

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
ODONTOLÓGICAS**

**A INFLUÊNCIA DO ALARGAMENTO APICAL NA
DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES EM CANAIS
RADICULARES CURVOS: ANÁLISE DE ELEMENTOS
FINITOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Pauline Mastella Lang

Santa Maria, RS, Brasil

2013

A INFLUÊNCIA DO ALARGAMENTO APICAL NA DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES EM CANAIS RADICULARES CURVOS: ANÁLISE DE ELEMENTOS FINITOS

Pauline Mastella Lang

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, Área de Concentração em Biomateriais, Ênfase em Endodontia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências Odontológicas com ênfase em Endodontia.**

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Souza Bier

Santa Maria, RS, Brasil

2013

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Mastella Lang, Pauline

A Influência do Alargamento Apical na Distribuição de Tensões em Canais Radiculares Curvos: Análise de Elementos Finitos / Pauline Mastella Lang.-2013.
55 p.; 30cm

Orientador: Carlos Alexandre Souza Bier
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, RS, 2013

1. Alargamento Apical 2. Distribuição de Tensões 3. Análise de Elementos Finitos I. Souza Bier, Carlos Alexandre II. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
ODONTOLÓGICAS**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**A INFLUÊNCIA DO ALARGAMENTO APICAL NA
DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES EM CANAIS
RADICULARES CURVOS: ANÁLISE DE ELEMENTOS
FINITOS**

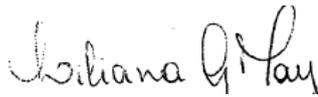
elaborada por
Pauline Mastella Lang

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciências Odontológicas com Ênfase em Endodontia.

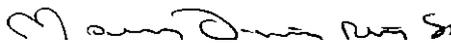
COMISSÃO EXAMINADORA:



Carlos Alexandre Souza Bier, Dr.
(Presidente/Orientador)



Liliana G. May, Dra. (UFSM)



Marcus Vinícius Reis Só, Dr. (UFRGS)

Santa Maria, 15 de Agosto de 2013.

DEDICATÓRIA

Aos Mestres com carinho

Ser professor é professar a fé e a certeza de que tudo terá valido a pena se o aluno sentir-se feliz pelo que aprendeu com você e pelo que ele lhe ensinou...

Ser professor é consumir horas e horas pensando em cada detalhe daquela aula que, mesmo ocorrendo todos os dias, a cada dia é única e original...

Ser professor é encontrar pelo corredor com cada aluno, olhar ele sorrindo, e se possível, chamando-o pelo nome para que ele se sinta especial...

Ser professor é entrar cansado numa sala de aula e, diante da reação da turma, transformar o cansaço numa aventura maravilhosa de ensinar e aprender...

Ser professor é importar-se com o outro numa dimensão de quem cultiva uma planta muito rara que necessita de atenção, amor e cuidado...

Ser professor é ser um “administrador da curiosidade” de seus alunos, é ser parceiro, é ser igual na hora de ser igual, e ser líder na hora de ser líder...

Ser professor é saber estar disponível aos colegas e ter um espírito de cooperação e de equipe na troca enriquecedora de saberes...

Ser professor é ter a capacidade de “sair de cena, sem sair do espetáculo”...

Ser professor é apontar caminhos, mas deixar que o aluno caminhe com os seus próprios pés...

Autor desconhecido

AGRADECIMENTOS

A Deus

Obrigada por se fazer presente em todos os momentos, dando-me força para enfrentar os obstáculos, transmitindo-me a segurança nas escolhas realizadas, e proporcionando-me serenidade e sapiência ao proferir palavras.

*“When I find myself in time of trouble
Mother Mary comes to me
Speaking words of wisdom, let it be...”*

Lennon and McCartney

Ao meu pai Orlando

A você que sempre esteve do meu lado, meu fiel escudeiro, e que faz do futebol e da música as minhas maiores paixões.

*“Das roupas velhas do pai queria que a mãe fizesse
Uma mala de garupa e uma bombacha me desse...”*

César Passarinho

A minha mãe Celina

Nunca entendi o porquê eu adorava interromper as suas aulas e escrever no quadro negro, o porquê era divertido te ajudar a fazer cópias de provas no mimeógrafo, o porquê era uma aventura frequentar o laboratório de química com você... simples, queria ser professora igual a você.

*“...Ti voglio aver sempre con me,
Oggi ho sentito davvero che,
Non posso piu viver così
Per me tu sei sempre,
Il primo amore...”*

Nil Bernardes/Luiz Schavion/Marcelo Barbosa

A minha avó Venílda (Oma)

Serei eternamente grata a você pelo carinho e pelas palavras de apoio.

*“Am sonntag geh' ich in di stadt
Dort giebt's das beste bier
Mein orst wier der hof offen hab'
Bis morgen früh um vier...”*

Os Montanari

A minha irmã Caroline

Por ser a amiga prometida e me ensinar que as diferenças existem e que é preciso aprender a conviver com elas.

*“...Levas as plagas distantes
Feitos relevantes
Vives a brilhar...”*

Nélson Silva

A minha irmã Karine e ao meu cunhado Davi Silveira

Por me ensinarem que é preciso viver a vida intensamente, sem ter medo do amanhã.

*“ Viver e não ter a vergonha de ser feliz
Cantar (e cantar e cantar) a beleza de ser um eterno
Aprendiz...”*

Gonzaguinha

A Liga da Endodontia: Prof. Dr. Carlos Alexandre Souza Bier, Carina Michelson, Mariana de Carlo Bello e Rafael Pillar

Com vocês aprendi a dividir... dividir tarefas, dividir problemas, dividir angústia, dividir sonhos...

*“... Foi pouco tempo
Mas valeu
Vivi cada segundo...”*

Cidadão Quem

Bier

Muitas vezes te questioneei por não saber dizer não. Hoje, dê-me conta que se você tivesse me dito um não, eu simplesmente não estaria aqui, não teria convivido com essa família incrível a “Grande Família Bier”. Obrigada pela oportunidade de realizar este sonho, e por ser esse amigo querido.

*“ ... Nossa amizade é cria dos galpões
E campereadas nos poteiros desta vida
Tua presença neste rancho hoje é festa
E a minha família te agradece comovida...”*

Edson Dutra e João Pantaleão Leite

Rafa

Obrigada pelo carinho, pelos conselhos, pelos sermões necessários e por estar ali quando eu mais precisei. Continue humilde, mas não confunda humildade com inferioridade. Continue prestativo, mas não deixe que os outros te explorem. Continue calmo, mas quando for brigar, por favor, brigue com a pessoa certa, e lembre conte comigo quando precisar...

*“... quando precisar de alguém pra desabafar
quando precisar de alguém estarei por lá
quando precisar de uma amizade verdadeira
que perdure a vida inteira
é só me chamar.”*

Jeito Moleque

Cá

Carina, o nome de uma das minhas bonecas favoritas na infância, hoje o nome de uma grande amiga, confidente, irmã caçula que muitas vezes faz o papel de irmã mais velha. Continue sendo essa pessoa maravilhosa, determinada, confiante. Obrigada por tudo, pois a amizade é tudo...

*“... É se dar sem esperar
Nada por essa união
É ter alguém pra contar
Na indecisão...”*

Thiaguinho e Rodriguinho

Marí

Obrigada pela amizade, por fazer da tua casa uma extensão da minha e por permitir que eu pudesse conviver com a tua família. Continue meiga, mas não tenha medo de arriscar, não tenha medo de errar...

*“... Faça que os erros te façam crescer,
Na dúvida escolha o melhor para você,
De mais importância a quem lhe quer bem...”*

Sorriso Maroto

As amigas Pâmela Diesel, Joanna Pereira e ao amigo Felipe Flores

Amigos são os irmãos que a vida nos permite escolher, obrigada a vocês por cada palavra de apoio quando pensei em desistir.

*“... Deja que tus sueños sean olas que se van
Libres como el viento em mitad del mar...”*

Cachorro López, Sebastián Schon, Diego Torres

Aos meus queridos colegas de ATO 2008/I - UFSM

Agradeço por fazerem parte dos melhores anos da minha vida.

*“... O amor não tem que ser uma história
Com princípio meio e fim...”*

Fábio Jr.

Aos colegas de trabalho Ana Paula, Carolina Penner, Mirian Viviane Müller e Ari Sadeski

Obrigada por confiarem no meu trabalho durante esses quatro anos e por me apoiarem na realização desse sonho.

*“... Our dreams and they are made out of real things
Like a shoebox of photographs...”*

Jack Johnson

As amigas do Panela de Pressão: Carina Michelin, Cássia Reginatto, Daniela Napoleão, Joana Delfabro, Jociana Bolligon, Mariana de Carlo Bello e Renata Zago.

Valeu pelas receitas trocadas, compartilhadas e divididas.

*“...Saber que se puede querer que se pueda
Quitarse los miedos sacarlos afuera
Pintarse la cara color esperanza
Tentar al futuro con el corazón...”*

Diego Torres

Aos colegas e amigos Danilo Dutra, Leonardo Caporossi, Guilherme Rosa, Marcos Paulo Marchiori Carvalho, Patrícia Henke, Sara Fraga e Ticiane Mário.

Obrigada pelo simples convívio no dia a dia.

*“The more you see the less you know
The less you find out as you go...”*

U2

Aos professores do Colégio Técnico Industrial de Santa Maria Gilmar Fernando Vogel, Carlos Cauduro e ao amigo Eduardo Maronesi.

Agradeço pela ajuda na realização deste trabalho.

*“... In every life we have some trouble,
When you worry you make it double
Don't worry, be happy...”*

Bob Marley

AGRADECIMENTOS INSTITUCIONAIS

A UFSM, ao Curso de Odontologia, Departamento de Estomatologia e Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas
Obrigada pelo ensino fornecido e por permitirem a realização desta pesquisa nas suas dependências.

Ao Colégio Técnico Industrial de Santa Maria
Obrigada por permitirem a realização de parte desta pesquisa nas suas dependências.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação
Que muito contribuíram para o meu aprimoramento científico.

Aos Professores do Curso de Odontologia
Agradeço pelo carinho, pelos conhecimentos transmitidos e pela atenção dispensada.

Aos colegas da quinta turma e demais turmas de mestrado do PPGCO-UFSM
Obrigada pelo carinho e pelo convívio.

A Jéssica Dalcin da Silva, secretária do Programa de Pós-Graduação
Obrigada pela disponibilidade em solucionar minhas dúvidas.

Ao Banco de Dentes
Obrigada pela doação dos dentes necessários a realização deste trabalho.

Aos Funcionários
Obrigada pela ajuda e pelo apoio.

EPÍGRAFE

*“A vida é uma peça de teatro
que não permite ensaios,
por isso, cante, dance, ria, chore e viva
intensamente cada momento de sua vida,
antes que a cortina se feche
e a peça termine sem aplausos.”*

Charles Chaplin

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas
Universidade Federal de Santa Maria

A INFLUÊNCIA DO ALARGAMENTO APICAL NA DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES EM CANAIS RADICULARES CURVOS: ANÁLISE DE ELEMENTOS FINITOS

AUTORA: PAULINE MASTELLA LANG

ORIENTADOR: CARLOS ALEXANDRE SOUZA BIER

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 15 de Agosto de 2013.

Irregularidades presentes nas paredes do canal radicular são sítios que concentram tensões, e fazem com que a distribuição de tensão ocorra de maneira assimétrica na estrutura radicular durante a etapa obturadora. Essa distribuição assimétrica de tensões talvez contribua para a geração de defeitos na dentina radicular, os quais podem propagar-se em Fratura Vertical da Raiz (FVR). Diante disso, este estudo avaliou a influência do alargamento apical na distribuição de tensões em canais radiculares curvos quando um espaçador digital foi inserido contra as paredes do canal utilizando a Análise de Elementos Finitos (AEF). Um modelo geométrico tridimensional básico da raiz Mésio-Vestibular (MV) de um Primeiro Molar Superior (1°MS) com canal radicular curvo e diâmetro anatômico 0,25 mm foi confeccionado com o programa *SolidWorks Simulation* (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, França). Baseado nesse modelo básico, quatro modelos geométricos pós-instrumentação foram estabelecidos para acomodar o preparo do canal realizado com instrumentos HERO 642 (Micromega, Besançon, França) 30/.02 (IAI+1); 35/.02 (IAI+2); 40/.02 (IAI+3) e 45/.02 (IAI+4). No programa *SolidWorks Simulation*, os modelos foram discretizados em um número finito de elementos unidos por seus pontos nodais. Aos modelos foram atribuídas propriedades da dentina (módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson e densidade) a fim de caracterizar o seu comportamento mecânico. Então, os modelos foram fixados na superfície externa para limitar os movimentos de rotação e translação em todas as direções durante a simulação. Uma força de 13 N foi aplicada ao longo das paredes do canal radicular (mesial, distal, vestibular e palatina) até 3 mm do forame apical simulando a ação de um espaçador digital B de Níquel-Titânio (NiTi) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Os resultados da AEF mostraram que houve uma melhor distribuição de tensões à medida que um maior alargamento foi realizado. O maior valor de tensão diminuiu nas paredes distal e palatina do canal em virtude do maior alargamento apical. O local aonde a tensão foi maior, mudou nas paredes vestibular e palatina, de 6 mm para 3 mm, em decorrência do maior alargamento apical. Dessa forma, pode-se concluir que o alargamento apical melhora a distribuição de tensões em canais radiculares curvos quando um espaçador digital é inserido contra as paredes do canal.

Palavras-chave: Canal Radicular. Análise de Elemento Finito. Estresse.

ABSTRACT

**Master's Dissertation
Graduate Program in Dental Science
Federal University of Santa Maria**

THE INFLUENCE OF APICAL ENLARGEMENT ON STRESS DISTRIBUTIONS IN CURVED ROOTS CANALS: FINITE ELEMENT ANALYSIS

**AUTHOR: PAULINE MASTELLA LANG
ADVISER: CARLOS ALEXANDRE SOUZA BIER
Defense Place and Date: Santa Maria, August 15nd, 2013.**

Localized irregularities in the canal walls are sites which concentrate stresses and make the stresses distribution occurs asymmetrically in the root structure during the filling phase. This asymmetric distribution of stresses may contribute to the generation of defects in the dentin, which can propagate in vertical root fracture (VRF). Thus, this study evaluated the influence of enlargement in the apical stress distribution in curved canals when a spreader digital was inserted against the canal walls using Finite Element Analysis (FEA). A basic three-dimensional geometric model of the mesiobuccal root (MV) of a Maxillary First Molar (1°MM) with root canal curved and anatomical diameter 0.25 mm was confectioned with the program SolidWorks Simulation (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, France). Based on this basic model, four post-instrumentation geometric models were established to accommodate canal preparation performed with HERO 642 (Micromega, Besançon, France) instruments 30/.02 (IAF +1); 35/.02 (IAF +2); 40/.02 (IAF +3) and 45/.02 (IAF +4). In the program SolidWorks Simulation, the models were discretized in a finite number of elements united by their nodal points. To the models were attributed to mechanical properties of dentin that characterized their mechanical behavior. The models were fixed to the outer surface to limit the rotational and translational movements in all directions during the simulation. A load of 13 N was applied along the canal walls (mesial, distal, buccal and palatal) up to 3 mm of the apical foramen simulating the action of a spreader digital Nickel-Titanium (NiTi) B Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland). The results of AEF showed a better distribution of stresses as further enlargement was performed. The highest stress decreased distal and palatal walls of the canal because of the increased apical enlargement. The location of the highest value of stress changed in the buccal and palatal walls due to increased apical enlargement. Thus, it can be concluded that the enlargement apical improve the distribution of stresses in curved canals when a digital spreader is inserted against the walls of the canal.

Key-words: Root Canal. Finite Element Analysis. Stress Distribution.

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

E	Módulo de Elasticidade
et al.	E outros ou e colaboradores
GPa	Gigapascal
Kgf	Kilograma Força
Kg/m ³	Kilograma por metro cúbico
mm	Milímetros
MPa	Megapascal
N	Newton
Nº	Número
v	Coefficiente de Poisson
x	Vezes
°	Graus
./	Conicidade
μ	Massa específica

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Modelos Tridimensionais de quatro canais radiculares pós-instrumentação: (a) IAI+1, (b) IAI+2, (c) IAI+3 e (d) IAI+4	29
FIGURA 2 – Distribuição de tensões nas paredes do canal radicular: (a) distal, (b) mesial, (c) vestibular, (d) palatina. Primeira coluna: IAI+1; Segunda coluna: IAI+2; Terceira coluna IAI+3; Quarta coluna: IAI+4	30
FIGURA 3 – Tensão principal em três regiões (3, 6 e 9 mm) dos quatro modelos pós-instrumentação: (a) Mesial; (b) Distal; (c) Vestibular; (d) Palatina	31

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Imagens da distribuição de tensões a 3 mm do ápice	44
APÊNDICE B – Imagens da distribuição de tensões a 6 mm do ápice	45
APÊNDICE C – Imagens da distribuição de tensões a 9 mm do ápice	46

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Carta de Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria	48
ANEXO B – Guidelines for Publishing Papers in the <i>Journal of Endodontics</i>	50

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	20
ARTIGO – A INFLUÊNCIA DO ALARGAMENTO APICAL NA DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES EM CANAIS RADICULARES CURVOS: ANÁLISE DE ELEMENTOS FINITOS	24
Resumo	26
Introdução	27
Material e Método	28
Desenvolvimento dos modelos de Elementos Finitos	28
Condição de Fixação e Carregamento	29
Resultados	29
Discussão	32
Conclusão	33
Agradecimentos	34
Referências	34
CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
APÊNDICES	43
Apêndice A – Imagens da distribuição de tensões a 3 mm do ápice	44
Apêndice B – Imagens da distribuição de tensões a 6 mm do ápice	45
Apêndice C – Imagens da distribuição de tensões a 9 mm do ápice	46
ANEXOS	47
Anexo A - Carta de Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da UFSM	48
Anexo B - Normas para a publicação na revista <i>Journal of Endodontics</i>	50

INTRODUÇÃO

Os objetivos da instrumentação endodôntica são remover completamente os microrganismos, detritos e tecidos orgânicos, além de ampliar o diâmetro do canal radicular e proporcionar uma forma que permita uma obturação adequada (BIER et al., 2009). Durante essa etapa, um ponto bastante discutido é a ampliação do preparo do terço apical. Em 1972, Weine sugeriu que o alargamento do canal radicular fosse realizado utilizando três instrumentos de diâmetro superior ao instrumento selecionado como Instrumento Apical Inicial (IAI). Todavia, essa recomendação foi realizada sem analisar a influencia da realização prévia do preparo dos terços cervical e médio na determinação do IAI (WU et al., 2002; PÉCORA et al., 2005; BARROSO et al., 2005; VANNI et al., 2005; SCHMITZ et al., 2008).

Atualmente, sabe-se que interferências presentes nos terços cervical e médio subestimam o diâmetro anatômico do canal radicular, e com isso comprometem a limpeza e a modelagem do sistema de canais radiculares. Um exemplo disso pode ser verificado no estudo de Tan e Messer (2002), em que os autores compararam a qualidade do preparo apical, tendo como critério específico o alargamento apical baseado na seleção do IAI sem a realização do preparo dos terços cervical e médio e com a realização prévia do preparo nesses terços. De acordo com os resultados apresentados, o maior alargamento apical proporcionado por uma seleção mais precisa do IAI após o preparo dos terços cervical e médio, promoveu um melhor debridamento da região apical.

Além disso, nos canais radiculares infectados, microrganismos podem ser encontrados a uma profundidade de 300 micrometros nos túbulos dentinários (HORIBA et al., 1990). Assim, durante o preparo do canal radicular, é necessário realizar um alargamento apical que seja suficiente para remover a dentina infectada. Segundo Card et al. (2002), a realização do preparo apical com instrumentos de maiores diâmetros, como 45 ou 60 em canais mesiais de molares inferiores é capaz de reduzir a quantidade de bactérias. Ademais, o maior alargamento apical permite que um maior volume de solução irrigadora alcance a região apical, otimizando a eficácia mecânica da irrigação na remoção de bactérias intracanal (FALK; SEDGLEY, 2005). O maior alargamento apical não limita o movimento de amplitude do instrumento durante a Irrigação Ultrassônica Passiva (IUP) (BOUTSIOUSKI et al., 2013), que poderia reduzir o micro fluxo da solução irrigadora e dessa forma influenciar a sua eficácia na limpeza do sistema de canais radiculares.

Outra questão que deve ser considerada na determinação do alargamento do preparo apical é a forma do canal, uma vez que há uma prevalência de canais radiculares de forma oval a nível apical (WU et al., 2000). Diante disso, a utilização de três instrumentos acima do IAI, mesmo após a realização do preparo dos terços cervical e médio, pode não ser capaz de tocar todas as paredes do canal radicular. Isso é confirmado pelo estudo de Fornari et al. (2010), que avaliou histologicamente a efetividade do aumento do alargamento apical na limpeza do terço apical de canais radiculares curvos. Canais Mésio-Vestibulares (MV) de molares superiores, com diâmetro anatômico correspondente ao instrumento 20/.02 após o preparo dos terços cervical e médio, foram selecionados. De acordo com os resultados apresentados houve uma alta porcentagem de debris e de áreas não instrumentadas quando o alargamento apical foi realizado com instrumentos 35/.02, ou seja, três instrumentos acima do IAI. Weiger et al. (2006) sugerem que a utilização de instrumentos de diâmetro 45 ou 50 no preparo de canais MV de molares superiores compensa essa variabilidade de forma.

Por outro lado, alguns estudos sugerem a realização de um preparo apical mais conservador (BORGES et al., 2011; ELAYOUTI et al., 2011), mesmo que um maior alargamento apical com instrumentos rotatórios de Níquel-Titânio (NiTi) não comprometa a anatomia original de canais radiculares curvos (PASTERNAK-JÚNIOR; SOUZA-NETO; SILVA, 2009). De acordo com Borges et al. (2011), apesar de instrumentos 45/.02 terem um melhor contato com as paredes do canal radicular, no caso de canais com média e moderada curvatura, eles não proporcionam uma melhor remoção de debris quando comparado com instrumentos 30/.02. Ademais, a realização de um maior preparo apical pode promover uma maior extrusão dos materiais obturadores para o periápice. Por sua vez, ElAyouti et al (2011) afirmam que além da realização de um maior alargamento não resultar num completo preparo da região apical, ele causa uma excessiva remoção de dentina das paredes do canal radicular. E, para Wilcox, Roskelley e Sutton (1997), quanto mais estrutura dentinária é removida, mais facilmente a raiz é fraturada.

Contudo, Lam, Palamara e Messer (2005) verificaram que o maior alargamento do diâmetro do canal radicular não aumenta a susceptibilidade da raiz à fratura vertical. Tal fato deve-se, em virtude de um maior alargamento incorporar irregularidades presentes nas paredes do canal radicular. De acordo com Lertchirakarn, Palamara e Messer (2003), essas irregularidades são áreas de concentrações de tensões e fazem com que a distribuição de tensões na estrutura radicular ocorra de maneira assimétrica durante a etapa obturadora. Essa distribuição assimétrica de tensões talvez cause defeitos na dentina, os quais podem propagar-se em Fratura Vertical da Raiz (FVR). A FVR é uma complicação clínica que resulta na

extração ou na ressecção da raiz do dente afetado (LAM; PALAMARA; MESSER, 2005; CHAI; TAMSE, 2012). Ela não é um fenômeno instantâneo (SOROS et al., 2008), em virtude do comportamento viscoelástico da dentina (KINNEY; MARSHALL; MARSHALL, 2003), e parece resultar da propagação de defeitos dentinários pré-existentes (YOLDAS et al., 2012) os quais surgem devido a altas concentração de tensões (KIM et al., 2010).

A distribuição de tensões na estrutura radicular durante a realização dos procedimentos endodônticos pode ser avaliada pela Análise de Elementos Finitos (AEF) ou método de elementos finitos (MEF) (LERTCHIRAKARN; PALAMARA; MESSER, 2003; SATHORN; PALAMARA; MESSER, 2005; SARTHORN et al., 2005; VERSLUIS; MESSER; PINTADO, 2006; RUNDQUIST; VERSLUIS, 2006; CHENG et al., 2009; KIM et al., 2010). A AEF é uma análise matemática que avalia o comportamento de componentes e estruturas (GAO; XU; DING, 2006) e consiste na discretização (subdivisão) de um meio contínuo em pequenos elementos, mantendo as mesmas propriedades do meio original (LOTTI et al., 2006). Esses elementos são descritos por meio de equações diferenciais e resolvidos por modelos matemáticos, sendo os resultados expressos como a distribuição de tensões nas estruturas investigadas. Os valores podem ser apresentados como tensão, compressão, cisalhamento ou uma combinação conhecida como tensão equivalente von Mises (ASMUSSEN; PEUTZFELD; SAHAFI, 2005), e indicam locais sujeitos a ocorrência de falhas, como fraturas ou rupturas.

A metodologia da AEF é dividida em três etapas: o pré-processamento, o processamento e o pós-processamento. A etapa do pré-processamento consiste primeiramente na modelagem geométrica do objeto do estudo, ou seja, na obtenção de um modelo sólido desse objeto. O modelo sólido é definido e desenhado graficamente em um programa de computador específico, com o auxílio de dados obtidos de modelos auxiliares, por meio de informações da literatura, cortes sequenciais, fotografias (LIN et al., 1999), tomografias computadorizadas (GAO; XU; DING, 2006) ou microtomografias (MAGNE, 2006). Pode-se optar por um modelo sólido bidimensional, axissimétrico ou tridimensional. Todavia, a análise de modelos tridimensionais, sobretudo de estruturas biológicas como o dente, é vantajosa, uma vez que o dente humano apresenta forma irregular e as cargas que incidem sobre ele não são simétricas, já que o dente é composto por diferentes tecidos (RUBIN et al., 1983).

O modelo sólido é, então, discretizado em pequenos elementos, os quais se conectam entre si por meio de pontos ou nós formando uma malha (LOTTI et al., 2006). Uma variedade de tipos de elementos pode ser usada na confecção da malha. Os dois tipos de elementos mais

comumente usados, no caso de estruturas biológicas, são tetraedros e hexaedros. Porém, há certa restrição a utilização de elementos hexaedros na concepção da malha de geometrias complexas em virtude da sua degradação (GAO; XU; DING, 2006). Além disso, para que haja uma maior precisão do modelo, essa malha pode necessitar de um refinamento. Essa necessidade ou não de refinar a malha é avaliada por meio de testes de convergência.

Após a obtenção da malha, atribuem-se aos elementos propriedades mecânicas iguais as dos componentes do modelo real. Pelo fato dos modelos sólidos das estruturas biológicas serem macroscópicos, eles assumem uma natureza isotrópica (AUSIELLO et al., 2001), simplificando essas propriedades. Em seguida são estabelecidas as condições de fixação e as cargas que serão aplicadas sobre o modelo.

Na etapa do processamento o comportamento de cada um dos elementos é descrito por funções algébricas, em que os achados representam a distribuição das tensões e deformações no modelo. Já a etapa do pós-processamento possibilita a visualização dos resultados por meio de uma escala de cores, em que cada tonalidade corresponde a uma quantidade de deslocamento ou tensão gerada nas estruturas. (LOTTI et al., 2006)

Entre as vantagens da utilização da AEF destacam-se a possibilidade de que todas as condições permaneçam exatamente idênticas, tendo assim somente uma variável (RUNDQUIST; VERSLUIS, 2006), e a precisão dos cálculos realizados pelos programas computacionais. Assim, as simulações podem ser realizadas inúmeras vezes e os resultados serão sempre os mesmos, o que dispensa a realização da análise estatística (HOLMES; DIAZ-ARNOLD; LEARNY, 1996).

Tendo em vista que a distribuição de tensões de forma assimétrica aumenta o risco da ocorrência de defeitos na dentina radicular e, que irregularidades nas paredes do canal são áreas de concentração de tensões. O presente estudo avaliou, por meio da AEF, a influência do alargamento apical na distribuição de tensões em canais radiculares curvos quando um espaçador digital foi inserido contra as paredes do canal.

**ARTIGO – A INFLUÊNCIA DO ALARGAMENTO APICAL NA
DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES EM CANAIS RADICULARES CURVOS:
ANÁLISE DE ELEMENTOS FINITOS**

Este artigo será submetido à publicação na revista “*Journal of Endodontics*”.

A influência do alargamento apical na distribuição de tensões em canais radiculares curvos: análise de elementos finitos

Pauline Mastella Lang, DDS – Departamento de Estomatologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Eduardo Maronesi Bueno, DDS – Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Rafael Pillar, DDS – Departamento de Estomatologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Carina Michelin, DDS – Departamento de Estomatologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Mariana de Carlo Bello, DDS – Departamento de Estomatologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Gilmar Fernando Vogel, MDS – Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Carlos Alexandre Souza Bier – PhD – Departamento de Estomatologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Autor Correspondente:

Pauline Mastella Lang, DDS. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Rua Floriano Peixoto, nº 1184, Santa Maria, RS, Brasil.

CEP: 97015-372

Fone: (55) 91753573 / (55) 3220-9269

E-mail: paulinelang@hotmail.com

RESUMO

Introdução: O presente estudo avaliou, por meio da Análise de Elementos Finitos (AEF), a influência do alargamento apical na distribuição de tensões em canais radiculares curvos quando um espaçador digital foi inserido contra as paredes do canal. **Método:** Baseado em um modelo básico para AEF, quatro modelos geométricos pós-instrumentação foram estabelecidos para acomodar o preparo do canal realizado com instrumentos HERO 642 (Micromega, Besançon, França) 30/.02 (IAI+1); 35/.02 (IAI+2); 40/.02 (IAI+3) e 45/.02 (IAI+4). Uma força de 13N foi aplicada nas paredes mesial, distal, vestibular e palatina ao longo do canal radicular simulando a ação de um espaçador digital B de Níquel-Titânio (NiTi) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). **Resultados:** Quando a força foi aplicada nas paredes do canal simulando a ação do espaçador digital, o maior alargamento proporcionou uma melhora na distribuição de tensões. O maior valor de tensão diminuiu nas paredes distal e palatina em virtude do maior alargamento. O local onde a tensão foi maior, mudou nas paredes vestibular e palatina, de 6 mm para 3 mm, em decorrência do maior alargamento apical. **Conclusão:** Conclui-se que o alargamento apical melhora a distribuição de tensões em canais radiculares curvos quando um espaçador digital é inserido contra as paredes do canal.

Palavras-chave: Canal Radicular. Análise de Elemento Finito. Estresses

INTRODUÇÃO

A Fratura Vertical da Raiz (FVR) é uma complicação clínica que pode ocorrer em dentes tratados endodonticamente, resultando na extração ou na ressecção da raiz do dente afetado (1,2). Todavia, ela não é considerada um fenômeno instantâneo (3), já que a dentina tem um comportamento viscoelástico (4). Dessa forma, a FVR parece ser resultado da propagação de defeitos dentinários pré-existentes (5), os quais surgem em virtude das altas concentrações de tensões (6).

Irregularidades presentes nas paredes do canal radicular têm sido o maior determinante na iniciação de trincas quando uma força é aplicada dentro do canal (7). Isso ocorre, pois essas irregularidades são sítios de concentração de tensões (8). Assim a realização de um preparo mais arredondado que incorpore essas irregularidades, e permita que as tensões sejam distribuídas de uma forma mais uniforme durante a etapa obturadora, potencialmente reduz a susceptibilidade a FVR (7), o que de certa forma compensa a maior remoção de dentina (2). Diante disso, um ponto a ser questionado é o alargamento apical do preparo biomecânico. Quantos instrumentos acima do Instrumento Apical inicial (IAI) devem ser utilizados na realização da modelagem do canal radicular a fim de eliminar as irregularidades presentes nas paredes do canal e assim melhor distribuir as tensões?

Em endodontia, alguns estudos avaliaram a distribuição de tensões na dentina radicular utilizando a Análise de Elementos Finitos (AEF) (6,7,8,9,10). A AEF ou Método de Elementos Finitos (MEF) é uma análise matemática, cujos resultados podem ser expressos como distribuição de tensões nas estruturas investigadas (11). Uma importante vantagem de utilizar essa metodologia é que todas as variáveis são exatamente idênticas como a anatomia do dente, as propriedades mecânicas, a força de compactação, o suporte radicular, a temperatura, procedimento incremental, entre outras variáveis (10).

Em virtude do que foi exposto, este estudo avaliou, por meio da AEF, a influência do alargamento apical na distribuição de tensões em canais radiculares curvos quando um espaçador digital entrou em contato diretamente as paredes do canal.

MATERIAL E MÉTODO

Desenvolvimento dos modelos de elementos finitos

O modelo geométrico tridimensional básico de uma raiz Mésio-Vestibular (MV) de um dente Primeiro Molar Superior (1°MS) humano com canal radicular curvo foi desenvolvido usando o programa *SolidWorks Simulation* (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, França). Para isso, um dente 1°MS humano extraído, cuja raiz MV apresentasse um único canal com 28° de curvatura, 6 mm de raio de curvatura e 0.25 mm de diâmetro anatômico foi selecionado. O grau e o raio de curvatura do canal radicular foram determinados de acordo com os métodos propostos por Schneider (12) e Schäfer et al. (13), respectivamente. O diâmetro anatômico do canal radicular foi aferido após a realização do preparo dos terços cervical e médio com brocas LA Axxess 35/.06 e 20/.06 (SybrondEndo, Glendora, CA, EUA) (14).

A raiz MV foi separada próximo à região da furca utilizando um disco flexível diamantado dupla face (KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil) em baixa rotação e sobre refrigeração. O comprimento da raiz foi mensurado, correspondendo a 9 mm, com o auxílio de um paquímetro digital 150MM/6 (Digimess, São Paulo, SP, Brasil). A raiz MV foi presa a um delineador protético B2 (Bio-Art, São Carlos, SP, Brasil) e incluída em um bloco de resina acrílica autopolimerizável incolor (JET, Artigos Odontológicos Ltda, São Paulo, SP, Brasil). Cortes sequenciais transversais, perpendiculares ao longo do eixo do conjunto (raiz MV e resina acrílica) com 1 mm de espessura, foram realizados com uma máquina de cortes de precisão (ISOMET 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, EUA). Os cortes obtidos foram fotografados individualmente com uma câmera (Axion Cam, Carl Zeiss) acoplada em um estereomicroscópio (Zeiss Stemi SV6, Jena, Alemanha) com aumento de 7,5 x. As imagens foram transferidas para o programa *SolidWorks Simulation*, e o modelo geométrico da raiz MV e do canal MV foram criados delimitando o contorno externo e interno da raiz MV nas imagens. A camada de cimento foi incluída na dentina radicular por ser considerada muito fina e pelo fato da sua espessura variar ao longo da superfície radicular (8,9,10).

Baseado no modelo geométrico tridimensional básico, quatro modelos geométricos pós-instrumentação foram estabelecidos para acomodar o preparo do canal realizado com instrumentos do sistema rotatório HERO 642 (Micromega, Besançon, França) 30/.02 (IAI+1); 35/.02 (IAI+2); 40/.02 (IAI+3) e 45/.02 (IAI+4) (Figura 1). Os instrumentos foram mantidos centrados, sem que desvios ocorressem para uma das paredes do canal radicular.

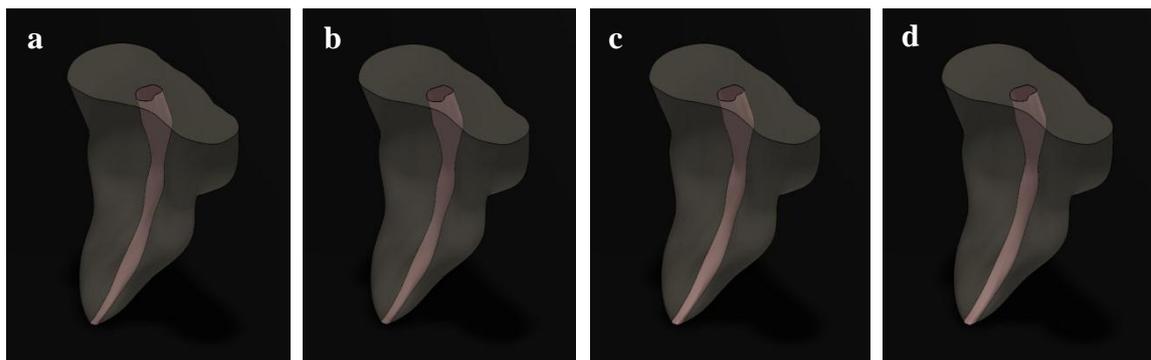


Figura 1 – Modelos Tridimensionais de quatro canais radiculares pós-instrumentação: (a) IAI+1, (b) IAI+2, (c) IAI+3 e (d) IAI+4.

Os modelos geométricos foram discretizados em um número finito de elementos tetraédricos unidos por seus pontos nodais. O modelo IAI+1 consistiu de 56406 elementos e 82354 nós, o modelo IAI+2 de 452559 elementos e 636727 nós, o modelo IAI+3 de 482212 elementos e 441160 nós e o modelo IAI+4 de 82166 elementos e 56270 nós.

Os modelos geométricos tridimensionais foram considerados isotrópicos. Assim, para a caracterização do seu comportamento mecânico foram atribuídas as propriedades da dentina. O Módulo de Elasticidade (E), o Coeficiente de Poisson (ν) e a Massa Específica (μ) foram 14,7 GPa (15), 0,31 (15) e 1960 Kg/m³ (16), respectivamente.

Condições de fixação e carregamento

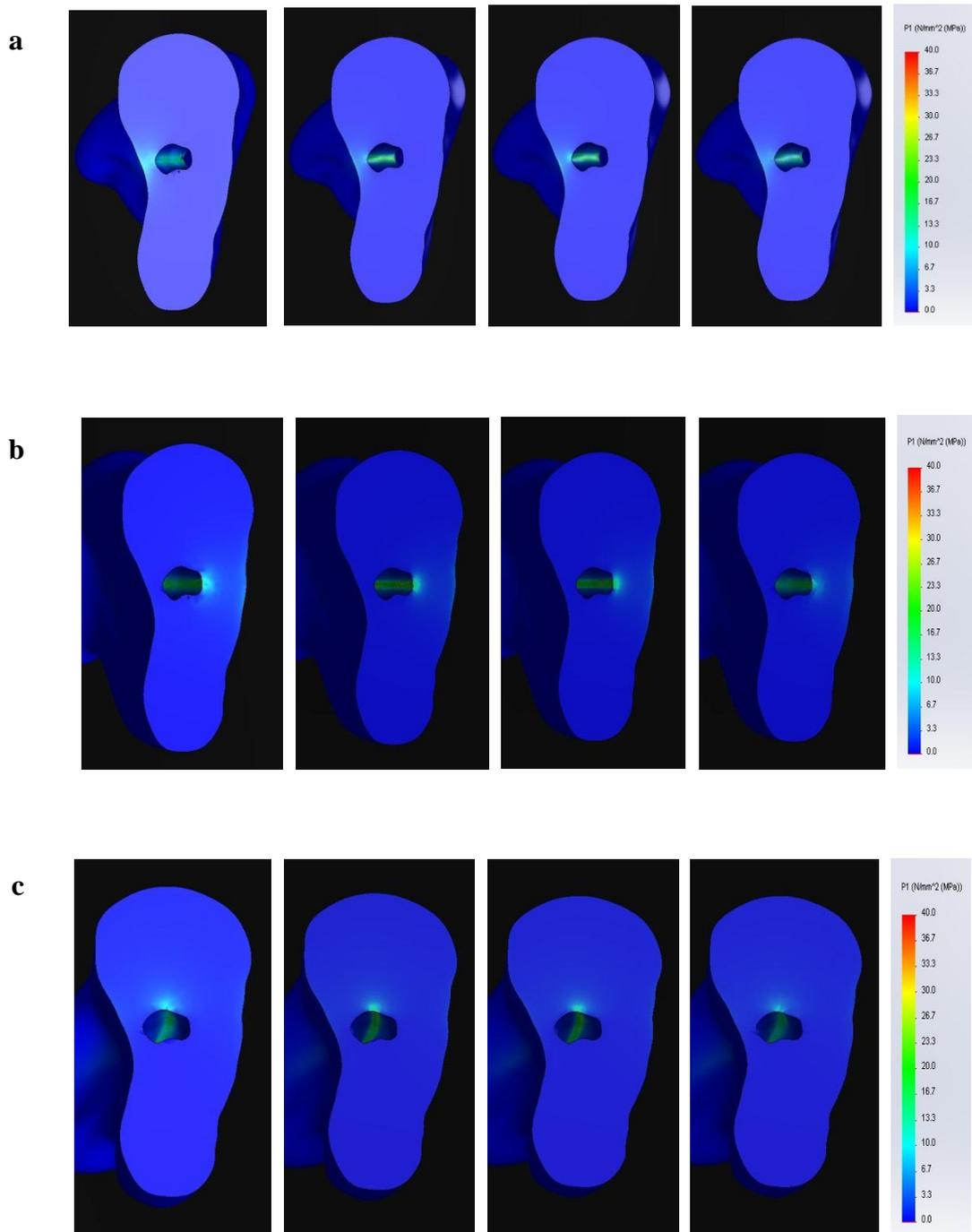
Durante a execução do estudo, a superfície externa dos modelos foi fixada com o objetivo de limitar os movimentos de rotação e translação em todas as direções.

Para simular o contato de uma das faces do espaçador digital B de Níquel-Titânio (NiTi) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) com uma parede do canal radicular (mesial, distal, vestibular e palatina), uma força estática de 13 N foi aplicada ao longo do canal até 3 mm do forame apical.

RESULTADOS

A distribuição de tensões na estrutura radicular quando um espaçador digital foi inserido contra as paredes do canal foi calculada para os quatro modelos pós-instrumentação (IAI+1, IAI+2, IAI+3 e IAI+4). De acordo com as imagens apresentadas na Figura 2, houve uma melhor distribuição de tensões à medida que um maior alargamento foi realizado. Os

valores de tensão principal em cada parede do canal, assim como a sua localização (3, 6 e 9 mm) em relação ao ápice são mostrados na Figura 3. O maior valor de tensão principal encontrado nas paredes distal e palatina (Figura 3b e 3d) diminuiu quando o preparo foi realizado com IAI+4. O local onde o maior valor de tensão principal ocorreu nas paredes vestibular e palatina (Figura 3c e 3d), diferiu diante do maior alargamento apical, IAI+4.



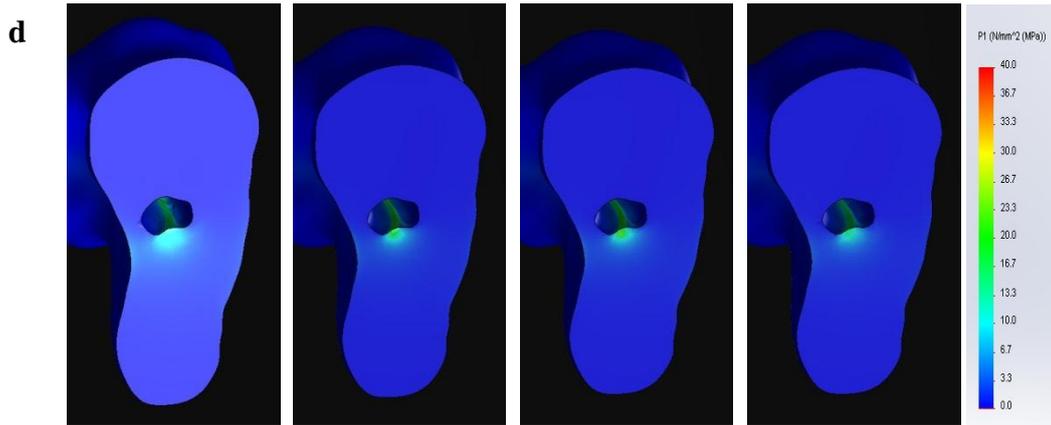


Figura 2 – Distribuição de tensões nas paredes do canal radicular a 9 mm do ápice: (a) Distal, (b) Mesial, (c) Vestibular, (d) Palatina. Primeira coluna: IAI+1; Segunda coluna: IAI+2; Terceira coluna IAI+3; Quarta coluna: IAI+4.

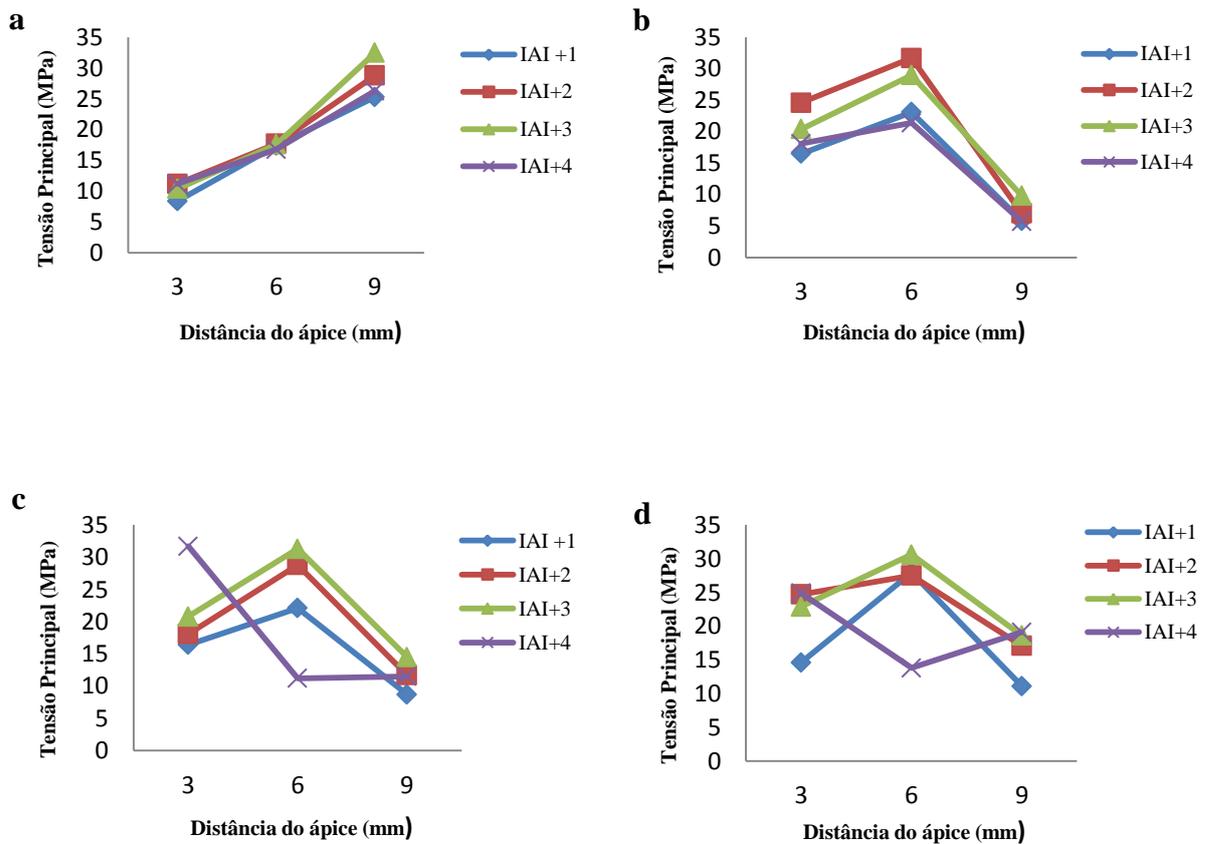


Figura 3 – Tensão Principal em três regiões (3, 6 e 9 mm do ápice) dos quatro modelos pós-instrumentação: (a) Mesial; (b) Distal; (c) Vestibular; (d) Palatina.

DISCUSSÃO

Neste estudo, a distribuição das tensões em canais radiculares curvos ampliados com instrumentos rotatórios de diferentes diâmetros foi estudada por meio da AEF. A AEF é usada para determinar a distribuição de tensão e deformação, baseada nas propriedades de diferentes materiais, quando uma estrutura é submetida a uma força (9). Embora durante a sua realização possa-se manter todas as condições, alterando apenas a variável de interesse ou realizando uma combinação de variáveis (17), assim como em outras metodologias a AEF possui limitações. Nesta análise, a condição isotrópica da dentina pode ser apontada como uma limitação, uma vez que a dentina possui um comportamento anisotrópico (18). Dessa forma, diferentes áreas podem possuir diferentes valores de raio de Poisson e módulo de Young (17).

Para a realização deste estudo, um canal radicular curvo foi escolhido pelo fato de áreas com reduzido raio de curvatura influenciar fortemente a concentração de tensões (8). Além disso, a metodologia utilizada para a obtenção do modelo básico, técnica de modelagem a partir de cortes sequenciais, permitiu que as irregularidades presentes nas paredes do canal radicular fossem delimitadas. Deste modo, foi possível verificar se a realização do preparo incorporou essas irregularidades e se uma melhor distribuição de tensões ocorreu ao longo das paredes do canal radicular quando um espaçador digital foi inserido. Os tecidos de suporte não foram modelados, porque influenciam minimamente as tensões produzidas durante a obturação do canal radicular (10).

A magnitude da força aplicada sobre as paredes do canal radicular durante a simulação deste estudo foi de 1,3 Kgf. Esse valor foi determinado, por ser a média da força empregada num espaçador digital durante a obturação de molares superiores (19). O sentido dessa força em todos os modelos baseou-se no contato de uma das faces de um espaçador digital com uma das paredes do canal radicular a fim de reproduzir o efeito “cunha”. O espaçador foi empregado a 3 mm do forame apical durante a simulação, pois esta é a distância que ele encontra-se em relação ao ápice quando uma fratura ocorre em molares superiores (19).

Os resultados da AEF mostraram que à medida que o alargamento foi realizado, houve melhor distribuição de tensões na estrutura radicular (Figura 2). Isso pode ser explicado pelo fato da maior remoção de dentina, aumentar a área de superfície de contato, o que ajuda a distribuir a força empregada, reduzindo a concentração de tensões (10). Além disso, a realização do alargamento apical elimina um maior número de irregularidades das paredes do canal radicular (2) e atenua a sua curvatura, as quais são áreas que concentram tensões (8).

Tal afirmação pode ser comprovada pela diminuição do maior valor de tensão principal nas paredes palatina e distal (Figura 3b e 3c).

Um aumento do maior valor de tensão principal, no entanto, foi observado na parede vestibular quando um maior alargamento apical foi realizado. Uma possível explicação para isso, é que durante o preparo, à proporção que os instrumentos de diâmetros maiores eliminam irregularidades das paredes do canal, eles expõem outras. Esse fato também pode explicar o ligeiro aumento nos valores dessa tensão nos preparo realizados com IAI+2 e IAI+3 em relação ao preparo realizado com IAI+1. Ademais, a mudança na localização no maior valor de tensão principal na parede vestibular sustenta essa explicação, e talvez justifique o porquê de alguns autores sugerirem que a FVR tem início na região apical (18) enquanto outros apontam que a FVR inicia no terço médio (6).

A FVR, por sua vez, não é um fenômeno instantâneo (3), ela resulta da propagação de defeitos dentinários pré-existentes (5), os quais surgem em virtude das altas concentrações de tensões (6). Assim, para que um defeito permanente ocorra na dentina, a tensão aplicada sobre ela deve superar o seu limite de proporcionalidade. O limite de proporcionalidade é definido como a maior tensão que um material suporta antes que ocorra uma deformação permanente (22), como um defeito dentinário. O limite de proporcionalidade da dentina sob uma força de tração é de 171 MPa (23) e sob uma força de compressão é de 166,85 MPa (24) . Dessa forma, os valores de tensão principal encontrados nesta análise, ao simular o contato de uma das faces do espaçador digital com uma das paredes do canal radicular, não são capazes de causar defeitos na dentina radicular. Ademais, os valores de tensão principal são menores que os valores encontrados por Lerticharakarn et al. (8) em virtude da magnitude na força empregada (13N), uma vez que a tensão gerada é uma grandeza diretamente proporcional a força.

Além disso, os resultados observados neste estudo concordam com outros autores no que diz respeito ao fato de maiores tensões manterem-se ao longo das paredes do canal, durante a etapa obturadora (8,10,25). Contudo, de acordo com esta análise, as tensões geradas durante a obturação podem propagar-se para a superfície radicular em virtude da espessura da parede do canal. Isso pode ser verificado ao analisar as imagens de distribuição de tensões na parede distal, que possui uma espessura relativamente menor quando comparada às demais paredes. Assim, forças excessivas durante a obturação do canal radicular utilizando a técnica da condensação lateral devem ser evitadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados encontrados neste estudo, o alargamento apical melhora a distribuição de tensões em canais radiculares curvos quando um espaçador digital é inserido contra as paredes do canal. No entanto, ao reportar os resultados desta análise para a prática clínica, outros fatores devem ser considerados como a presença ou não de infecção no sistema de canais radiculares, a forma do canal, a severidade da curvatura do canal e o fato do diâmetro do preparo apical influenciar o mecanismo de ação da Irrigação Ultrassônica Passiva.

AGRADECIMENTOS

A contribuição dos professores Dra. Letícia Brandão Durand, Dra. Liliana May e Dr. Fábio Zovico para a realização deste estudo é altamente reconhecida e apreciada.

REFERÊNCIAS

1. CHAI H, TAMSE A. Fracture mechanics analysis of vertical root fracture from condensation of gutta-percha. *J Biomech* 2012, 45:1673-8.
2. LAM PPS, PALAMARA JEA, MESSER HH. Fracture strength of tooth roots following canal preparation by hand and rotary instrumentation. *J Endod* 2005, 31:529-32.
3. SOROS C, ZINELIS S, LAMBRIANIDIS T, PALAGHIAS G. Spreader load required for vertical root fracture during lateral compaction ex vivo: evaluation of periodontal simulation and fracture load information. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 106:e64-e70.
4. KINNEY JH, MARSHALL SJ, MARSHALL GW. The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature. *Crit Rev Oral Biol Med* 2003, 14:13-29.
5. YOLDAS O, YILMAZ S, ATAKAN G, KUDEN C, KASAN Z. Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the self-adjusting file. *J Endod* 2012, 38:232- 5.
6. KIM H, LEE M-H, YUM J, VERSLUIS A, LEE C-J, KIM B-M. Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture. *J Endod* 2010, 36:1195-9.

7. SATHORN C, PALAMARA JEA, MESSER HH. A comparison of the effects of two canal preparation techniques on root fracture susceptibility and fracture pattern. *J Endod* 2005, 31:283-7.
8. LERTCHIRAKARN V, PALAMARA JEA, MESSER HH. Finite element analysis and strain-gauge studies of vertical root fracture. *J Endod* 2003, 29:529-34.
9. CHENG R, ZHOU X-D, LIU Z, YANG H, GAO Q-H, HU T. Finite element analysis of the effects of three preparation techniques on stresses within roots having curved canals. *Int Endod J* 2009, 42:220-6.
10. RUNDQUIST BD, VERSLUIS A. How does canal taper affect root stresses? *Int Endod J* 2006, 39:226-37.
11. ASMUSSEN E, PEUTZFELDT A, SAHAFI A. Finite element analysis of stresses in endodontically treated, dowel-restores teeth. *J Prosthet Dent* 2005, 94:321-9.
12. SCHNEIDER SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1971, 32:271-5.
13. SCHÄFER E, DIEZ C, HOPPE W, TEPEL J. Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. *J Endod* 2002, 28:211-16.
14. VANNI JR, SANTOS R, LIMONGI O, GUERISOLI DMZ, CAPELLI A, PÉCORÁ JD. Influence of cervical preflaring on determination of apical file size in maxillary molars: SEM Analysis. *Braz Dent J* 2005, 16:181-6.
15. SANO H, CIUCCHI B, MATTHEWS WG. Tensile properties of mineralized and demineralized human and bovine dentin. *J Dent Res* 1994; 73:1205-11.
16. BROWN WS, DEWEY WA, JACOBS HR. Thermal properties of teeth. *J Dent Res* 1970, 49:752-5.
17. SATHORN C, PALAMARA JEA, PALAMARA D, MESSER HH. Effect of root canal size and external root surface morphology on fracture susceptibility and pattern: A finite element analysis. *J Endod* 2005, 31:288-92.
18. LERTCHIRAKARN V, PALAMARA JEA, MESSER HH. Anisotropy of tensile strength of root dentin. *J Dent Res* 2001, 80:453-6.
19. LERTCHIRAKARN V, PALAMARA JEA, MESSER HH. Load and strain during lateral condensation and vertical root fracture. *J Endod* 1999, 25:99-104.
20. SAW L-H, MESSER HH. Root strains associated with different obturation techniques. *J Endod* 1995, 21:314-20.
21. DANG DA, WALTON RE. Vertical root fracture and root distortion: Effect of spreader design. *J Endod* 1989, 15:294-301.

22. ANUSAVICE KJ. Phillips Materiais Dentários, 11th ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005: 73.
23. RENSON CE, BRADEN M. Experimental determination of the rigidity modulus, poisson's ratio and elastic limit in shear of human dentine. Arch Oral Biol 1975, 20:43-7.
24. CRAIG RG, PEYTON FA. Elastic and mechanical properties of human dentin. J Dent Res 1958, 37:710-8.
25. VERSLUIS A, MESSER HH, PINTADO MR. Changes in compaction stress distributions in roots resulting from canal preparation. Int Endod J 2006, 39:931-9.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados encontrados neste estudo, o alargamento apical melhora a distribuição de tensões em canais radiculares curvos quando um espaçador digital é inserido contra as paredes do canal radicular. Além disso, os valores de tensões produzidas pelo contato do espaçador com as paredes do canal são menores que o limite proporcional da dentina.

Todavia, ao reportar os resultados desta análise para a prática clínica, outros fatores devem ser analisados. A presença ou não de infecção no sistema de canais radiculares, deve ser considerada, pois um maior alargamento além de propiciar uma maior remoção de dentina infectada e não interfere no mecanismo de ação da IUP, já permite que o instrumento oscile livremente no canal. Por sua vez, a forma do canal deve ser analisada, uma vez que canais com formato de ampulheta possuem espessura reduzida nas paredes proximais. Assim um desgaste excessivo poderia fragilizar a estrutura radicular e talvez ocasionar FVR em virtude das forças mastigatórias. A severidade da curvatura do canal também deve ser analisada, pelo fato de que um maior alargamento em canais com dupla curvatura pode aumentar o risco de fratura do instrumento, o que pode comprometer o sucesso do tratamento endodôntico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUSAVICE KJ. **Phillips Materiais Dentários**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A.; SAHAFI, A. Finite element analysis of stresses in endodontically treated, dowel-restores teeth. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, Saint Louis, v. 94, n. 4, p. 321-9, 2005.

AUSIELLO, P. et al. 3D-finite element analyses of cusp movements in a human upper premolar, restored with adhesive resin-based composites. **Journal of Biomechanics**, Elmsford, v. 34, n. 10, p. 1269-77, 2001.

BARROSO, J. M. et al. Influence of cervical preflaring on determination of apical file size in maxillary premolars: SEM analysis. **Brazilian Dental Journal**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 1, p. 30-4, 2005.

BIER, C. A. S. et al. The Ability of Different Nickel-Titanium Rotary Instruments To Induce Dentinal Damage During Canal Preparation. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 35, n. 2, p. 236-8, 2009.

BORGES, M. F. A. et al. Influence of Apical Enlargement in Cleaning and Extrusion in Canals with Mild and Moderate Curvatures. **Brazilian Dental Journal**, Ribeirão Preto, v. 22, n. 3, p. 212-7, 2011.

BOUSIUKIS, C. et al. Measurement and visualization of file-to-wall contact during ultrasonically activated irrigation in simulated canals. **International Endodontic Journal**, 2013 (in press).

BROWN, W. S.; DEWEY, W. A.; JACOBS, H. R. Thermal properties of teeth. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 49, n. 4, p. 752-5, 1970.

CARD, S. S. et al. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 28, n. 11, p. 779-82, 2002.

CHAI, H.; TAMSE, A. Fracture mechanics analysis of vertical root fracture from condensation of gutta-percha. **Journal of Biomechanics**, Elmsford, v. 45, n. 9, p. 1673-8, 2012.

CHENG, R. et al. Finite element analysis of the effects of three preparation techniques on stresses within roots having curved canals. **International Endodontic Journal**, Oxford, v. 42, n. 3, p. 220-6, 2009.

CRAIG, R. G.; PEYTON, F. A. Elastic and mechanical properties of human dentin. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 37, n. 4, p. 710-8, 1958.

DANG, D. A.; WALTON, R. E. Vertical root fracture and root distortion: Effect of spreader design. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 15, n. 7, p. 294-301, 1989.

ELAYOUTI, A. et al. Increased apical enlargement contributes to excessive dentin removal in curved root canals: A stepwise microcomputed tomography study. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 37, n. 11, p. 1580-4, 2011.

FALK, K. W.; SEDGLEY, C. M. The influence of preparation size on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 31, n. 10, p. 742-5, 2005.

FORNARI, V. J. et al. Histological evaluation of the effectiveness of increased apical enlargement for cleaning the apical third of curved canals. **International Endodontic Journal**, Oxford, v. 43, n. 11, p. 988-94, 2010.

GAO, J.; XU, W.; DING, Z. 3D finite element mesh generation of complicated tooth model based on CT slices. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, Amsterdam, v. 82, n. 2, p. 97-105, 2006.

HOLMES, D. C.; DIAZ-ARNOLD, A. M.; LEARNY, J. M. Influence of post dimension on stress distribution in dentin. **Journal of Prosthetic Dentistry**, Saint Louis, v. 75, n. 2, p. 140-147, 1996.

HORIBA, N. et al. A study of the distribution of endotoxin in dentinal wall of infected root canals. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 16, n. 7, p. 331-4, 1990.

LAM, P. P. S.; PALAMARA, J. E. A.; MESSER, H. H. Fracture strength of tooth roots following canal preparation by hand and rotary instrumentation. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 31, n.7, p. 529-32, 2005.

LERTCHIRAKARN, V.; PALAMARA, J. E. A.; MESSER, H. H. Load and strain during lateral condensation and vertical root fracture. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 25, n. 2, p. 99-104, 1999.

LERTCHIRAKARN, V.; PALAMARA, J. E. A.; MESSER, H. H. Anisotropy of tensile strength of root dentin. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 80, n. 2, p. 453-6, 2001.

LERTCHIRAKARN, V.; PALAMARA, J. E. A.; MESSER, H. H. Finite element analysis and strain-gauge studies of vertical root fracture. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 29, n. 8, p. 529-34, p. 2003.

LIN, C. et al. Automatic finite element mesh generation for maxillary second premolar. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, Amsterdam, v. 59, n. 3, p. 187-195, 1999.

LOTTI, R.S. et al. Aplicabilidade científica do método dos elementos finitos. **Revista Dental Press Ortodontia e Ortopedia Facial**. Maringá, v. 11, n. 2, p. 35-43, 2006.

KIM, H. et al. Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 36, n. 7, p. 1195-9, 2010.

KINNEY, J. H.; MARSHALL, S. J.; MARSHALL, G. W. The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature. **Critical Reviews in Oral Biology & Medicine**, Boca Raton, v. 14, n. 1, p. 13-29, 2003.

MAGNE, P. Efficient 3D finite element analysis of dental restorative procedures using micro-CT data. **Dental Materials**, Oxford, v. 23, n. 5, p. 539-48, 2007.

PASTERNAK-JÚNIOR, B.; SOUSA-NETO, M. D.; SILVA, R. G. Canal transportation and centring ability of RaCe rotary instruments. **International Endodontic Journal**, Oxford, v. 42, n. 6, p. 499-506, 2009.

PÉCORRA, J. D. Influence of cervical preflaring on apical file size determination. **International Endodontic Journal**, Oxford, v. 38, n. 7, p. 430-5, 2005.

RENSON CE, BRADEN M. Experimental determination of the rigidity modulus, poisson's ratio and elastic limit in shear of human dentine. **Archives of Oral Biology**, Oxford, v. 20, n. 1, p. 43-7, 1975.

RUBIN, C. et al. Stress analysis of the human tooth using a three-dimensional finite element model. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 62, n. 2, p. 82-6, 1983.

RUNDQUIST, B. D.; VERSLUIS, A. How does canal taper affect root stresses? **International Endodontic Journal**, Oxford, v. 39, n. 3, p. 226-37, 2006.

SANO H, CIUCCHI B, MATTHEWS WG. Tensile properties of mineralized and demineralized human and bovine dentin. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 73, n. 6, p. 1205-11, 1994.

SATHORN, C.; PALAMARA, J. E. A.; MESSER, H. H.; A comparison of the effects of two canal preparation techniques on root fracture susceptibility and fracture pattern. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 31, n. 4, p. 283-7, 2005.

SATHORN, C. et al. Effect of root canal size and external root surface morphology on fracture susceptibility and pattern: A finite element analysis. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 31, n. 4, p. 288-92, 2005.

SCHÄFER, E. et al. Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 28, n. 3, p. 211-6, 2002.

SCHMITZ, M. S. et al. Influence of cervical preflaring on determination of apical size in mandibular molars: SEM analysis. **Brazilian Dental Journal**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 3, p. 245-51, 2008.

SCHNEIDER, S.W.; A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. **Oral Surgical Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology Endodontics**, Saint. Louis, v. 32, n. 2, p. 271-5, 1971.

SOROS, C. et al. Spreader load required for vertical root fracture during lateral compaction ex vivo: evaluation of periodontal simulation and fracture load information. **Oral Surgical Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology Endodontics**, Saint, Louis, v. 106, n. 2, p. e64-e70, 2008.

TAN, B. T.; MESSER, H. H. The quality of apical canal preparation using hand and rotary instruments with specific criteria for enlargement based on initial apical file size. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 28, n. 9, p. 658-64, 2002.

VANNI, J. R. et al. Influence of cervical preflaring on determination of apical file size in maxillary molars: SEM Analysis. **Brazilian Dental Journal**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 3, p. 181-6, 2005.

VERSLUIS, A.; MESSER, H. H.; PINTADO, M. R. Changes in compaction stress distributions in roots resulting from canal preparation. **International Endodontic Journal**, Oxford, v. 39, n. 12, p. 931-9, 2006.

YOLDAS, O. et al. Dentinal microcrack Formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the self-adjusting file. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 38, n. 2, p. 232- 5, 2012.

WEIGER, R. et al. A clinical method to determine the optimal apical preparation size. Part I. **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology Endodontics**, Saint Louis, v. 102, n. 5, p. 686-91, 2006.

WEINE, F. **Endodontic Therapy**. Saint Louis: C.V. Mosby, 1972.

WILCOX, L. R.; ROSKELLEY, C.; SUTTON, T. The relationship of root canal enlargement to finger-spread induced vertical root fracture. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 23, n. 8, p. 533-4, 1997.

WU, M. et al. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology Endodontics**, Saint Louis, v. 89, n. 6, p.739-43, 2000.

WU, M. et al. Does the first file to bind correspond to the diameter of the canal in the apical region? **International Endodontic Journal**, Oxford, v. 35, n. 3, p. 264-7, 2002.

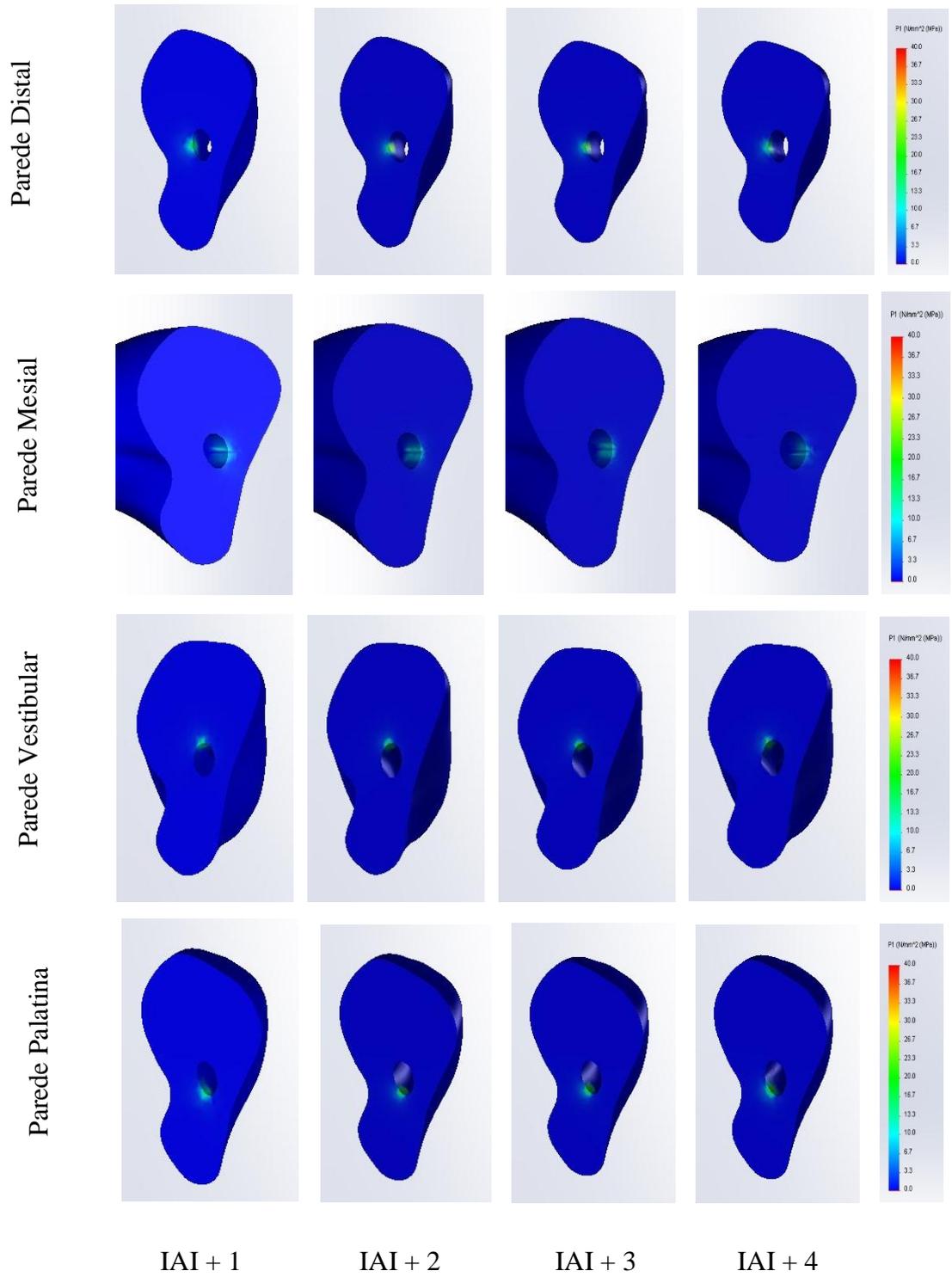
APÊNDICE

APÊNDICE A - Imagens da distribuição de tensões a 3 mm do ápice.

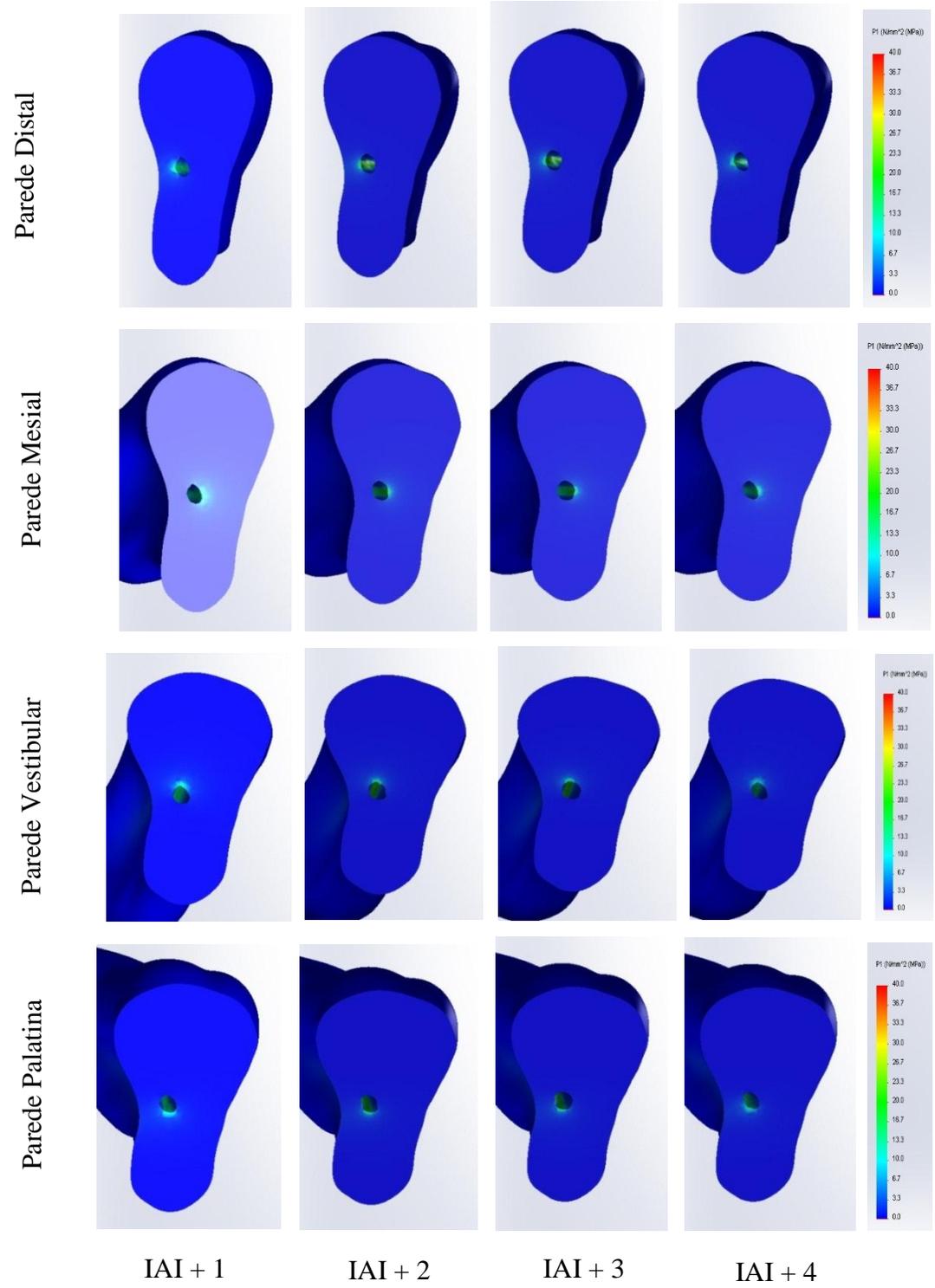
APÊNDICE B - Imagens da distribuição de tensões a 6 mm do ápice.

APÊNDICE C - Imagens da distribuição de tensões a 9 mm do ápice.

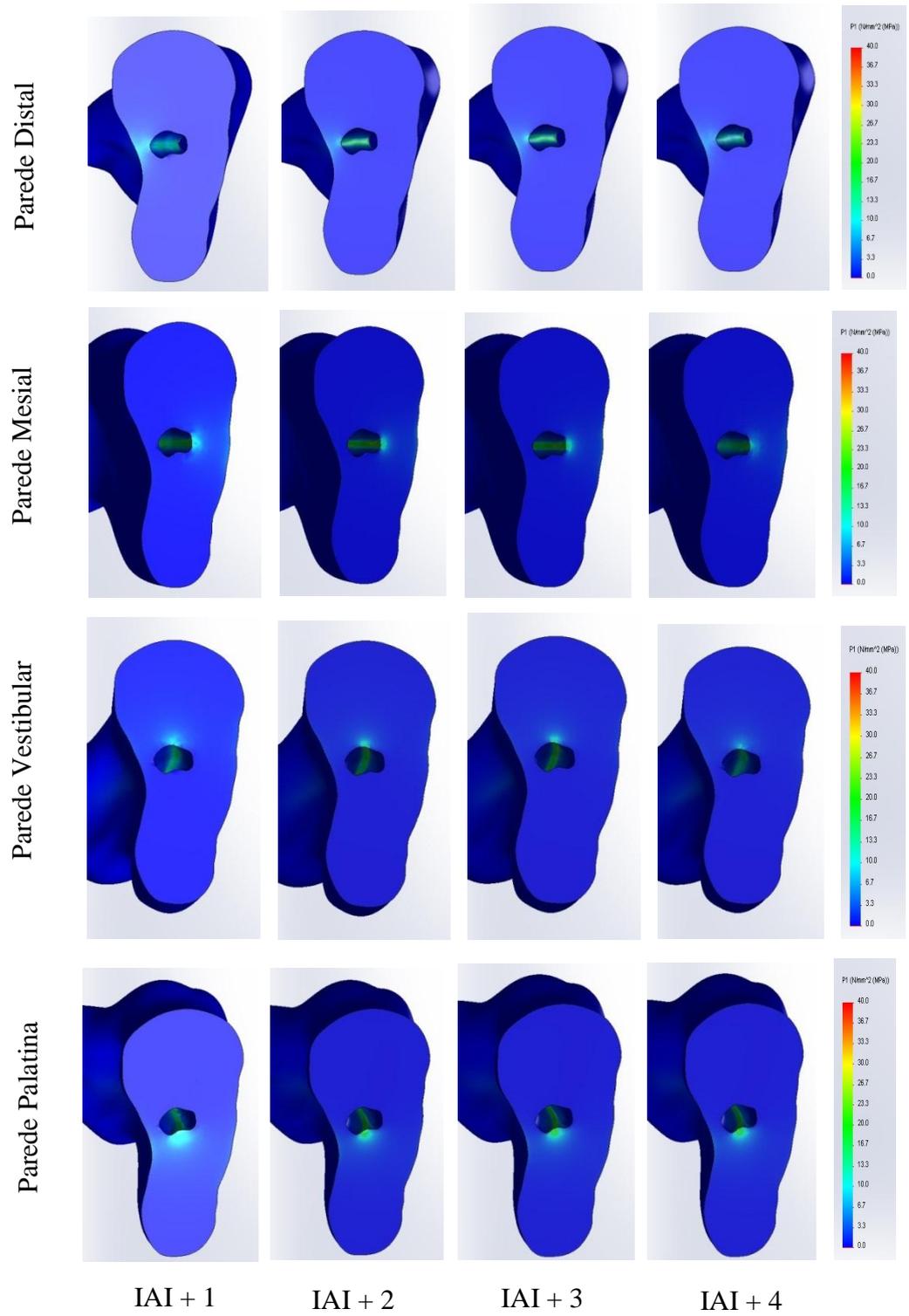
APÊNDICE A



APÊNDICE B



APÊNDICE C



ANEXOS

ANEXO A - Carta de Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria.

ANEXO B – Normas da Revista *Journal of Endodontics*.

ANEXO A

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA MARIA/ PRÓ-REITORIA
DE PÓS-GRADUAÇÃO E



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A influência do alargamento apical no estresse de canais radiculares curvos: Análise por Elementos Finitos

Pesquisador: Carlos Alexandre Souza Bier

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 11223113.2.0000.5346

Instituição Proponente: Universidade Federal de Santa Maria/ Pró-Reitoria de Pós-Graduação e

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 203.801

Data da Relatoria: 19/02/2013

Apresentação do Projeto:

A fratura vertical da raiz (FVR) é um significativo problema clínico que possui um difícil diagnóstico e um prognóstico desfavorável. O difícil diagnóstico deve-se a presença de defeito ósseo e abscesso periodontal na região da fratura. E também a presença radiográfica de uma área radiolúcida difusa no periodonto o que muitas vezes confunde-se com doença periodontal ou com casos de insucesso no tratamento endodôntico. Já o prognóstico desfavorável ocorre uma vez que o tratamento da FVR consiste na extração do elemento dental ou na ressecção da raiz do dente afetado. Os procedimentos endodônticos são apontados como um dos principais fatores responsáveis pela FVR. Tendo em vista que o alto estresse na dentina radicular durante a instrumentação poderá resultar em um aumento de defeitos dentinários, aumentando assim o risco de FVR. O presente estudo propõe-se avaliar a influência do alargamento apical no estresse de canais radiculares curvos por meio da AEF que é uma análise matemática, cujos resultados são expressos como distribuição de estresse nas estruturas investigadas. A hipótese a ser testada é que o alargamento realizado no terço apical de canais radiculares curvos durante a etapa de limpeza e modelagem causa estresse na dentina radicular, o qual é responsável pela geração de defeitos dentinários capaz de levar a fratura vertical da raiz.

Objetivo da Pesquisa:

Endereço: Av. Roraima, 1000 - Prédio da Reitoria 2º andar

Bairro: Cidade Universitária - Camobi

CEP: 97.105-900

UF: RS

Município: SANTA MARIA

Telefone: (55)3220-9362

E-mail: cep.ufsm@gmail.com

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA MARIA/ PRÓ-REITORIA
DE PÓS-GRADUAÇÃO E



Avaliar a influência do alargamento apical no estresse de canais radiculares curvos por meio da AEF.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

estão contemplados uma vez que os riscos são mínimos por trabalhar com banco de dentes e os benefícios são os inerentes aos avanços científicos

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

pesquisa relevante, bem fundamentada, com metodologia bem delineada.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

termos presentes.

Recomendações:

adicionar carimbo na folha de rosto do responsável pela instituição.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

aprovado

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

SANTA MARIA, 23 de Fevereiro de 2013

Assinador por:

**Félix Alexandre Antunes Soares
(Coordenador)**

Endereço: Av. Roraima, 1000 - Prédio da Reitoria 2º andar

Bairro: Cidade Universitária - Camobi

CEP: 97.105-900

UF: RS

Município: SANTA MARIA

Telefone: (55)3220-9362

E-mail: cep.ufsm@gmail.com

ANEXO B

Guidelines for Publishing Papers in the JOE

Writing an effective article is a challenging assignment. The following guidelines are provided to assist authors in submitting manuscripts.

The *JOE* publishes original and review articles related to the scientific and applied aspects of endodontics. Moreover, the *JOE* has a diverse readership that includes full-time clinicians, full-time academicians, residents, students and scientists. Effective communication with this diverse readership requires careful attention to writing style.

1. General Points on Composition

- a. Authors are strongly encouraged to analyze their final draft with both software (*e.g.*, spelling and grammar programs) and colleagues who have expertise in English grammar. References listed at the end of this section provide a more extensive review of rules of English grammar and guidelines for writing a scientific article. Always remember that clarity is the most important feature of scientific writing. Scientific articles must be clear and precise in their content and concise in their delivery since their purpose is to inform the reader. The Editor reserves the right to edit all manuscripts or to reject those manuscripts that lack clarity or precision, or have unacceptable grammar or syntax. The following list represents common errors in manuscripts submitted to the *JOE*:
- b. The paragraph is the ideal unit of organization. Paragraphs typically start with an introductory sentence that is followed by sentences that describe additional detail or examples. The last sentence of the paragraph provides conclusions and forms a transition to the next paragraph. Common problems include one-sentence paragraphs, sentences that do not develop the theme of the paragraph (see also section “c” below), or sentences with little to no transition within a paragraph.
- c. Keep to the point. The subject of the sentence should support the subject of the paragraph. For example, the introduction of authors’ names in a sentence changes the subject and lengthens the text. In a paragraph on sodium hypochlorite, the sentence, “In 1983, Langeland et al., reported that sodium hypochlorite acts as a lubricating factor during instrumentation and helps to flush debris from the root canals” can be edited to: “Sodium hypochlorite acts as a lubricant during instrumentation and as a vehicle for flushing the generated debris (Langeland et al., 1983).” In this example, the paragraph’s subject is sodium hypochlorite and sentences should focus on this subject.
- d. Sentences are stronger when written in the active voice, *i.e.*, the subject performs the action. Passive sentences are identified by the use of passive verbs such as “was,” “were,” “could,” etc. For example: “Dexamethasone was found in this study to be a factor that was associated with reduced inflammation,” can be edited to: “Our results demonstrated that dexamethasone reduced inflammation.” Sentences written in a direct and active voice are generally more powerful and shorter than sentences written in the passive voice.

- e. Reduce verbiage. Short sentences are easier to understand. The inclusion of unnecessary words is often associated with the use of a passive voice, a lack of focus or run-on sentences. This is not to imply that all sentences need be short or even the same length. Indeed, variation in sentence structure and length often helps to maintain reader interest. However, make all words count. A more formal way of stating this point is that the use of subordinate clauses adds variety and information when constructing a paragraph. (This section was written deliberately with sentences of varying length to illustrate this point.)
- f. Use parallel construction to express related ideas. For example, the sentence, “Formerly, endodontics was taught by hand instrumentation, while now rotary instrumentation is the common method,” can be edited to “Formerly, endodontics was taught using hand instrumentation; now it is commonly taught using rotary instrumentation.” The use of parallel construction in sentences simply means that similar ideas are expressed in similar ways, and this helps the reader recognize that the ideas are related.
- g. Keep modifying phrases close to the word that they modify. This is a common problem in complex sentences that may confuse the reader. For example, the statement, “Accordingly, when conclusions are drawn from the results of this study, caution must be used,” can be edited to “Caution must be used when conclusions are drawn from the results of this study.”
- h. To summarize these points, effective sentences are clear and precise, and often are short, simple and focused on one key point that supports the paragraph’s theme.
- i. Authors should be aware that the *JOE* uses iThenticate, plagiarism detection software, to assure originality and integrity of material published in the *Journal*. The use of copied sentences, even when present within quotation marks, is highly discouraged. Instead, the information of the original research should be expressed by new manuscript author’s own words, and a proper citation given at the end of the sentence. Plagiarism will not be tolerated and manuscripts will be rejected, or papers withdrawn after publication based on unethical actions by the authors. In addition, authors may be sanctioned for future publication.

2. Organization of Original Research Manuscripts

Please Note: All abstracts should be organized into sections that start with a one-word title (in bold), i.e., **Introduction**, **Methods**, **Results**, **Conclusions**, etc., and should not exceed more than 250 words in length.

- a. **Title Page:** The title should describe the major emphasis of the paper. It should be as short as possible without loss of clarity. Remember that the title is your advertising billboard—it represents your major opportunity to solicit readers to spend the time to read your paper. It is best not to use abbreviations in the title since this may lead to imprecise coding by electronic citation programs such as PubMed (e.g., use “sodium hypochlorite” rather than NaOCl). The author list must conform to published standards on authorship (see authorship criteria in the Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals at www.icmje.org). The manuscript title, name and address (including email) of one author designated as the corresponding author. This author will be responsible for editing proofs and ordering reprints when applicable. The contribution of each author should also be highlighted in the cover letter.

- b. **Abstract:** The abstract should concisely describe the purpose of the study, the hypothesis, methods, major findings and conclusions. The abstract should describe the new contributions made by this study. The word limitations (250 words) and the wide distribution of the abstract (*e.g.*, PubMed) make this section challenging to write clearly. This section often is written last by many authors since they can draw on the rest of the manuscript. Write the abstract in past tense since the study has been completed. Three to ten keywords should be listed below the abstract.
- c. **Introduction:** The introduction should briefly review the pertinent literature in order to identify the gap in knowledge that the study is intended to address and the limitations of previous studies in the area. The purpose of the study, the tested hypothesis and its scope should be clearly described. Authors should realize that this section of the paper is their primary opportunity to establish communication with the diverse readership of the *JOE*. Readers who are not expert in the topic of the manuscript are likely to skip the paper if the introduction fails to succinctly summarize the gap in knowledge that the study addresses. It is important to note that many successful manuscripts require no more than a few paragraphs to accomplish these goals. Therefore, authors should refrain from performing extensive review of the literature, and discussing the results of the study in this section.
- d. **Materials and Methods:** The objective of the materials and methods section is to permit other investigators to repeat your experiments. The four components to this section are the detailed description of the materials used and their components, the experimental design, the procedures employed, and the statistical tests used to analyze the results. The vast majority of manuscripts should cite prior studies using similar methods and succinctly describe the essential aspects used in the present study. Thus, the reader should still be able to understand the method used in the experimental approach and concentration of the main reagents (*e.g.*, antibodies, drugs, etc.) even when citing a previously published method. The inclusion of a “methods figure” will be rejected unless the procedure is novel and requires an illustration for comprehension. If the method is novel, then the authors should carefully describe the method and include validation experiments. If the study utilized a **commercial product**, the manuscript must state that they either followed manufacturer’s protocol *or* specify any changes made to the protocol. If the study used an ***in vitro* model** to simulate a clinical outcome, the authors must describe experiments made to validate the model, or previous literature that proved the clinical relevance of the model. Studies on **humans** must conform to the Helsinki Declaration of 1975 and state that the institutional IRB/equivalent committee(s) approved the protocol and that informed consent was obtained after the risks and benefits of participation were described to the subjects or patients recruited. Studies involving **animals** must state that the institutional animal care and use committee approved the protocol. The statistical analysis section should describe which tests were used to analyze which dependent measures; p-values should be specified. Additional details may include randomization scheme, stratification (if any), power analysis as a basis for sample size computation, drop-outs from clinical trials, the effects of important confounding variables, and bivariate versus multivariate analysis.
- e. **Results:** Only experimental results are appropriate in this section (*i.e.*, neither methods, discussion, nor conclusions should be in this section). Include only those data that are critical for the study, as defined by the aim(s). Do not include all available data without justification; any repetitive findings will be rejected from publication. All Figures, Charts

and Tables should be described in their order of numbering with a brief description of the major findings. Author may consider the use of supplemental figures, tables or video clips that will be published online. Supplemental material is often used to provide additional information or control experiments that support the results section (*e.g.*, microarray data).

- f. **Figures:** There are two general types of figures. The first type of figures includes photographs, radiographs or micrographs. Include only essential figures, and even if essential, the use of composite figures containing several panels of photographs is encouraged. For example, most photo-, radio- or micrographs take up one column-width, or about 185 mm wide X 185 mm tall. If instead, you construct a two columns-width figure (*i.e.*, about 175 mm wide X 125 mm high when published in the *JOE*), you would be able to place about 12 panels of photomicrographs (or radiographs, etc.) as an array of four columns across and three rows down (with each panel about 40 X 40 mm). This will require some editing to emphasize the most important feature of each photomicrograph, but it greatly increases the total number of illustrations that you can present in your paper. Remember that each panel must be clearly identified with a letter (*e.g.*, “A,” “B,” etc.), in order for the reader to understand each individual panel. Several nice examples of composite figures are seen in recent articles by Jeger et al (J Endod 2012;38:884–888); Olivieri et al., (J Endod 2012;38:1007 1011); Tsai et al (J Endod 2012;38:965–970). Please note that color figures may be published at no cost to the authors and authors are encouraged to use color to enhance the value of the illustration. Please note that a multipanel, composite figure only counts as one figure when considering the total number of figures in a manuscript (see section 3, below, for maximum number of allowable figures).

The second type of figures are graphs (*i.e.*, line drawings including bar graphs) that plot a dependent measure (on the Y axis) as a function of an independent measure (usually plotted on the X axis). Examples include a graph depicting pain scores over time, etc. Graphs should be used when the overall trend of the results are more important than the exact numerical values of the results. For example, a graph is a convenient way of reporting that an ibuprofen-treated group reported less pain than a placebo group over the first 24 hours, but was the same as the placebo group for the next 96 hours. In this case, the trend of the results is the primary finding; the actual pain scores are not as critical as the relative differences between the NSAID and placebo groups.

- g. **Tables:** Tables are appropriate when it is critical to present exact numerical values. However, not all results need be placed in either a table or figure. For example, the following table may not be necessary:

% NaOCl	N/Group	% Inhibition of Growth
0.001	5	0
0.003	5	0
0.01	5	0
0.03	5	0
0.1	5	100
0.3	5	100
1	5	100
3	5	100

- h. Instead, the results could simply state that there was no inhibition of growth from 0.001-0.03% NaOCl, and a 100% inhibition of growth from 0.03-3% NaOCl (N=5/group). Similarly, if the results are not significant, then it is probably not necessary to include the results in either a table or as a figure. These and many other suggestions on figure and table construction are described in additional detail in Day (1998).
- i. **Discussion:** This section should be used to interpret and explain the results. Both the strengths and weaknesses of the observations should be discussed. How do these findings compare to the published literature? What are the clinical implications? Although this last section might be tentative given the nature of a particular study, the authors should realize that even preliminary clinical implications might have value for the clinical readership. Ideally, a review of the potential clinical significance is the last section of the discussion. What are the major conclusions of the study? How does the data support these conclusions
- j. **Acknowledgments:** All authors must affirm that they have no financial affiliation (*e.g.*, employment, direct payment, stock holdings, retainers, consultantships, patent licensing arrangements or honoraria), or involvement with any commercial organization with direct financial interest in the subject or materials discussed in this manuscript, nor have any such arrangements existed in the past three years. Any other potential conflict of interest should be disclosed. Any author for whom this statement is not true must append a paragraph to the manuscript that fully discloses any financial or other interest that poses a conflict. Likewise the sources and correct attributions of all other grants, contracts or donations that funded the study must be disclosed
- k. **References:** The reference style follows Index Medicus and can be easily learned from reading past issues of the *JOE*. The *JOE* uses the Vancouver reference style, which can be found in most citation management software products. Citations are placed in parentheses at the end of a sentence or at the end of a clause that requires a literature citation. Do not use superscript for references. Original reports are limited to 35 references. There are no limits in the number of references for review articles.

3. Manuscripts Category Classifications and Requirements

Manuscripts submitted to the *JOE* must fall into one of the following categories. The abstracts for all these categories would have a maximum word count of 250 words:

- A. CONSORT Randomized Clinical Trial-Manuscripts in this category must strictly adhere to the Consolidated Standards of Reporting Trials-CONSORT- minimum guidelines for the publication of randomized clinical trials. These guidelines can be found at www.consort-statement.org/. These manuscripts have a limit of 3,500 words, [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures and 4 tables*.
- B. Review Article-Manuscripts in this category are either narrative articles, or systematic reviews/meta-analyses. Case report/Clinical Technique articles even when followed by extensive review of the literature will should be categorized as “Case Report/Clinical Technique”. These manuscripts have a limit of 3,500 words, [including abstract, introduction, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures and 4 tables*.

- C. Clinical Research (*e.g.*, prospective or retrospective studies on patients or patient records, or research on biopsies, excluding the use of human teeth for technique studies). These manuscripts have a limit of 3,500 words [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures and 4 tables*.
- D. Basic Research Biology (animal or culture studies on biological research on physiology, development, stem cell differentiation, inflammation or pathology). Manuscripts that have a primary focus on biology should be submitted in this category while manuscripts that have a primary focus on materials should be submitted in the Basic Research Technology category. For example, a study on cytotoxicity of a material should be submitted in the Basic Research Technology category, even if it was performed in animals with histological analyses. These manuscripts have a limit of 2,500 words [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures or 4 tables*.
- E. Basic Research Technology (Manuscripts submitted in this category focus primarily on research related to techniques and materials used, or with potential clinical use, in endodontics). These manuscripts have a limit of 2,500 words [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 3 figures and tables*.
- F. Case Report/Clinical Technique (*e.g.*, report of an unusual clinical case or the use of cutting-edge technology in a clinical case). These manuscripts have a limit of 2,500 words [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures or tables*.

* Figures, if submitted as multipanel figures must not exceed 1 page length. Manuscripts submitted with more than the allowed number of figures or tables will require approval of the *JOE* Editor or associate editors. If you are not sure whether your manuscript falls within one of the categories above, or would like to request preapproval for submission of additional figures please contact the Editor by email at jendodontics@uthscsa.edu.

Importantly, adhering to the general writing methods described in these guidelines (and in the resources listed below) will help to reduce the size of the manuscript while maintaining its focus and significance. Authors are encouraged to focus on only the essential aspects of the study and to avoid inclusion of extraneous text and figures. The Editor may reject manuscripts that exceed these limitations.

Available Resources:

Strunk W, White EB. *The Elements of Style*. Allyn & Bacon, 4th ed, 2000, ISBN 020530902X.

Day R. *How to Write and Publish a Scientific Paper*. Oryx Press, 5th ed. 1998. ISBN 1-57356-164-9.

Woods G. *English Grammar for Dummies*. Hungry Minds:NY, 2001 (an entertaining review of grammar).

Alley M. *The Craft of Scientific Writing*. Springer, 3rd edition 1996 SBN 0-387-94766-3.

Alley M. *The Craft of Editing*. Springer, 2000 SBN 0-387-98964-1.