017).

Além das consequências para o reparo periapical, o efeito da ampliação foraminal tem sido estudado sobre outros aspectos. Silva Santos et al. (2017) avaliaram, por meio de microscopia eletrônica de varredura, as alterações morfológicas do forame após o uso de diferentes cinemáticas durante a instrumentação do canal radicular. Sessenta raízes mesiais de molares inferiores foram selecionadas e divididas em dois grupos, de acordo com o protocolo de instrumentação: G1 – instrumentação rotatória (n=30) e G2 – instrumentação reciprocante (n=30). O canal méso-vestibular de cada raiz foi eleito para instrumentação. As fotomicrografias foram realizadas em três momentos: antes da instrumentação, após a instrumentação no forame apical e após a instrumentação 1mm além do forame apical. Os resultados revelaram que a ampliação foraminal causou deformações anatômicas, sendo que não houve influência no tipo de cinemática e presença de deformação.

Outro fator que deve ser considerado na ampliação foraminal é a formação de trincas ou rachaduras (*microcraks*) que podem surgir no canal após esse procedimento. Adorno et al. (2011) verificaram em seu trabalho que quando os canais eram instrumentados 1mm além do forame apical houve maior quantidade de trincas na superfície externa apical, quando comparado aos canais

instrumentados 1mm aquém do forame. Por outro lado, Oliveira et al. (2017) não verificou relação entre o comprimento de trabalho estabelecido (com e sem ampliação foraminal) e a formação de microtrincas dentinárias.

A deformação do forame apical interfere na qualidade da obturação (RICUCCI et al., 2016; SILVA et al., 2016) e a formação de trincas na superfície externa ou interna do dente podem servir como novos sítios para colonização e proliferação bacteriana, que podem levar ao insucesso do tratamento endodôntico (RICUCCI e SIQUEIRA, 2010). Além disso, não se conhece exatamente os efeitos dessa ampliação em canais com diferentes curvaturas, o que torna estudos na área de extrema importância.

A ampliação foraminal em endodontia é um tema relevante e que merece ser discutido porque há poucas evidências científicas sobre as vantagens e desvantagens de sua aplicação clínica. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar as alterações morfológicas do terço apical do canal radicular com diferentes curvaturas após a ampliação foraminal, por meio de análise em Micro Tomografia Computadorizada (MicroCT) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

2 CAPÍTULO 1

O manuscrito a seguir foi publicado no periódico "*Journal Of Endodontics*".

Morphological changes on apical foramen and microcracks formation on the apical third of the root canal after foraminal enlargement: a scanning electron microscopy and micro-computed tomography analysis

ABSTRACT

Introduction: The aim of the present study was to evaluate the morphological changes on the apical foramen and formation of dentinal microcracks after foraminal enlargement in straight and curved root canals, through in scanning electron microscopy (SEM) and micro-computed tomography (micro-CT) analyses.

Methods: Sixty teeth were selected and divided into two experimental groups: GI (incisors - straight group/n=30) and GM (molars – curved group/n=30). Each group was divided in two subgroups (n=15) according to the analysis performed: SEM or microCT. The incisors and mesio-buccal canal of molars were instrumented, using standardized shaping procedures, in the apical foramen and 1mm beyond. The occurrence of foraminal deformation was analyzed by SEM. Z test was used for statistical analysis ($P < 0.05$). Micro-CT was used to observe the presence of microcracks in the root apical third. Afterward, pre- and postoperative cross-sectional images were screened to identify the presence of dentinal defects.

Results: The curvature of the canal did not influence the occurrence of foraminal deformation either for instrumentation in the foramen or for instrumentation beyond the foramen ($P > 0.05$). It was also observed that the increase in working length did not influence the appearance of new deformations in GI-SEM and in GM-SEM ($P > 0.05$). Qualitative micro-CT analysis showed the presence of dentinal defects in 0.8% (112) and 1.5% (208) of the cross-sections of incisors and molars, respectively, from a total of 13,987 slices. All dentinal defects identified in the analysis of any postoperative scans were already present in the corresponding preoperative images. Therefore, no new microcracks was observed after root canal preparation.

Conclusion: Root canal curvature neither the level of WL influenced the occurrence of deformation in the apical foramen. There is a lack of causal relationship between foraminal enlargement at different levels and dentinal microcracks.

Key-words: Root canal preparation, foraminal enlargement, scanning electron microscopy, dentinal microcracks.

INTRODUCTION

The determination of the working length (WL) is fundamental to provide an adequate chemo-mechanical root canal preparation. The classic posture adopted has been to advocate that the root canal instrumentation should be confined in the root canal (1,2). For this reason, the most accepted WL is 1 mm short of apical foramen (1,2).

In cases of apical periodontitis, recognizing the presence of microorganisms in the apical portion of the canal and even in the lesion itself (3-5) has contributed to the acceptance of cleaning, debridement, and enlargement of the apical foramen (6). This approach can overcome the potential limits of root canal irrigation in the apical area, favoring root canal disinfection and periapical repair (7-9). Although some clinicians may have concerns regarding postoperative pain within this approach, previous studies have shown that the foraminal enlargement is not responsible for increased rates of postoperative pain (7,10,11).

Achieving larger apical diameters during foraminal enlargement, however, might lead to modifications in the apical anatomy, such as apical transportation or the development or propagation of dentinal microcracks (12-14). The transportation of the apical foramen can lead to complications in subsequent cleaning and filling procedures (15,16). The formation of dentinal microcracks on the external or internal surface of the tooth might serve as new sites for bacterial colonization and proliferation, which can lead to unsuccessful endodontic treatment (17). Moreover, these dentinal defects are important because they may further develop into vertical root fractures (18), which might also lead to tooth loss. Considering these points, and the fact the number of studies that cover these topics at the moment is considerably limited, it remains evident that this is a topic that still needs to be better explored.

Therefore, the aim of the present study was to evaluate the morphological changes on the apical foramen and formation of dentinal microcracks after foraminal

enlargement in straight and curved root canals, through analysis in scanning electron microscopy (SEM) and micro-computed tomography (micro-CT). The tested null hypotheses were as follow:

- (i) There are no differences regarding the occurrence of foraminal deformation in the different WL;
- (ii) There are no differences regarding the formation of dentinal microcracks in the different WL;
- (iii) Root canal curvature did not influence the foraminal deformation neither the formation of dentinal microcracks.

MATERIALS AND METHODS

Sample selection

This study was revised and approved by the Institutional Ethics Committee (CAAE: 10443519.0.0000.5188). Thirty mandibular incisors and thirty mandibular first molars, extracted for reasons not related to this study, were obtained from a University Tooth Tissue Bank. Digital radiograph (PCBA Inspector, GE, Germany) was taken in the mesio-distal and bucco-lingual directions to study the internal anatomy. Only mandibular molars that presented mesial roots with moderate curvature (ranging from 10°-20°) and mandibular incisors with straight roots (0° -10°) and single canal were included (19). Teeth with previous endodontic treatment, root resorption, root caries and incomplete root formation were excluded.

After initial sample selection, specimens were randomly divided into two experimental groups: GI (incisors - straight group/n=30) and GM (molars – curved group/n=30). Each group was divided in two subgroups (n=15) according to the analysis performed: SEM or micro-CT.

Scanning electron microscopy

The dental crowns of the selected teeth were removed using carborundum discs, leaving a 13mm root remnant. Subsequently, the teeth were dehydrated in an oven at 37° C for 24 hours and fixed in 12mm diameters stubs with the apex facing upwards. Double-sided carbon tapes were used for fixation. Then, the roots were metallized in a vacuum chamber (Desk V, Denton Vacuum, Buffalo, NY, USA) with a sputtering period (gold bath) of 120 seconds. The main apical foramen of the lower incisors and the mesiobuccal canal of the mandibular molars were photographed

using a 50x magnification at 15kv (JEOL KSM 6610LV; JEOL, Tokyo, Japan), and a single and perpendicular to this anatomic structure image was obtained.

Microcomputed tomography

The specimens were scanned using a micro-CT system (SkySCAN 1172; Bruker microCT, Kontich, Belgium) at 100kV and 100 μ A with an isotropic resolution of 24.90 μ m, 180 rotation around the vertical axis, a rotation step of 0.6, camera exposure time of 650 milliseconds, and frame averaging of 2. X-ray was filtered with a 0.1-mm copper filter. Reconstruction of images was performed using NRecon software (NRecon version 1.5.23; Bruker microCT, Skyscan). During the reconstruction, 40% beam hardening correction, ring artifact reduction and smoothing of 5 were used. The images were aligned with the Data Viewer visualization software (Bruker MicroCT).

Root canal preparation

After the acquisition of the initial micro-CT images, teeth in this group were accessed using 1012 diamond (KG Sorensen) and Endo Z drills (FG Maillefer, Dentsply). Root canal preparation in all groups was performed with Reciproc Blue R25 instruments (VDW, Munich, Germany) activated using Reciproc VDW.Silver endodontic motor (VDW) using "RECIPROC ALL" pre-set. After cervical preparation, the location of the apical foramen was performed visually using a #10 C-pilot instrument (VDW) under an operating microscope. The measurement was recorded when the tip of the instrument was visible in the apical foramen. Therefore, root canal preparation was finished by advancing the instrument progressively through the root canal. At every three pecks, the instruments was removed and root canal irrigated using 5 mL of 2.5% sodium hypochlorite.

In the SEM subgroups, instrumentation was performed at two stages: in the apical foramen and 1mm beyond the apical foramen. In the micro-CT subgroups, instrumentation was performed at three stages: 1mm below the apical foramen, in the apical foramen (point "0") and 1mm beyond the apical foramen. During root canal preparation, a simulated periodontal ligament was made, using a thin film of silicone-based impression material (Impregum; 3M Espe, Seefeld, Germany), incorporated in self-cured acrylic resin inside a 25mm diameter PVC tube (20). After

each instrumentation step, the teeth were taken to SEM or micro-CT to obtain new images, according to the protocols previously described.

Image analysis

The images were evaluated by 2 examiners. Before the analysis, inter-examiner calibration was performed and the Kappa test was applied to determine the degree of agreement between the examiners. The Kappa value was 0.83, indicating an excellent inter-examiner agreement.

For SEM, 90 images of apical foramen were obtained: 30 without root canal preparation, 30 for root canal preparation at apical foramen, and 30 for root canal preparation 1mm beyond the apical foramen. When no deformation was observed, the apical foramen was considered “without deformation”. In the presence of tears changes in the position of the apical foramen, it was considered “with deformation” (12).

Micro-CT images were obtained at 4 different stages: before root canal preparation, after root canal preparation 1mm below the apical foramen, after root canal preparation at the apical foramen (point “0”), and after root canal preparation 1mm beyond the apical foramen. The reconstructed images were transferred to the DataViewer program (version 1.4.2.4, Bruker microCT). A microcrack was defined as any incomplete crack (line extending from the canal wall into the dentin without reaching the outer surface of the root), complete crack (line extending from the root canal wall to the outer surface), or craze line (other lines that did not reach any surface of the root or extend from the outer surface into the dentin but did not reach the canal wall) observed in the root dentin (18). The internal surface of the root canal or external root surface without any defects were defined as having “no defect”; all the defects (eg, craze line, partial crack, fractures, or microcracks) were defined as “defects” (18). The cross-section images were screened by the two examiners to identify the presence of dentinal microcracks. First, postoperative images were analysed and the cross-section number in which dentinal defect has been observed was recorded. Then, the preoperative corresponding cross-section image was also examined to verify the pre-existence of dentinal defect. All images were reevaluated after 15 days. In cases of divergence, the images were reviewed until reaching an agreement.

Statistical analysis

After SEM analysis, the Z test was applied to check if there was a difference in relation to foraminal deformation in the different groups. The level of significance adopted was 5% ($\alpha=0.05$). For the micro-CT analysis, the number of microcracks identified in the pre- and post-instrumentation images was calculated and presented as a percentage.

RESULTS

Table 1 shows the results of foraminal enlargement in the different groups after SEM analysis. The curvature of the canal did not influence the occurrence of foraminal deformation either for instrumentation in the foramen ($p=0.344/Z$ test) or for instrumentation beyond the foramen ($p=0.5/Z$ test). It was also observed that the increase in working length did not influence the appearance of new deformations in straight group (GI; $p=0.14/Z$ test) and in curved group (GM; $p=0.06/Z$ test). **Figure 1** shows images of apical foramen before and after instrumentation.

Micro-CT analysis showed the presence of dentinal defects in 0.8% (112) and 1.5% (208) of the cross-sections of incisors and molars, respectively, from a total of 13,987 slices. All dentinal defects identified in the analysis of any postoperative scans were already present in the corresponding preoperative images. Therefore, no new microcracks was observed after root canal preparation (**Figure 2**).

DISCUSSION

The apical limit of instrumentation is a controversial topic in endodontics. Clinical investigations revealed that the working length must be limited to the dentin canal, that is, 0.5 - 1 mm from the root apex (1,2). On the other hand, other authors point out that the cleaning and shaping of the canal must be carried out until or beyond the apical foramen, with the rationale that foraminal enlargement might be associated with a more favorable and predictable repair (8,9,21). This study evaluated the morphological changes of the apical foramen and formation of dentinal microcracks after foraminal enlargement in straight and curved root canals, through analysis in micro-CT and SEM.

The first results of the present study demonstrated that morphological changes were present after foraminal enlargement for both straight of curved root canals, without statistical differences ($P>0.05$). Therefore, the first null hypothesis

was rejected. Previous studies also demonstrated that foraminal enlargement might be associated with some amount of morphological changes in the apical foramen (12). Even when using flexible thermomechanical treated instruments, such as Reciproc Blue (22,23), some amount of canal deformation is expected. These results are in accordance with Hu *et al.* (24) and González Sanchez *et al.* (25) that observed that instrumentation beyond the limits of the canal can cause foraminal deformations, especially in root canals with curvature. Moreover, although the frequency of foraminal deformation increased when the root canal preparation was performed 1mm beyond the foramen, no significant difference was observed when compared to preparations at the “0.0” level. Silva *et al.* (10) observed that greater deformations were found in the root canal preparation 1mm beyond the apical foramen when compared to that performed in the apical foramen. However, such deformations did not affect the sealing of the root canal filling.

The other outcome evaluated in this study was the formation of dentinal microcracks in the apical third after foraminal enlargement. Most studies that correlate the mechanical preparation of the canal and the appearance of dentinal defects used direct observation of the samples under a stereomicroscope after sectioning the roots (26-28). It has been previously demonstrated that this methodology might be inadequate to perform such type of evaluation (29). Root sectioning of the specimens does not allow comparing pre- and post-operative images of the same tooth, and the destructive nature of sectioning methods allows the evaluation of only 3-4 levels of the specimen with the chance of missing microcracks in other regions of the root (29). A recent study showed that slices of unprepared roots had defects that could not be visualized without LED transillumination, putting into question the reliability of the aforementioned method (30 Coelho *et al.*, 2016). Nowadays non-destructive micro-CT technology is considered the gold-standard methodology to evaluate the formation of dentinal microcracks after root canal preparation (29-32). This technology offers high resolution images in all three dimensions, without the need to section the samples, allowing a precise assessment of the presence of microcracks before and after root canal preparation, within each specimen being its own control (29-32).

In this study, microcracks was found in 2.3% of the evaluated slices. Other previous studies revealed the presence of 12-47% of dentinal defects (29-34). The presence of such defects in the teeth may be associated with factors such as

trauma, extraction forces and storage procedures (35). In our study, the lower frequency found may be related to the length of the canal that was evaluated - only in the apical 3mm. In most studies, the presence of microcracks is verified along the entire root. In addition, comparisons between micro-CT studies should be made carefully, as resolution, different scanning patterns, reconstruction and differences in the number of cross-sectional images can affect the results.

No new dentinal microcrack was found after instrumentation in the different working lengths, which suggests that from that point of view, mechanical preparation both in the foramen and beyond can be considered safe. Therefore, the second null hypothesis was accepted. This type of procedure can be an alternative to optimize root canal disinfection, especially in cases of periapical lesions, where the apical third is heavily contaminated (21). This result agrees with de Oliveira *et al.* (14), who also found that there was no relationship between the formation of microcracks and instrumentation at different working lengths. Regarding the use of Reciproc Blue, used in this study, Aksoy *et al.* (33) and Uğur Aydın *et al.* (34) also observed that this instrument did not promote the formation of microcracks.

The curvature of the canal did not influence the occurrence of foraminal deformation or the formation of new microcracks, so the third null hypothesis was also accepted. There are no studies that evaluated the foraminal deformation in the SEM after its enlargement in straight and curved root canals, however many studies agree that in curved canals the apical deviation can happen, regardless of the instrument used (36-38) Few studies have evaluated the occurrence of dentinal defects in straight and curved canals, however the results presented by Rodig *et al.* (39) agree with the present study, not establishing a relationship between root canal curvature and formation of microcracks.

CONCLUSION

Root canal curvature neither the level of WL influenced the occurrence of deformation in the apical foramen. There is a lack of causal relationship between foraminal enlargement at different levels and dentinal microcracks.

ACKNOWLEDGMENT

The authors thanks *CNPq*, the Federal University of Paraíba (UFPB), the State University of Campinas (FOP/UNICAMP) and the Laboratório de Ultraestrutura Celular Carlos Alberto Redins (LUCCAR) from the Federal University of Espírito Santo (UFES) for supporting this study.

REFERENCES

1. Ricucci, D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. literature review. *Int Endod J* 1998;31:384–93.
2. Souza, RA. The importance of apical patency and cleaning of the apical foramen on root canal preparation. *Braz Dent J* 2006;17:6–9.
3. Nair, PN, Henry S, Cano V. et al. 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;99:231–52.
4. Noiri Y, Ehara A, Kawahara, T. et al. Participation of bacterial biofilms in refractory and chronic periapical periodontitis. *J Endod* 2002;28:679–83.
5. Signoretti FG, Endo MS, Gomes BP et al. Persistent extraradicular infection in root-filled asymptomatic human tooth: scanning electron microscopic analysis and microbial investigation after apical microsurgery. *J Endod* 2011;37:1696–700.
6. Saini, HR, Sangwan P, Sangwan A. Pain following foraminal enlargement in mandibular molars with necrosis and apical periodontitis: A randomized controlled trial. *Int Endod J* 2016;49:1116-23.
7. Yaylali IE, Teke A, Tunca YM. The effect of foraminal enlargement of necrotic teeth with a continuous rotary system on postoperative pain: a randomized controlled trial. *J Endod* 2017;43:359–63.
8. Benatti O, Valdrighi L, Biral RR et al. A histological study of the effect of diameter enlargement of the apical portion of the root canal. *J Endod* 1985;11:428-34.
9. Souza-Filho FJ, Benatti O, 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;64:480–4.
10. Silva EJ, Menaged K, Ajuz N et al. Postoperative pain after foraminal

enlargement in anterior teeth with necrosis and apical periodontitis: a prospective and randomized clinical trial. J Endod 2013;39:173–6.

11. Cruz Junior JA, Coelho MS, Kato AS et al. The effect of foraminal enlargement of necrotic teeth with the Reciproc system on postoperative pain: a prospective and randomized clinical trial. J Endod 2016;42:8–11.

12. Silva Santos AM, Portela FMSF, Coelho MS et al. Foraminal deformation after foraminal enlargement with rotary and reciprocating kinematics: A scanning electronic microscopy study. J Endod. 2017;44:145-8.

13. Adorno CG, Yoshioka T, Suda H. Crack initiation on the apical root surface caused by three different nickel titanium rotary files at different working lengths. J Endod 2011;37:522-5.

14. Oliveira, BP, Câmara AC, Duarte DA. et al. Effect of reciprocating systems and working lengths on apical microcrack development: a micro-CT study. Braz Dent J 2017;28:710-4.

15. Ricucci D, Rocas IN, Alves FR. et al. Apically extruded sealers: fate and influence on treatment outcome. J Endod 2016;42:243–9.

16. Silva JM, Brandao GA, Silva EJ. et al. Influence of working length and foraminal enlargement on foramen morphology and sealing ability. Indian J Dent Res 2016;27:66–72.

17. Ricucci D, Siqueira JF Jr. Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopathological findings. J Endod 2010;36:1277–88.

18. De-Deus G, Belladonna FG, Marins JR et al. On the causality between dentinal defects and root canal preparation: a micro-CT assessment. Braz Dent J 2016;27:664-9.

19. Schneider, SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Patol 1971;2:271-5.

20. Arslan H, Karatas E, Capar ID. et al. Effect of ProTaper Universal, Endoflare, Revo-S, HyFlex coronal flaring instruments, and Gates Glidden drills on crack formation. J Endod 2014;40:1681–3.

21. Brandão PM, de Figueiredo JAP, Morgental RD et al. Influence of foraminal enlargement on the healing of periapical lesions in rat molars. Clin Oral Investig 2019;23:1985-91.
22. De-Deus G, Silva EJ, Vieira VT et al. Blue thermomechanical treatment optimizes fatigue resistance and flexibility of the Reciproc files. J Endod 2017;43:462–6.
23. Filizola de Oliveira DJ, Leoni GB, da Silva Goulart R. et al. Changes in Geometry and Transportation of Root Canals with Severe Curvature Prepared by Different Heat-treated Nickel-titanium Instruments: A Micro-computed Tomographic Study. J Endod 2019;45:68-773.
24. Hu W, Whitten B, Sedgley C. et al. Effect of three NiTi files on transportation of the apical foramen. Int Endod J 2014;47:1064-71
25. González Sanchez JÁ, Duran-Sindreu F, de Noé S et al. Centring ability and apical transportation after overinstrumentation with ProTaper Universal and Profile Vortex instruments. Int Endod J 2012;45:542-51.
26. Liu R, Hou BX, Wesselink PR. et al. The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. J Endod 2013;39:1054-6.
27. Ashwinkumar V, Krithikadatta J, Surendran S et al. Effect of reciprocating file motion on microcrack formation in root canals: an SEM study. Int Endod J 2014;47:622-7.
28. Helvacioğlu-Yigit D, Aydemir S, Yilmaz A. Evaluation of dentinal defect formation after root canal preparation with two reciprocating systems and hand instruments: an in vitro study. Biotechnology & Biotechnological Equipment 2015;29:368–73.
29. De-Deus G, Silva EJ, Marins J et al. Lack of causal relationship between dentinal microcracks and root canal preparation with reciprocation systems. J Endod 2014;40:1447–50.
30. Coelho MS, Card SJ, Tawi PZ. Visualization enhancement of dentinal defects by using light-emitting diode transillumination. J Endod 2016, 42:1110-13
31. De-Deus G, Belladonna FG, Souza EM et al. Micro-computed Tomographic Assessment on the Effect of ProTaper Next and Twisted File Adaptive Systems on Dentinal Cracks. J Endod 2015;41:1116-9.

32. Bayram HM, Bayram E, Ocak M et al. Micro-computed tomographic evaluation of dentinal microcrack formation after using new heat-treated nickel-titanium systems. J Endod 2017;43:1736-1739.
33. Aksoy Ç, Keriş EY, Yaman SD et al. Evaluation of XP-endo Shaper, Reciproc Blue, and ProTaper Universal NiTi Systems on dentinal microcrack formation using micro-computed tomography. J Endod 2019;45:338-42.
34. Uğur Aydın Z, Keskin NB, Özyürek T. Effect of Reciproc blue, XP-endo shaper, and WaveOne gold instruments on dentinal microcrack formation: A micro-computed tomographic evaluation. Micro Res Techn 2019;82:856-60.
35. Arias A, Lee YH, Peters CI et al. Comparison of 2 canal preparation techniques in the induction of microcracks: a pilot study with cadaver mandibles. J Endod 2014;40:982-5.
36. Pinheiro et al. Evaluation of apical transportation and centering ability of five thermally treated NiTi rotary systems. Int Endod J 2018;51:705-71.
37. Razcha C et al. Micro-Computed Tomographic evaluation of canal transportation and centering ability of 4 heat-treated nickel-titanium systems. J Endod 2020; S0099-2399(20)30073-x. doi: 10.1016/j.joen.2020.01.020.
38. Poly A et al. Canal transportation and centering ratio after preparation in severely curved canals: analysis by micro-computed tomography and double-digital radiography. Clin Oral Investig 2019;23:4255-62.
39. Rodig et al. Incidence of microcracks after preparation of straight and curved root canals with three different NiTi instrumentation techniques assessed by micro-CT. Aust Endod J 2019; 45: 394-399

3 METODOLOGIA DETALHADA

Considerações Éticas

Respeitando as diretrizes e normas que regulamentam as pesquisas envolvendo seres humanos, de acordo com a Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde, este trabalho foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba, sendo aprovado sob o número CAAE: 10443519.0.0000.5188 (Anexo A).

Local do Estudo

As etapas da pesquisa foram realizadas no Laboratório Integrado de Biomateriais (LABIO) do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). O Micro CT utilizado foi do Laboratório de Microscopia e Imagem Biológica (LAMIB) no CCS da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) (Anexo B) e o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) foi do Laboratório de Ultraestrutura Celular Carlos Alberto Redins (LUCCAR) do CCS da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) (Anexo C).

Seleção das amostras e divisão dos grupos experimentais

Foram selecionados trinta molares inferiores e trinta incisivos inferiores, cedidos pelo Biobanco de Dentes Humanos da Universidade Federal da Paraíba. Os dentes foram radiografados no sentido méso-distal e vestibulo-lingual para o estudo da anatomia interna por meio de radiomicrografia digital no equipamento PCBA Inspector (Phoenix, General Electric, Alemanha). Foram incluídos apenas molares inferiores que apresentaram raízes mesiais com curvatura moderada (SCHNEIDER, 1971) e incisivos inferiores com raízes retilíneas e canal único. Dentes com tratamento endodôntico realizado, reabsorções radiculares, defeitos dentinários, cáries radiculares e formação radicular incompleta foram excluídos.

Após a seleção inicial das amostras, os espécimes foram divididos aleatoriamente em 4 grupos experimentais: GI-SEM (Incisivos inferiores / n=15), GM-SEM (Molares inferiores / n=15), GI-MCT (Incisivos inferiores / n=15) e GM-MCT (Molares inferiores / n=15). A figura 1 demonstra o fluxograma de seleção da amostra e divisão dos grupos.

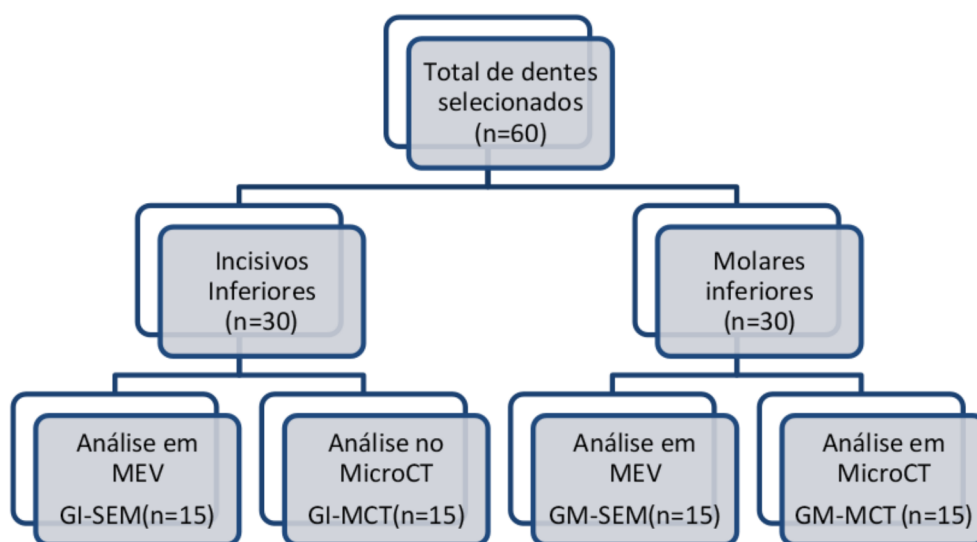


Figura 1 - Divisão dos grupos experimentais.

Preparo das amostras para obtenção das imagens iniciais em MEV

As coroas dentárias dos dentes selecionados para análise em MEV foram removidas por meio de discos de *Carborundum* acionados em um micromotor, restando um remanescente radicular de 13mm. Os dentes foram desidratados em estufa a 37 °C durante 24 horas e, posteriormente, foram fixados em suportes metálicos de alumínio (*Stubs*) de diâmetro de 12mm com os ápices voltados para cima. Fitas de carbono dupla face foram utilizadas para fixação (Figura 2). Logo após, foi realizada a metalização das raízes em uma câmara a vácuo (*Desk V*, Denton Vacuum, Buffalo, USA) com um período de *sputtering* (banho de ouro) de 120 segundos (Figura 3). O microscópio eletrônico de varredura *JEOL* - Modelo JSM 6610LV (Tokyo, Japão) foi utilizado para produzir as imagens observadas neste estudo com ampliações de 50x (15kv) para avaliação da morfologia do forame apical principal dos incisivos inferiores e do canal méso-vestibular dos molares inferiores, nos três momentos operatórios (inicial, no forame e 1 mm além dele).

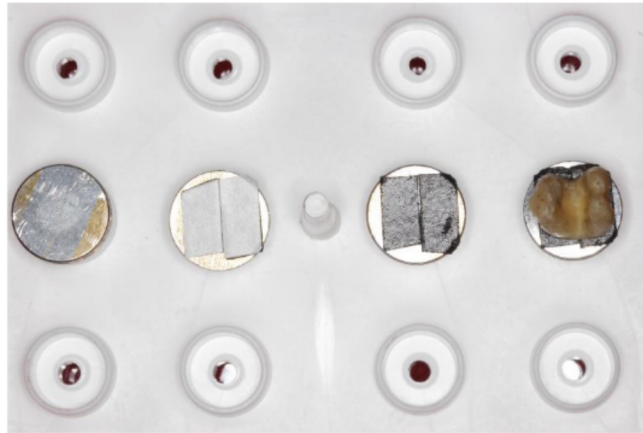


Figura 2 - Passo a passo da colocação da fita de carbono para fixação do dente antes da metalização das amostras para análise no MEV.

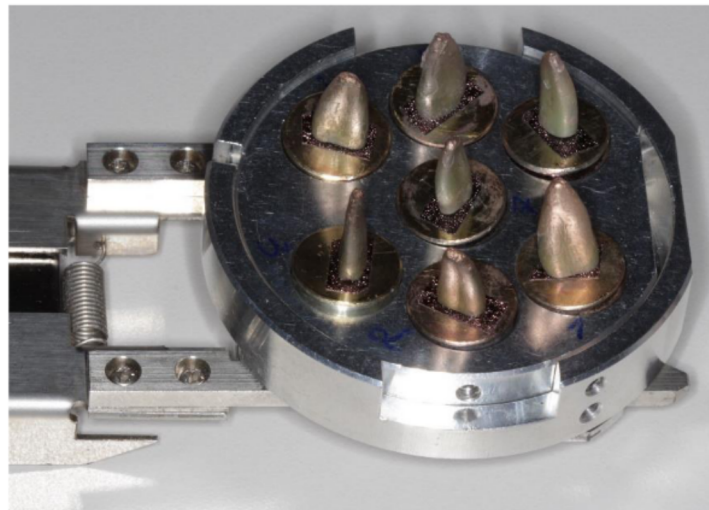


Figura 3 - Amostras após metalização, prontas para serem avaliadas no MEV.

Preparo das amostras para obtenção das imagens em Micro CT

As imagens iniciais dos incisivos inferiores e dos molares inferiores foram obtidas por meio do microtomógrafo SkySCAN 1172 (Bruker microCT, Kontich, Belgium) com uma resolução de 24,90 μm – com o auxílio de um aparelho emissor de raio-X e fonte de voltagem de 100 kV, amperagem de 100 μA , em uma rotação de 180°, um passo de rotação (*rotational step*) de 0,6° e um filtro de alumínio e cobre. Apenas os 3mm apicais foram escaneados durante o processo de aquisição. As imagens originais foram reconstruídas e convertidas em imagens de Bitmap

através do software nRecon (versão 1.5.23) com um *Smoothing* de 5, *Ring artefact* de 5 e *Beam Hardening* de 30%. As imagens foram alinhadas com o software de visualização morfométrica Data Viewer (Bruker MicroCT).

Logo após a aquisição das imagens iniciais no MicroCT, foi realizada a abertura coronária dos dentes por meio de brocas diamantadas 1011 (KG Sorensen) e com a broca endo Z (FG Maillefer - Dentsply) acionadas em alta rotação, para garantir a localização dos canais radiculares.

Simulação do ligamento periodontal

Anteriormente à instrumentação das amostras analisadas em MicroCT, foi realizada a simulação do ligamento periodontal, baseado no estudo de Arslan et al. (2014).

Inicialmente, demarcou-se com lapiseira 3,0mm da base cervical da raiz em direção ao terço apical, espaço esse para simular as distâncias biológicas. Os dentes foram imersos em cera 7 (Duradent, USA – Odonto Com. Imp. Ltda, São Paulo, SP - Brasil) aquecida. Os dentes foram mantidos em temperatura ambiente e, então, a cera solidificou-se imediatamente evitando o escoamento e formação de camadas irregulares. Em seguida, os mesmos foram imersos em água fria para que a cera solidificasse completamente e não sofresse deformações (Figura 4).

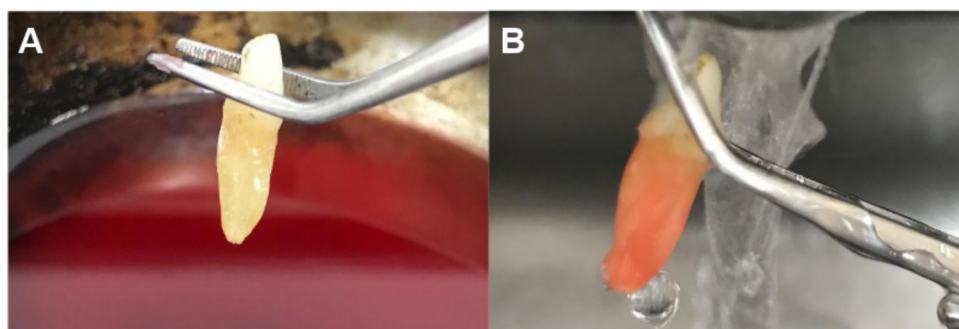


Figura 4 - A: Inserção da raiz na cera rosa aquecida para a simulação da espessura do ligamento periodontal artificial; B: Imersão da raiz na água para solidificação completa da cera.

A espessura da raiz foi analisada antes e após a imersão na cera com um Paquímetro (Worker) (Figura 5) para obter uma espessura de $0,2 \pm 0,3\text{mm}$ em torno

de toda a raiz (ARSLAN et al., 2014) que forneceu o espaço a ser preenchido depois por poliéter simulando o “ligamento periodontal”. Quando a medida da camada de cera foi maior ou menor que $0,2 \pm 0,3$ mm propostos, toda a cera foi removida e os passos repetidos até a obtenção da espessura correta.

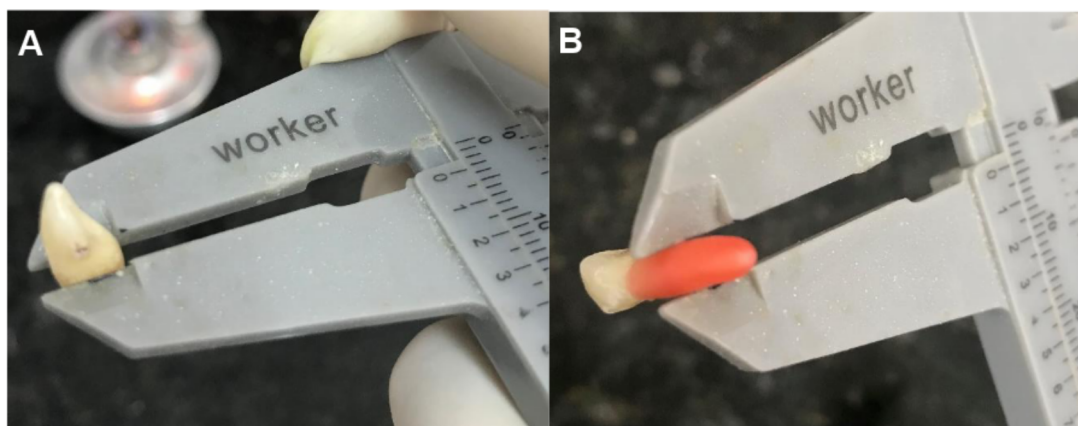


Figura 5 - A: Aferição da espessura da raiz antes da imersão em cera. B: Aferição da espessura do ligamento periodontal artificial e raiz pronta para inserção na resina acrílica.

Foram feitas circunferências em lâminas de cera utilidade, referente ao diâmetro de 25mm do tubo de PVC (Tigre do Brasil, Osasco, SP – Brasil), para vedar a base do tubo e evitar o escoamento da resina acrílica. Após manipulação da resina acrílica esta foi inserida no interior dos tubos de PVC (Figura 6) e a raiz foi centralizada e imersa na resina até os 3,0mm demarcados referentes às distâncias biológicas.

Após a polimerização da resina, a cera em torno das raízes e do interior do alvéolo artificial foi removida e pincelou-se o adesivo (Polyether Adesive, 3M - ESPE, Seefeld -Alemanha). Aguardou-se 5 minutos para secagem do material. A pasta base e pasta catalisadora do material de moldagem (Impregum F 3M – ESPE, Seefeld - Alemanha) foram proporcionadas e espatuladas sendo posteriormente inseridas no interior do alvéolo artificial simulando-se o ligamento periodontal artificial (Figura 5). Vale salientar que no ápice foi necessário deixar um espaço maior com cera (~ 1mm) para que posteriormente na instrumentação além houvesse espaço para a lima ultrapassar o forame sem atingir a resina acrílica.

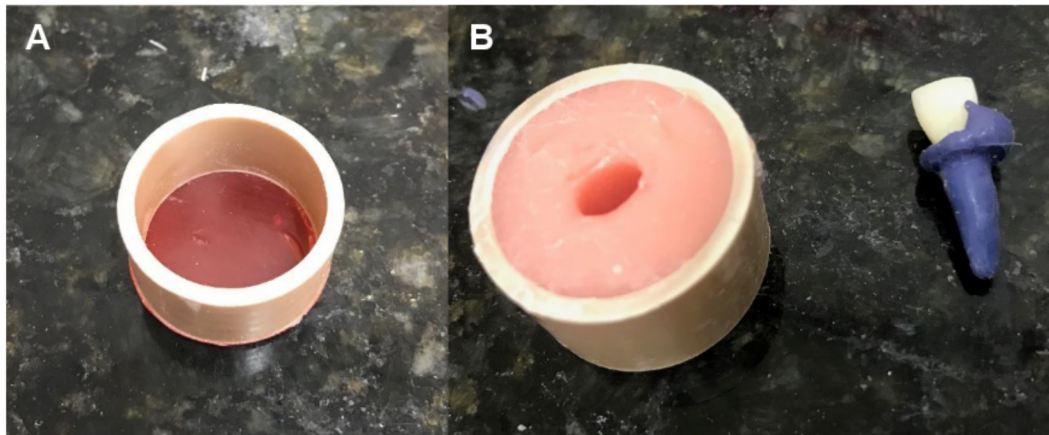


Figura 6 - A: Tubo de PVC com base de cera utilidade, pronto para receber a resina acrílica. B: Espaço deixado na resina referente a raiz e dente envolto por material de moldagem que substituiu a cera formando assim o ligamento periodontal simulado.

Preparo químico-mecânico do canal radicular

O preparo químico mecânico foi realizado com a lima *Reciproc Blue* 25.08 (R25 - VDW, Munique, Alemanha) acionada no motor endodôntico *Reciproc VDW.Silver* (VDW, Munique, Alemanha), utilizada de acordo com as recomendações do fabricante. Apenas o canal principal dos incisivos inferiores e o canal méso-vestibular dos molares inferiores foram instrumentados. Inicialmente, foi realizado o preparo cervical dos canais com o referido instrumento. Logo após, a localização do forame apical foi realizada visualmente com a lima C-pilot 10 (VDW) com o auxílio de uma lupa. A medição foi registrada quando a ponta do instrumento era visível no forame. *Stops* de borracha foram utilizados para definir o comprimento. A instrumentação apical foi realizada avançando-se com o instrumento progressivamente no canal radicular. A cada três bicadas, o instrumento era removido e o canal irrigado com 5ml de hipoclorito de sódio a 2,5%.

Nos grupos GI-SEM e GM-SEM, a instrumentação foi realizada em duas etapas: no forame apical e 1mm além do forame. Para garantir a estabilização dos espécimes durante o procedimento, os dentes foram fixados em suportes metálicos.

Nos grupos GI-MCT e GM-MCT, a instrumentação foi realizada em 3 etapas: 1mm aquém do forame, no forame e 1mm além do forame. Nesses grupos, durante o preparo do canal, foi confeccionado um ligamento periodontal simulado, com uma película fina de material de moldagem à base de silicone (*Impregum*, 3M ESPE, Seefeld, Alemanha), incorporado em resina acrílica dentro de um tubo PVC (ARSLAN et al., 2014).

Após cada etapa de instrumentação, os dentes eram levados ao MEV ou ao MicroCT para obtenção das imagens, segundo os protocolos descritos anteriormente.

Análise das imagens

As imagens foram avaliadas por 2 examinadores. Previamente a análise, foi realizada uma calibração e aplicado o teste Kappa para determinação do grau de concordância. O valor de Kappa foi de 0.83, indicando uma excelente concordância inter-examinador.

No MEV, foram obtidas 90 imagens de forames apicais: 30 sem instrumentação, 30 para instrumentação no forame apical e 30 para instrumentação 1mm além do forame apical. Quando nenhuma deformação foi observada, o forame apical foi considerado “sem deformação”. Diante da presença de rasgos ou alteração da posição do forame apical, o mesmo foi considerado “com deformação” (SILVA SANTOS et al., 2017).

As imagens no MicroCT foram obtidas em 4 momentos distintos: antes da instrumentação, após a instrumentação 1mm aquém do forame, no forame apical e 1mm além do forame apical, totalizando 120 reconstruções por espécime. As imagens reconstruídas foram transferidas para o programa DataViewer (versão 1.4.2.4, Bruker micro-CT, SKYScan). A presença de microtrincas nos 3mm apicais foi verificada em todos diferentes comprimentos de trabalho. Qualquer defeito dentinário (trincas parciais ou totais) foi definido como “microtrinca presente”. Quando não foi identificado qualquer defeito, a microtrinca foi considerada “ausente”. Se uma microtrinca foi detectada na imagem pós-instrumentação, a imagem correspondente a pré-instrumentação foi inspecionada para verificar a preexistência daquele defeito dentinário.

Todas as imagens foram reavaliadas após 15 dias. Diante de dúvidas entre os examinadores, as imagens eram revistas e chegava-se a um consenso.

Análise estatística

Após a análise em MEV, o teste Z foi aplicado para verificar se houve diferença em relação a deformação foraminal nos diferentes grupos. O nível de significância adotado foi de 5% unicaudal. Em relação ao micro CT, o número de microtrincas identificados nas imagens pré e pós-instrumentação foi calculado e apresentado por meio de porcentagem.

4 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A endodontia, especialidade da odontologia que estuda a polpa dental e o sistema de canais radiculares, está em constante evolução. Cada vez mais, novas tecnologias têm sido inseridas e, dessa forma, essa especialidade tem se tornado mais otimizada. Entretanto, muitos profissionais, mesmo com o avanço tecnológico, são norteados por antigos conceitos. Novas técnicas de instrumentação do canal radicular têm sido discutidas, porém falta, muitas vezes, o embasamento científico.

A prática clínica deve acompanhar a ciência para que os procedimentos sejam realizados de forma segura, eficaz e com evidências na literatura. Esta pesquisa visou esclarecer os efeitos da ampliação foraminal sobre anatomia do canal radicular, em diferentes comprimentos. Com isso, foi possível concluir que a curvatura do canal não influenciou a ocorrência de deformação no forame e não houve a formação de novas microtrincas após a ampliação foraminal. Mesmo sendo uma pesquisa laboratorial, os resultados preliminares podem estimular que novas pesquisas clínicas na área sejam realizadas.

A ampliação foraminal durante o preparo químico mecânico merece ser estudada para comprovação ou não de sua eficácia. Os principais beneficiados a longo prazo de estudos como este são os pacientes, que são submetidos ao tratamento endodôntico, e os cirurgiões-dentistas, que são os executores da técnica endodôntica e almejam o sucesso da terapia endodôntica realizada.

5 CONCLUSÃO

A curvatura do canal não influenciou a ocorrência de deformação no forame e não houve a formação de novas microtrincas após a ampliação foraminal.

REFERÊNCIAS*

- Adorno, C.G., Yoshioka, T., Suda, H. **Crack initiation on the apical root surface caused by three different nickel titanium rotary files at different working lengths.** *J Endod.* 2011;37(4):522-5.
- Arslan, H., Karatas, E., Capar, I.D. et al. **Effect of ProTaper Universal, Endoflare, Revo-S, HyFlex coronal flaring instruments, and Gates Glidden drills on crack formation.** *J Endod.* 2014;40:1681-3.
- Benatti, O., Valdrighi, L., Biral, R.R. et al. **A histological study of the effect of diameter enlargement of the apical portion of the root canal.** *J Endod.* 1985;11(10):428-34.
- Cruz Junior, J.A., Coelho, M.S., Kato, A.S. et al. **The effect of foraminal enlargement of necrotic teeth with the Reciproc system on postoperative pain: a prospective and randomized clinical trial.** *J Endod.* 2016;42(1):8-11.
- Nair, P.N., Henry, S., Cano, V. et al. **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.
- Noiri, Y., Ehara, A., Kawahara, T. et al. **Participation of bacterial biofilms in refractory and chronic periapical periodontitis.** *J Endod.* 2002;28(1):679-83.
- Oliveira, B.P., Câmara, A.C., Duarte, D.A. et al. **Effect of Reciprocating Systems and Working Lengths on Apical Microcrack Development: a micro-CT Study.** *Braz Dent J.* 2017;28(6):710-714.
- Ricucci, D. **Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. literature review.** *Int Endod J.* 1998;31(6):384-93.
- Ricucci, D., Rocas, I.N., Alves, F.R. et al. **Apically extruded sealers: fate and influence on treatment outcome.** *J Endod.* 2016;42(2):243-9.
- Ricucci, D., Siqueira, J.F. Jr. **Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopatological findings.** *J Endod.* 2010;36(8):1277-88.
- Saini, H.R., Sangwan, P., Sangwan, A. **Pain following foraminal enlargement in mandibular molars with necrosis and apical periodontitis: A randomized controlled trial.** *Int Endod J.* 2016;49(12):1116-1123.

Schneider, S.W. **A comparison of canal preparations in straight and curved root canals.** *Oral Surg Oral Med Oral Patol.* 1971;2(32):271-5.

Signoretti, F.G., Endo, M.S., Gomes, B.P. et al. **Persistent extraradicular infection in root-filled asymptomatic human tooth: scanning electron microscopic analysis and microbial investigation after apical microsurgery.** *J Endod.* 2011;37(12):1696-700.

Silva, E.J., Menaged, K., Ajuz, N. et al. **Postoperative pain after foraminal enlargement in anterior teeth with necrosis and apical periodontitis: a prospective and randomized clinical trial.** *J Endod.* 2013;39(2):173-6.

Silva, J.M., Brandao, G.A., Silva, E.J. et al. **Influence of working length and foraminal enlargement on foramen morphology and sealing ability.** *Indian J Dent Res.* 2016;27(1):66-72.

Silva Santos, A.M., Portela, F.M.S.F., Coelho, M.S. et al. **Foraminal Deformation after Foraminal Enlargement with Rotary and Reciprocating Kinematics: A Scanning Electronic Microscopy Study.** *J Endod.* 2017;44(1):145-148.

Souza, R.A. **The importance of apical patency and cleaning of the apical foramen on root canal preparation.** *Braz Dent J.* 2006;17(1):6-9.

Souza-Filho, F.J., Benatti, O., Almeida, O.P. **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.

Yaylali, I.E., Teke, A., Tunca, Y.M. **The effect of foraminal enlargement of necrotic teeth with a continuous rotary system on postoperative pain: a randomized controlled trial.** *J Endod.* 2017;43(3):359-63.

* De acordo com as normas do PPGO/UFPB, baseadas na norma do International Committee of Medical Journal Editors - Grupo de Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.

ANEXOS

ANEXO A – PARECER DO CEP

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação morfológica do terço apical de canais radiculares com diferentes curvaturas após a ampliação foraminal

Pesquisador: Maria Lúcia Oliveira Vieira

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 10443519.0.0000.5188

Instituição Proponente: Centro de Ciência da Saúde

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JOAO PESSOA, 30 de Abril de 2019

Assinado por:
Eliane Marques Duarte de Sousa
(Coordenador(a))

ANEXO B – CARTA DE ANUÊNCIA LAMIB



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências da Saúde
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

CARTA DE ANUÊNCIA

Declaro anuência que o projeto intitulado de "AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DO TERÇO APICAL DE CANAIS RADICULARES COM DIFERENTES CURVATURAS APÓS A AMPLIAÇÃO FORAMINAL" poderá ser desenvolvido no Laboratório de Imagem e Microscopia Biológica do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba, utilizando-se dos equipamentos e demais itens de infra-estrutura presentes neste Laboratório.

João Pessoa, 20 de dezembro de 2018.

Assinatura manuscrita em tinta preta, sobre uma linha horizontal.

Prof. Dr. Frederico Barbosa de Sousa
Coordenador do LAMIB/CCS/UFPB



Scanned with
CamScanner

ANEXO C – CARTA DE ANUÊNCIA LUCCAR



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências da Saúde
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

CARTA DE ANUÊNCIA

Declaro anuência que o projeto intitulado de "AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DO TERÇO APICAL DE CANAIS RADICULARES COM DIFERENTES CURVATURAS APÓS A AMPLIAÇÃO FORAMINAL" da mestranda MARIA LÚCIA OLIVEIRA VIEIRA, orientada pelo Prof. Dr. Thiago Farias Rocha Lima, poderá ser desenvolvido no Laboratório de Ultraestrutura Celular Carlos Alberto Redins no Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo do dia 02/09/19 ao dia 06/09/19, utilizando-se do MEV (Microscópio Eletrônico de Varredura) e demais itens de infraestrutura presentes neste Laboratório.

João Pessoa, 01 de setembro de 2019.

Assinatura manuscrita em tinta azul de Marco Cesar Cunegundes Guimarães.

Prof. Marco Cesar Cunegundes Guimarães
Coordenador do LUCCAR/CCS/UFES

ANEXO D – DECLARAÇÃO BANCO DE DENTES HUMANOS



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE BANCO DE DENTES HUMANOS

DECLARAÇÃO AO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Para fins de avaliação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFPB, o Biobanco de Dentes Humanos BDH/CCS/UFPB, compromete-se a auxiliar pesquisadores na realização de seus projetos.

Sendo assim, antes da aprovação do CEP, o pesquisador responsável deverá consultar se o(s) dente(s) que pretende utilizar na pesquisa está(ão) armazenado(s) no Biobanco de Dentes Humanos da BDH/CCS.

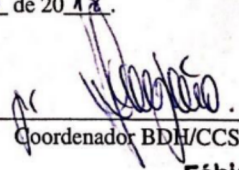
Após consulta ao Biobanco do(s) dente(s) armazenado(s) e a aprovação do CEP, nossa contribuição consistirá no oferecimento

de 30 incisivos inferiores e 30 molares inferiores (háies íntegras)
(número e grupo de dentes) para a execução do trabalho de pesquisa intitulado:
" Avaliação morfológica do terço apical de cones radiculares
com diferentes curvaturas após a amputação perimolar"

a ser realizada por
Maria Lúcia Oliveira Gouveia

autor(es) Thiago Soares Rocha Lima orientado por

João Pessoa, 13 de dezembro de 20 18.


Coordenador BDH/CCS/UFPB

Assinatura do pesquisador responsável:

Maria Lúcia O. Gouveia

Fábio Correia Sampaio
Vice-Coordenador do BDH/CCS
Portaria 206/2011/CCS/UFPB
Matrícula SIAPE 6337281



Scanned with
CamScanner