

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

Regis Augusto Aleixo Alves

**Detecção de Erros Operatórios no Preparo do Canal Radicular
realizado com Instrumentos de Aço Inoxidável e Níquel-
Titânio por Estudantes de Graduação**

**Dissertação de Mestrado
Modalidade Artigo Científico**

**GOIÂNIA
2012**

Regis Augusto Aleixo Alves

**Detecção de Erros Operatórios no Preparo do Canal Radicular
realizado com Instrumentos de Aço Inoxidável e Níquel-
Titânio por Estudantes de Graduação**

Trabalho apresentado para Defesa de Mestrado ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Goiás com vistas à obtenção do título de Mestre em Odontologia

Orientador: Prof. Dr. João Batista de Souza
Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Estrela

**GOIÂNIA
2012**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**

**BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Aluno: Regis Augusto Aleixo Alves

Orientador: Prof. Dr. João Batista de Souza

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Estrela

Membros:

- 1. Prof. Dr. João Batista de Souza (FO/UFG)**
- 2. Prof. Dr. Carlos Estrela (FO/UFG)**
- 3. Prof. Dra. Ana Helena Gonçalves de Alencar (FO/UFG)**
- 4. Prof. Dr. Jesus Djalma Pécora (FORP/USP)**

Suplente:

- 1. Prof. Dr. Daniel de Almeida Silva (FO/UFG)**

Data:02/03/2012

Dedico este trabalho...

A **Deus**, nosso criador, presença constante nos momentos de certeza ou dúvida, pelo caminho já trilhado, pelas vidas que se cruzam e por tudo que há de vir;

Aos meus amados pais **José e Olinda**, por terem me ensinado que felicidade é paixão, entrega, virtude que não sossega, poesia, fantasia, mas não utopia. Por sempre terem apostado no meu potencial quando, muitas vezes, eu mesmo nele desacreditava. Vocês são o alicerce de minha alma, o bálsamo que perfuma meu jardim;

À minha noiva **Denise**, pelo amor e constante incentivo, essenciais para a concretização dessa nova etapa de minha vida. Sua doçura apazigua minha alma! “Assim te amo porque não sei te amar de outra maneira, tão perto que tua mão sobre o meu peito é a minha mão, tão perto que fecham meus olhos com o teu sono”.

“A coisa mais bela que podemos experimentar é o mistério. Essa é a fonte de toda a arte e ciências verdadeiras”.

Albert Einstein

Dedicatória Especial

Ao professor **Carlos Estrela**,

Um grande educador e pesquisador cujo amor pela pesquisa e pela vida é para mim constante fonte de inspiração. Obrigado pelo apoio e motivação!

“Feliz é aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”

Cora Coralina

Agradecimentos

A **Deus** por me proporcionar momentos de prazer e conhecimento ao longo do mestrado e durante toda minha existência.

Aos meus pais **José Alves Bezerra** e **Olinda de Fátima Aleixo Alves** de quem absorvo doses diárias de sabedoria e simplicidade. Deram-me, além da vida, a oportunidade de desfrutá-la com dignidade. Assim, quando em seus olhos os meus olham, nada me cega, porque nada em vocês é efêmero e volátil. Tudo é claro, simples e paradoxalmente grande!

Aos meus queridos sogros **Donetil** e **Geny**, por me receberem como um filho em suas vidas e por demonstrarem cotidianamente atos de força, coragem e grandeza admiráveis;

Ao querido professor Doutor **João Batista de Souza** pela valiosa contribuição dada à minha formação, pela oportunidade concedida e pela grande ajuda na condução deste trabalho;

À Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás, na pessoa do Digníssimo Diretor Professor Doutor **Gersinei Carlos de Freitas** pela oportunidade de nela retornar para realizar esta pós-graduação;

A todos os professores e funcionários do Curso de Pós-Graduação em Odontologia, pela sensível contribuição para o melhoramento da capacitação técnica, científica e humana. A vocês, minha eterna gratidão!

Aos amigos e colaboradores **Olavo César Lyra Porto**, **Orlando Aguirre Guedes**, **Daniel Almeida Decurcio**, **Júlio Almeida Silva** e também aos acadêmicos **Gustavo Chaves** e **Lucas Capeletti** pela disponibilidade e dedicação dispensadas à realização deste trabalho;

À querida professora Doutora **Ana Helena** pela aceitação em fazer parte de minha qualificação e defesa e por suas notáveis sugestões que enriqueceram ainda mais nosso trabalho;

Ao professor Doutor **Jesus Djalma Pécora** por sua ilustre presença em minha banca de Defesa de Dissertação;

Aos meus amados afilhados **Yzadora, Ísis, Eduardo e Lucas**, por alegrarem a vida do padrinho;

Aos amigos do mestrado **André Drummond, André Gomide, Daniela, Edmar, Érika, Helder, Iury, Julianna, Mariana, Milena, Rafaella Guimarães, Rafaella Mosquera e Vinícius** pelo vínculo estabelecido e notável parceria nos trabalhos, seminários e dia-a-dia acadêmico. Saibam que este trabalho leva um pouco de cada um de vocês;

Aos colegas e amigos do Centro de Especialidades Odontológicas de Senador Canedo e da Associação dos funcionários da Agência Municipal de Obras (ASMOB), em especial às queridas Coordenadoras de Saúde **Viviane e Rosana** e ao presidente da ASMOB **Marco Antônio** pelo apoio e compreensão que comigo tiveram nesses últimos dois anos;

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a concretização desse trabalho, em especial aos irmãos de fé **Eduardo Basile, Marcos Vinícius, Fernanda, Neto e Lorena, Igor, Vítor, Valdir, Carmem, Eduardo e Simone Reis, Anderson e Érika, Fábio e Paula, Neyller e Fabíola, Sean, Santiago, Marconi, Gustavo, Rodrigo, Katiúscia, Geovane e Araceli, Sarkis, Janaína, Dona Lina, Frederico, Fabíola, Alessandro, Jonas, Alexandre, Erasto, Andreia, Rhonan, Mamede, Giselle, Giulliano, Vera, Seizer, Daniel, Raphael**, muito obrigado!

Sumário

Tabelas, figuras e anexos	10
Abreviaturas, siglas e símbolos	11
Resumo	13
Abstract	14
1. Introdução	15
2. Objetivos	18
3. Material e método	19
4. Resultados	25
5. Discussão	29
6. Conclusão	35
7. Referências bibliográficas	37
8. Publicação	39
9. Anexos	59

Tabelas, figuras e anexos

Tabela 1. Frequência de erros operatórios em canais radiculares de molares inferiores e superiores detectados por meio de imagens de radiografia periapical (RP) e TCFC

Tabela 2. Frequência de erros operatórios em canais radiculares de molares inferiores e superiores detectados por meio de radiografia periapical (RP) e TCFC de acordo com o instrumento

Tabela 3. Tempo médio em minutos do preparo dos canais radiculares por dente de acordo com o instrumento

Figura 1. Erros operatórios observados por radiografia periapical : fratura de instrumento (A) e desvio (B,C).

Figura 2. Erros operatórios observados por TCFC: corte sagital (A), axial (B) e coronal (C).

Anexo 1. Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa

Anexo 2. Normas de publicação do Journal of Endodontics

Abreviaturas, siglas e símbolos

G	Grupo
%	Porcentagem
RP	Radiografia periapical
PR	Periapical radiography
TCFC	Tomografia computadorizada de feixe cônico
CBCT	<i>Cone beam computed tomography</i>
micro-TC, μ -CT	Microtomografia computadorizada
mm	Milímetros
NiTi	Níquel-Titânio
rpm	Rotações por minuto
Ncm	Newton por centímetro
BR	BioRace
NaOCl	IHipoclorito de sódio / <i>Sodium hypochlorite</i>
EDTA	Ácido etileno diaminotetracético
mL	Mililitro
Lt.	Lote
p, α	Nível de significância/ significance level
GT	Greater Taper
Voxel	Volumetric pixel, volumetric picture element
K	Limas Kerr
ANOVA	Análise de variância
GO	Goiás
SP	São Paulo
PR	Paraná
USA	<i>United States of America</i>

NY	<i>Nova Iorque / New York</i>
PA	<i>Pensylvania</i>
WA	<i>Washington</i>
MI	<i>Michigan</i>
Ghz	Gigahertz
DP	Desvio-padrão
SD	<i>Standard Deviation</i>
Co.	<i>Company</i>

Resumo

O objetivo deste trabalho foi detectar erros operatórios realizados durante o preparo do canal radicular com instrumentos de aço inoxidável e de níquel-titânio por estudantes de graduação determinados por dois métodos de diagnóstico por imagem. Sessenta molares humanos extraídos foram distribuídos em três grupos de acordo com os preparos dos canais radiculares: G1- Instrumentos de aço inoxidável - K-Flexofile; G2- Instrumentos de NiTi K3 e G3- Instrumentos de NiTi BioRace. O cimento AH PlusTM associado à guta-percha foi usado para a obturação. Radiografias periapicais e tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) foram obtidas para verificar erros de procedimentos ocorridos durante o preparo. Dois examinadores avaliaram as imagens determinando a presença ou ausência de fratura de instrumentos, perfurações radiculares e desvio do trajeto original do canal radicular. A concordância entre os dois observadores foi avaliada pela análise de concordância Kappa. Os testes de Kolmogorov-Smirnov, exato de Fisher, ANOVA e Tukey foram usados para análise estatística. O nível de significância foi de 5%. Os métodos de diagnóstico por imagem em duas e três dimensões permitiram identificar erros de procedimentos operatórios sem diferenças estatisticamente significantes. Os instrumentos endodônticos de aço inoxidável e de NiTi não apresentaram diferenças significantes entre si quanto aos erros de procedimentos operatórios. A identificação de erros de procedimentos operatórios pode ser verificada tanto por radiografia periapical quanto por imagens de TCFC, sendo que mais recursos de diagnóstico são observados em imagens em três dimensões. Observou-se baixa frequência de erros operatórios indiferentemente aos instrumentos endodônticos utilizados quando manipulados por operadores inexperientes.

Descritores: Acidentes, tomografia computadorizada de feixe cônico, Ni-Ti, preparo de canal radicular.

Abstract

Introduction This study investigated procedural errors made during root canal preparation using stainless steel and nickel-titanium instruments by graduate students, using two diagnostic imaging methods. **Methods** Sixty human molars were divided into three groups according to the instruments used for root canal preparation: Group 1 - stainless steel instruments (K-Flexofile); Group 2 - K3 instruments; and Group 3 - BioRace instruments. The root canals were filled using AH PlusTM and gutta-percha. Periapical radiographs and cone beam computed tomography images were obtained to detect procedural errors made during root canal preparation. Two examiners evaluated the presence or absence of fractured instruments, perforations and canal transportation. The agreement between observers was assessed using the kappa coefficient. The Kolmogorov-Smirnov, Fisher exact, ANOVA and Tukey tests were used for statistical analysis. The level of significance was set at 5%. **Results** There were no significant differences in detecting procedural errors between two- and three-dimensional diagnostic imaging methods. There were no significant differences in procedural errors between stainless steel and nickel-titanium instruments. **Conclusions** Both Periapical radiographs and cone beam computed tomography identified procedural errors, and three-dimensional images offered more diagnostic resources. The frequency of procedural errors was low for any of the endodontic instruments used by inexperienced operators.

Keywords: Accidents, cone beam computed tomography, nickel-titanium instruments, root canal preparation.

1- Introdução

A endodontia contemporânea presencia importantes mudanças com o aparecimento de novos materiais. A introdução da liga de Níquel-Titânio (NiTi) usada em arcos ortodônticos usinados favoreceu a confecção de instrumentos para o emprego em endodontia¹. *Walia et al.* (1988) estudaram as propriedades da liga em instrumentos endodônticos, cujos resultados despertaram o interesse da indústria especializada. A superelasticidade, propriedade da liga de NiTi, permitiu o preparo de canais radiculares curvos com uma melhor qualidade.

Há alguns anos, o uso de instrumentos de NiTi acionados a motor para o preparo de canais radiculares curvos deixou de ser privilégio dos especialistas sendo gradativamente incorporado ao conteúdo programático nos cursos de graduação. O ensino da endodontia na graduação requer conhecimento científico atual, estratégias metodológicas apropriadas para a melhor aplicação e técnicas e materiais adequados a diferentes condições clínicas³⁻⁶.

A limpeza e a modelagem dos canais radiculares curvos representam etapa essencial da terapia endodôntica⁷. A flexibilidade dos instrumentos de NiTi favorece a manutenção do formato original do canal radicular e melhora a modelagem em áreas curvas do canal comparado aos instrumentos de aço inoxidável⁸.

Vários aspectos foram favoráveis à adoção de instrumentos rotatórios de NiTi para o preparo de canais radiculares: manutenção do comprimento de trabalho, obtenção de um preparo mais centralizado, diminuição de erros operatórios, o que possibilitou a melhor qualidade^{2,6,8-10}. Novos instrumentos rotatórios de NiTi com diferentes características (área seccional, ângulo de

corte, ângulo helicoidal, sulcos e borda radial) têm sido introduzidos ao arsenal endodôntico^{1,9,10}.

Um considerável número de faculdades inseriu a instrumentação rotatória em seus projetos pedagógicos, porém observa-se muita resistência apesar de pesquisas indicarem reduzida quantidade de erros operatórios durante o manuseio de sistemas rotatórios com instrumentos de NiTi por estudantes de graduação^{4,6,11-13}. Outras justificativas além dos riscos, envolvem custo dos equipamentos e instrumentos, e falta de tempo nos programas de graduação para a implementação dessa técnica¹². Há alguns anos, Spanberg (2001) ressaltou que apesar da técnica rotatória não constituir um procedimento básico discutido na graduação, tanto clínicos gerais quanto especialistas em endodontia empregam esses instrumentos. Portanto, parece ser lógico que as faculdades devam ensinar pelo menos uma técnica rotatória aos alunos de graduação. Pécora *et al.* (2002) ressaltaram não somente a importância do emprego destes sistemas mecanizados de NiTi em endodontia, bem como sua aplicação nas atividades laboratoriais e clínicas da graduação.

Todos os aspectos que podem influenciar a aplicação desses recursos e conhecimentos no conteúdo programático de endodontia durante a graduação, tais como o risco de fratura do instrumento, perfuração radicular e desvio do trajeto original do canal radicular devem ser avaliados juntamente com a necessidade de um treinamento pré-clínico. Assim, baseado no desempenho dos instrumentos rotatórios de NiTi para o preparo de canais radiculares curvos, vários estudos avaliaram a aplicação desses recursos no ensino da endodontia na graduação, valendo-se de diferentes metodologias^{6,9-12}.

A TCFC tem sido indicada em endodontia com diferentes objetivos, incluindo o estudo da anatomia dos canais radiculares, morfologia interna e externa, na reconstrução tridimensional do dente, avaliação do preparo do canal radicular, obturação, retratamento, detecção de lesões ósseas, e outros estudos em endodontia¹⁵⁻²⁴. Sua capacidade de reduzir ou eliminar a sobreposição de estruturas adjacentes faz da TCFC um exame superior às radiografias periapicais convencionais¹⁶. Comparada à tomografia computadorizada de feixe em leque, também chamada de tomografia médica, a TFCF apresenta algumas vantagens: menor dose de radiação, escaneamento ou varredura oito vezes superior em termos de resolução e capacidade de medir com precisão o volume em diferentes direções, pois os voxels são isotrópicos diferentes da tomografia médica em que os mesmos são anisotrópicos¹⁵.

Frente à importância da inserção de técnicas modernas de instrumentação radicular em cursos de graduação aliada a novos recursos de diagnóstico por imagem, este estudo foi realizado considerando a hipótese nula de que não haveria diferenças quanto a erros operatórios no preparo de canais radiculares executado por estudantes de graduação, quer com instrumentos de aço inoxidável, quer com de NiTi. Assim, o objetivo do presente estudo foi detectar erros operatórios durante o preparo do canal radicular com instrumentos de aço inoxidável e de NiTi realizado por estudantes de odontologia por meio de radiografia periapical e tomografia computadorizada de feixe cônico.

2- Objetivos

2.1- Objetivo Geral

- Detectar erros operatórios durante o preparo do canal radicular com instrumentos de aço inoxidável e de NiTi realizado por estudantes de odontologia, por meio de radiografia periapical e imagens de TCFC

2.2- Objetivos Específicos

- Comparar o desempenho dos instrumentos de aço inoxidável e de NiTi quanto à ocorrência de erros operatórios;
- Comparar métodos de avaliação do preparo dos canais radiculares envolvendo radiografia periapical e imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico.

3- Material e método

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFG, Brasil (protocolo n.042/2011) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi obtido de todos os pacientes.

Seleção e preparo dos dentes

Sessenta molares humanos superiores e inferiores, extraídos por diferentes motivos, foram obtidos no serviço de urgência da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás (Goiânia-GO, Brasil). Os dentes foram armazenados em solução de timol a 0,2 %, sendo a seguir imersos em solução de hipoclorito de sódio a 5% (Fitofarma, Lt. 20553, Goiânia, GO, Brasil) por 30 minutos para remoção de tecido orgânico na superfície externa das raízes.

Exame por imagem

Radiografias periapicais e tomografias computadorizadas de feixe cônico de todos os dentes foram realizadas inicialmente no intuito de verificar a existência de calcificações, o estágio de formação dos ápices dentários e ausência de reabsorções internas e externas.

Para o exame radiográfico, utilizou-se o aparelho Spectro X70 (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brasil), com tubo focal de 0.8 mm X 0.8 mm, filmes Kodak Insight-E (Eastman Kodak Co., Rochester, NY, USA) pela técnica do paralelismo em que o feixe de raios X incide perpendicularmente ao longo eixo do dente. Nos molares superiores e inferiores foi utilizada incidência ortocêntrica em que não há movimentação para mesial nem distal do dente. Em todos os dentes foi utilizada uma plataforma radiográfica para

a padronização das imagens radiográficas. Todos os filmes foram processados em uma processadora automática e a avaliação das imagens foi realizada em negatoscópio sob penumbra com o auxílio de lupa.

As imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico foram obtidas pelo sistema de imagem i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA), tamanho 0,20 mm – 0,20 mm – 0,20 mm voxel, 14 bits. As imagens foram examinadas em três cortes (sagital, coronal e axial) com auxílio de um software (Xoran version 3.1.62; Xoran Technologies, Ann Arbor, MI, USA) e um computador com sistema operacional Microsoft Windows XP professional SP-2 (Microsoft Corp, Redmond, WA, USA), com processador Intel® Core™ 2 Duo-6300 1.86 Ghz (Intel Corporation, USA), placa de vídeo NVIDIA GeForce 6200 turbo cachê (NVIDIA Corporation, USA) e monitor EIZO – Flexcan S2000, resolução 1600x1200 pixels (EIZO NANA Corporation Hakusan, Japan).

Critérios de exclusão e inclusão

Foram utilizados três canais radiculares em cada dente (molares superiores – canal palatino, mesiovestibular e distovestibular; molares inferiores – canal distal, mesiovestibular e mesiolingual). Molares inferiores com quatro canais foram excluídos deste estudo. Em molares superiores com presença do canal mesiopalatino, este não foi instrumentado. Todos os dentes apresentavam comprimento inferior a 22 mm e pelo menos uma das raízes vestibulares dos molares superiores e das mesiais dos molares inferiores apresentava curvatura moderada com raio $r > 4$ e $r \leq 8$ mm²⁴.

Abertura coronária

Posterior à realização das radiografias periapicais e TCFC iniciais foram realizadas as aberturas coronárias com pontas diamantadas esféricas (n.1013 e 1014; KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil) e broca Endo Z (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Switzerland), ambas sob refrigeração e em alta rotação. Esta etapa foi realizada por um cirurgião-dentista endodontista com mais de cinco anos de experiência.

Determinação do comprimento de trabalho

O comprimento de trabalho foi determinado com o uso de limas K-Flexofile (n. 10 e 15), introduzidas em todos os canais radiculares até serem visualizadas no forame apical. O comprimento de trabalho foi estabelecido a 1 mm aquém do forame apical.

Seleção de estudantes

Dois estudantes de iniciação científica do sexto período de graduação em Odontologia da Universidade Federal de Goiás foram convidados para participar do estudo. Ambos os estudantes não apresentavam experiência no preparo de canais radiculares curvos. Foram dadas instruções durante oito horas sobre os instrumentos e a instrumentação rotatória associadas às aplicações clínicas.

Divisão dos grupos

Os canais radiculares foram aleatoriamente distribuídos em três grupos experimentais e preparados com os seguintes sistemas: G1- Instrumentos de aço inoxidável (n=60) (K-Flexofile - Dentsply/Maillefer,

Switzerland); G2- Instrumentos K3 (n=60) (SybronEndo, Orange, CA, USA) e G3- Instrumentos BioRace (n=60) (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland).

Preparo dos canais radiculares

Para o preparo cervical do grupo G1 foram utilizadas brocas Gates Glidden n. 1 e 2, os instrumentos n. 25/.10 e 25/.08 para o grupo G2 e para o grupo G3 o instrumento BR 0 (n. 25/0.08) no terço coronário com movimentos de penetração, orientando sempre em sentido anticurvatura, fazendo com que o instrumento tocasse todas as paredes. Depois do preparo cervical e odontometria, o terço apical foi preparado com os instrumentos de n. 15 a 40 para o grupo G1. Os instrumentos foram utilizados até o n. 35 nos canais mesiais dos molares inferiores e vestibulares dos molares superiores e até o n. 40 nos canais distais dos molares inferiores e palatino dos molares superiores. Para o grupo G2, a sequência empregada foi n. 15/.02, 20/.02, 25/.02, 30/.02, 35/.02, 40/.02, 45/.02, 25/.04 e 25/.06 em todos os canais. Para todos os canais radiculares do grupo G3: BR1 (15/0.05), BR2 (25/0.04), BR3 (25/0.06), BR4 (35/0.04) e BR5 (40/0.04). Para canais mais amplos (distal de inferiores e palatino de superiores) deste grupo foram utilizados também os instrumentos BR6 (50/0.04) e BR7 (60/0.02). Os instrumentos de NiTi acionados a motor foram utilizados na velocidade de 300 rpm e torque de 2.9 Ncm (X-Smart, Denstsply/Malleifer, Ballaigues, Switzerland). Para a realização do preparo dos canais radiculares foram utilizados dois jogos de instrumentos para cada grupo e o tempo de preparo para cada dente foi aferido em cronômetro digital. Cada operador realizou o preparo de quinze canais radiculares de

dentos inferiores sequencialmente com cada sistema obedecendo à ordem: instrumentos de aço inoxidável, K3 e BioRace. Os canais radiculares dos dentes superiores foram preparados respeitando-se a mesma sequência.

Durante o preparo, os canais radiculares foram irrigados a cada troca de instrumento com 3 mL de solução, previamente preparada, de hipoclorito de sódio a 1% (Fitofarma Lt. 20553, Goiânia, GO, Brasil). Os canais foram secados com cones de papel esterilizados e preenchidos com EDTA a 17% (pH 7,2) (Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brasil) por 3 minutos, para remoção da *smear layer*. Uma nova irrigação com 3 mL de solução de hipoclorito de sódio a 1% foi realizada. Após a instrumentação dos canais, radiografias periapicais e TCFC foram obtidas.

Obturação dos canais radiculares

Os canais radiculares foram obturados com cimento AH Plus™ (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Switzerland), preparados de acordo com as especificações do fabricante, e guta percha, utilizando a técnica da condensação lateral. Radiografias periapicais e TCFC foram obtidas em condições similares às descritas.

Análise das imagens

Dois examinadores (um radiologista e um endodontista) foram calibrados em 20% da amostra para a detecção de erros de procedimentos operatórios. Todas as imagens quanto à presença ou ausência de instrumentos fraturados, perfurações radiculares (terço cervical, médio e apical) e desvio do trajeto original do canal radicular foram analisadas individualmente. Quando o consenso não era alcançado após a

interpretação dos dois examinadores, um terceiro observador (endodontista) realizava a decisão final. A análise das imagens foi realizada com um intervalo de duas horas entre os grupos para que não sofressem influência do cansaço visual.

Análise estatística

A concordância para os erros identificados por dois observadores foi avaliada pela análise de concordância Kappa. A análise da diferença entre os tipos de erros avaliados pela radiografia periapical e pela TCFC foi realizada pelo teste estatístico Kolmogorov-Smirnov. A relação entre as imagens de radiografia periapical e as de TCFC quanto aos tipos de erros operatórios foi avaliada pelo teste exato de Fisher. A análise da diferença entre o tempo para o preparo dos canais em relação às diferentes técnicas foi avaliado pelo teste estatístico ANOVA e a comparação entre as médias pelo teste de Tukey. O nível de significância foi de 5%.

4- Resultados

As frequências de erros operatórios detectados por meio de radiografia periapical e TCFC estão descritas na tabela 1. No total de 180 canais radiculares preparados (molares superiores e inferiores), foram identificados 11 (6,11%) erros operatórios por meio de radiografias periapicais, sendo 7 (3,88%) fraturas de instrumentos e 4 (2,23%) desvios. Em imagens de TCFC, 11 (6,11%) erros operatórios também foram identificados, sendo 7 (3,88%) fraturas de instrumento, 3 (1,67%) desvios e 1 (0,56%) perfuração.

Tabela 1. Frequência de erros operatórios em canais radiculares de molares inferiores e superiores detectados por meio de imagens de radiografia periapical (RP) e TCFC

Método	n	Fratura	Desvio	Perfuração	p*
RP	180	7 (3,88%)	4 (2,23%)	0 (0,00%)	p > 0,05
TCFC [†]	180	7 (3,88%)	3 (1,67%)	1 (0,56%)	p > 0,05

(teste Kolmogorov-Smirnov) † Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico * valor de p

As frequências de erros operatórios detectados por meio de radiografia periapical (RP) e TCFC de acordo com o instrumento estão descritas na tabela 2.

Tabela 2. Frequência de erros operatórios em canais radiculares de molares inferiores e superiores detectados por meio de radiografia periapical (RP) e TCFC de acordo com o instrumento

Método	n	K-Flexofile	K3	BioRace	p*
RP	180	3(27,27%)	3 (27,27%)	5 (45,45%)	p > 0,05
TCFC†	180	3(27,27%)	3 (27,27%)	5 (45,45%)	p > 0,05

(teste Kolmogorov-Smirnov † Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico * valor de p)

O tempo médio do preparo dos canais radiculares por dente de acordo com o instrumento está descrito na tabela 3.

Tabela 3. Tempo médio em minutos do preparo dos canais radiculares por dente de acordo com o instrumento

Tempo (Minutos)	K-Flexofile	K3	BioRace	p
	M ± DP	M ± DP	M ± DP	
Estudantes	43 ± 15	30 ± 11	17 ± 6	p < 0,001

(ANOVA, Tukey) (M- Média; DP- Desvio Padrão)

A análise entre os tipos de erros operatórios, instrumentos e o método de diagnóstico por imagem mostrou não haver diferenças estatisticamente significantes ($p > 0,05$). A análise do tempo para o preparo dos canais em relação aos diferentes sistemas de instrumentação mostrou que houve diferença significativa entre instrumentos K-Flexofile e K3 ($p = 0,002$), entre instrumentos K-Flexofile e BioRace ($p < 0,001$) e entre K3 e BioRace ($p < 0,003$).

A Figura 1 ilustra os casos de fratura de instrumento, desvio e perfuração observados por radiografia periapical.

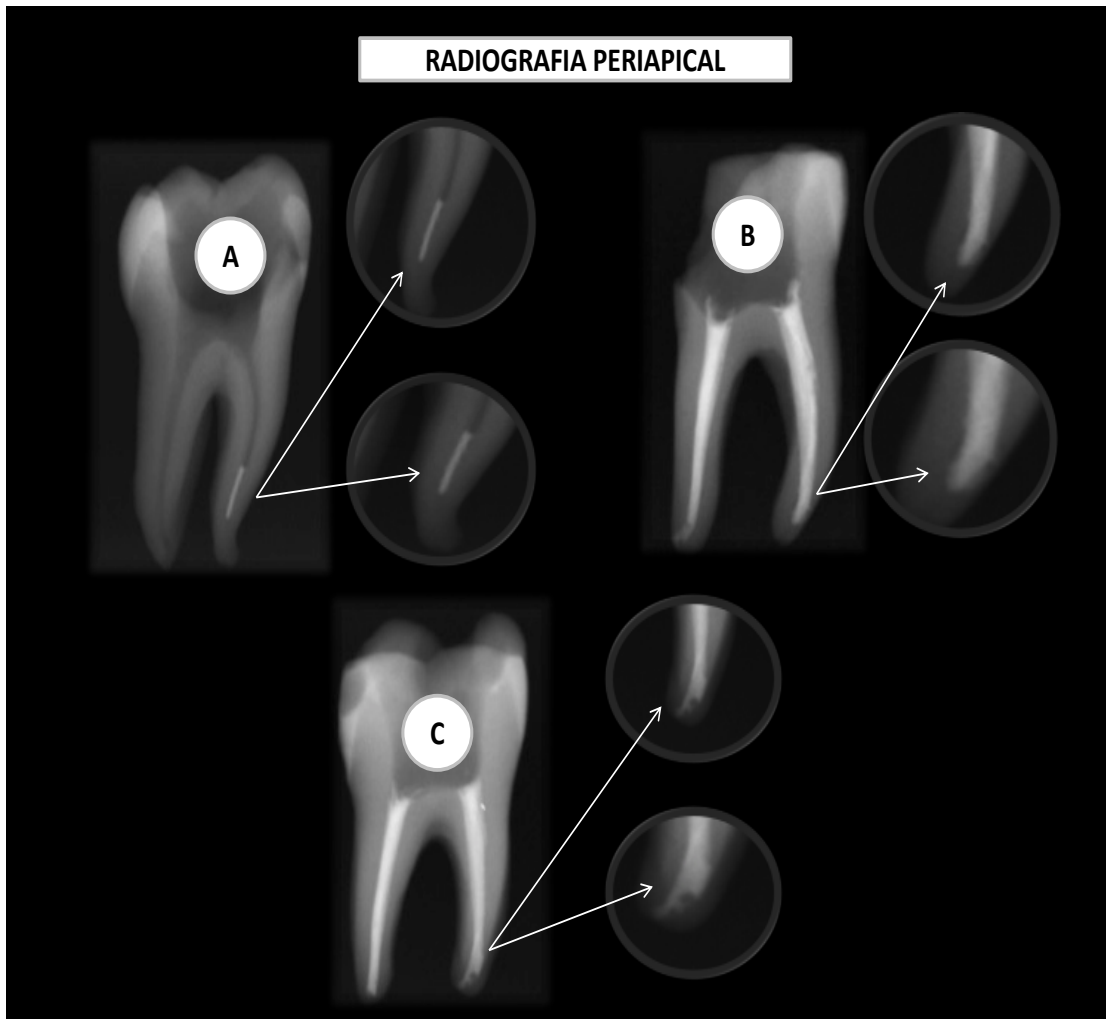


Figura 1. Erros operatórios observados por radiografia periapical : fratura de instrumento (A) e desvio (B,C).

A Figura 2 ilustra os casos de fratura de instrumento, desvio e perfuração observados por TCFC em três cortes (sagital, axial e coronal).

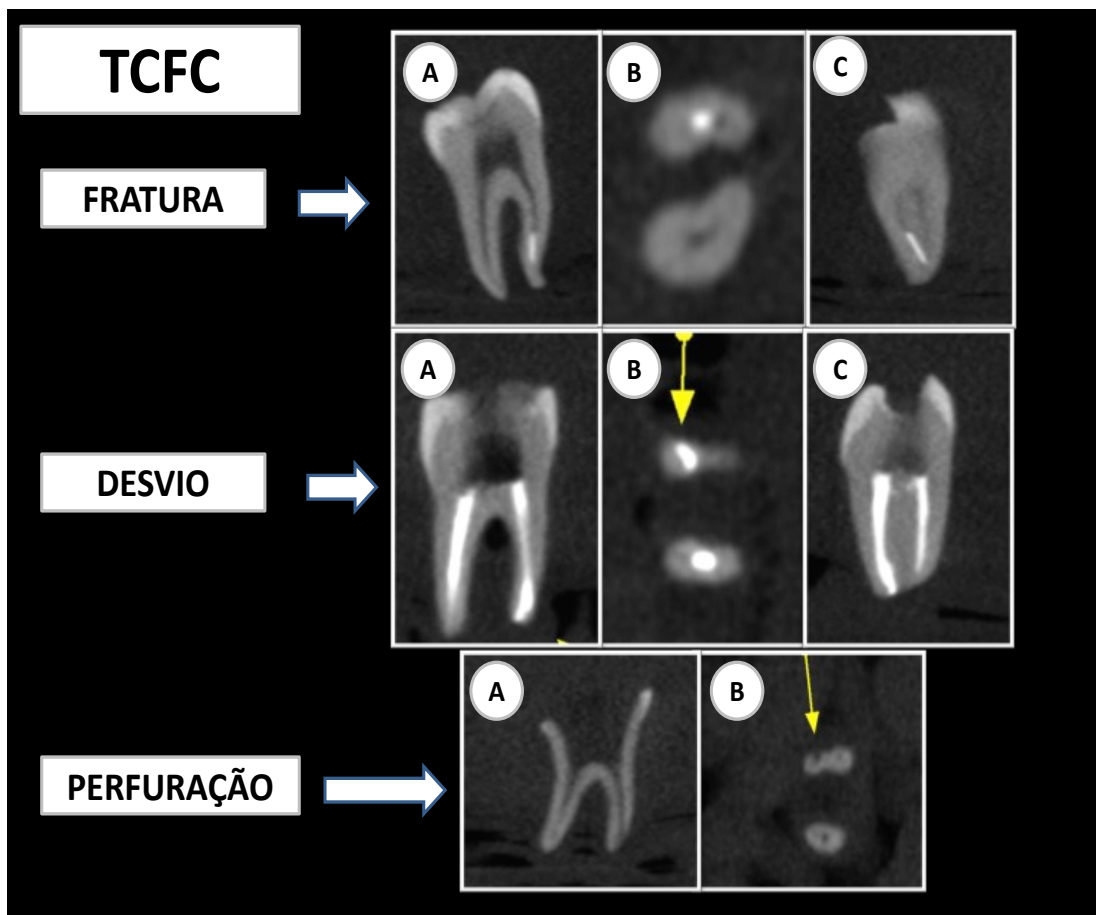


Figura 2. Erros operatórios observados por TCFC: corte sagital (A), axial (B) e coronal (C).

5- Discussão

O controle de qualidade do tratamento endodôntico requer criteriosa avaliação dos procedimentos operatórios. A análise de erros que podem influenciar no prognóstico do tratamento é essencial frente à seleção de novos instrumentos endodônticos. Os resultados do presente estudo mostraram que não houve diferença significativa entre os tipos de erros operatórios, instrumentos e o método de diagnóstico por imagem analisados. Estes aspectos fortalecem a introdução de novas tecnologias na melhoria da qualidade do preparo de canais no ensino da endodontia^{4,6,9-13,25-28}.

Nos 180 canais radiculares preparados no presente estudo foram detectados 11 (6,11%) erros operatórios por meio de radiografias periapicais e imagens de TCFC. A qualidade do preparo de canais radiculares curvos tem sido avaliada por diferentes metodologias: descalcificação, moldagens, cortes seriados, canais artificiais, radiografias, microtomografia computadorizada (micro-TC) e tomografia computadorizada de feixe cônico^{2,4,6,8-10,20,22,23,26-30}. A complexidade da anatomia interna constitui expressivo desafio no tratamento endodôntico²⁹, o que justifica estudos com métodos de diagnóstico não invasivos para a detecção de erros operatórios, os quais constituem fatores de risco de fracassos endodônticos⁶.

A resolução da imagem e a contribuição tridimensional para a análise da morfologia interna são importantes recursos para avaliar a forma do canal radicular antes e após o preparo^{6,10,15,22,23,26}. Peters *et al.* (2000) avaliaram o potencial e a precisão de uma técnica tridimensional não-invasiva (micro-TC) para detalhar a geometria de canais radiculares em molares superiores humanos extraídos. A anatomia interna dos canais radiculares foi precisamente determinada por essa técnica inovadora, sendo que as

variáveis e índices podem servir de base para os estudos de anatomia de canais radiculares.

O uso de imagens de TCFC deve ser criteriosa, especialmente quanto à adequada indicação e método de análise¹⁹. Deve-se tomar cuidado com a possibilidade de interferências decorrentes de artefatos metálicos e materiais obturadores em imagens de TCFC, o que impõe a necessidade de se obter uma imagem de radiografia periapical para uma análise em conjunto com a TCFC¹⁹. Estudos prévios alertaram para os cuidados a serem observados frente à influência de materiais sólidos no interior de canais radiculares nas imagens de TCFC¹⁹. Assim, com vistas a minimizar esse efeito, todas as imagens de TCFC foram realizadas em três momentos: antes e após a instrumentação e posterior à obturação dos canais radiculares. A perfuração observada no presente estudo foi identificada na segunda etapa, o que eliminou a possibilidade do artefato ter interferido com um falso-positivo para perfuração, uma vez que o dente ainda não havia sido obturado. As radiografias periapicais também foram realizadas nas três etapas descritas, pois, dentro da limitação desse tipo de exame, desvios são mais bem visualizados quando os canais estão obturados.

Os instrumentos utilizados neste estudo foram limas manuais de aço-inoxidável K-Flexofile e os sistemas rotatórios de NiTi, K3 e BioRace. As amostras foram cuidadosamente selecionadas, apresentando curvaturas moderadas em pelo menos uma das raízes mesiais de molares inferiores e vestibulares de superiores com raio $r > 4\text{mm}$ e $r \leq 8\text{mm}$. A ocorrência de erros operatórios foi pequena, independentemente do tipo de instrumento utilizado. Os resultados deste estudo confirmam resultados prévios quanto à

pequena ocorrência de erros operatórios durante o preparo com instrumentos de NiTi^{6,10,11}.

A frequência de erros em função do instrumento utilizado não foi significativa. Quanto ao tipo de erro, os resultados mostraram que não ocorreu fratura com o uso dos instrumentos de aço inoxidável K-Flexofile (Tabelas 1 e 2). O erro observado com o uso desse tipo de instrumento foi o desvio. Tal ocorrência encontra explicação no fato de que os instrumentos de aço inoxidável não apresentam características de superelasticidade e efeito memória de forma. Essa limitação exige que o operador faça a pré-curvatura da lima manualmente e trabalhe no interior do canal radicular com movimentos curtos, uma técnica de difícil padronização e que favorece a ocorrência de desvios. Esposito & Cunningham (1995) compararam instrumentos de NiTi e aço inoxidável no preparo de canais radiculares curvos. A ocorrência de desvio aumentou significativamente com instrumentos maiores que o número 30. Os instrumentos de NiTi foram mais efetivos na manutenção do trajeto original de canais radiculares curvos quando os canais foram alargados além do instrumento de número 30.

Oliveira *et al.* (2009) avaliaram por TCFC o transporte apical de diferentes sistemas automatizados (limas K-Flexofile, NiTiFlex, instrumentos K3 e RaCe) após o preparo do canal radicular. A capacidade centralizadora e o transporte apical não foram influenciados pelo movimento mecânico nem pelo tipo de instrumento utilizado. Hartmann *et al.* (2011) utilizaram a tomografia computadorizada (TC) para comparar o transporte do canal radicular nos canais méso-vestibulares de molares superiores preparados por diferentes técnicas: instrumentação manual com limas K-Flexofile, limas K-Flexofile acopladas a um sistema oscilatório e sistema rotatório Protaper.

Todas as técnicas produziram transporte do canal radicular e a técnica oscilatória produziu os maiores desgastes de dentina na direção interna da curvatura. Alencar *et al.* (2010) compararam estudantes do último ano de graduação e endodontistas com mais de cinco anos de especialidade quanto à ocorrência de erros de procedimento (fratura, perfuração e transporte apical) usando o sistema ProTaper Universal. Os estudantes de graduação e os cirurgiões-dentistas utilizaram os instrumentos rotatórios de NiTi com sucesso e alcançaram baixos índices de erros operatórios.

As fraturas de instrumentos identificadas no presente estudo ocorreram com o uso de instrumentos rotatórios de NiTi e não houve diferença significativa entre os grupos estudados (Tabela 2). A fratura de instrumentos de NiTi pode ser relacionada aos seguintes aspectos: domínio técnico do operador, conhecimento, experiência, características de *design* e tratamento de superfície¹³. Lopes *et al.* (2010) avaliaram a influência do tratamento eletrolítico de superfície no número de ciclos de fratura no instrumento BR5C do sistema BioRace, concluíram que o número de ciclos para fraturar o instrumento com tratamento eletrolítico foi 124% maior que o do instrumento que não recebeu o tratamento de superfície.

O uso de instrumentos de calibres maiores para o preparo do terço cervical e médio pode auxiliar na redução de fratura de instrumentos e deformações²⁷. Ambos os sistemas apresentam instrumentos próprios de preparo do terço cervical e médio, o que pode ter contribuído para a baixa ocorrência. A determinação da curvatura do canal radicular e do diâmetro anatômico constitui outro aspecto essencial no planejamento do tratamento endodôntico³. Wu *et al.* (2002) mostraram que o diâmetro anatômico apical tem sido subestimado por não apresentar instrumentação adequada. Assim,

o terço apical deve ser mais bem preparado e alargado com instrumentos de calibre superior aos números 25 ou 30⁵.

O tempo em minutos do preparo dos canais radiculares foi medido e os resultados mostraram diferenças significantes entre os três grupos (Tabela 3). Os menores tempos de preparo foram encontrados com o uso dos instrumentos de NiTi justificados pela automatização dos sistemas rotatórios, os quais favorecem um rápido preparo dos canais radiculares. Tu *et al.* (2008) reportaram que a curva de aprendizado para estudantes é menor para o sistema rotatório quando comparado com o sistema manual, frente ao preparo de 46 canais curvos simulados em blocos de resina utilizando instrumentação manual e automatizada com sistema ProTaper.

Um maior tempo de trabalho em canais curvos para instrumentos rotatórios de NiTi pode representar maior risco à fratura. Mesgouez *et al.* (2003) determinaram a influência da experiência do operador (indivíduos com e sem conhecimento prévio) no tempo de preparo de canais simulados curvos utilizando o sistema Profile. O tempo médio de preparo para todos os espécimes foi 2 minutos e 42 segundos por canal radicular. O tempo necessário para o preparo dos canais foi inversamente proporcional à experiência do operador. Sonntag *et al.* (2003) observaram que operadores com pouca experiência conseguiram melhores preparos de canais radiculares com instrumentos rotatórios de NiTi do que com instrumentos manuais de aço inoxidável, apesar de haver maior número de fraturas. Os estudantes prepararam canais curvos 2,5 minutos mais rápido, em média, do que aqueles sem prática manual preliminar.

Gekelman *et al.* (2009) avaliaram os preparo de canais radiculares realizados por clínicos inexperientes. Todos receberam sessões de

treinamento. Os canais foram analisados quanto às mudanças (volume, superfície, forma e transporte) durante o preparo utilizando-se um *software*. Os resultados demonstraram que não houve diferenças significantes entre os instrumentos estudados ou os operadores em relação às mudanças no centro de massa; dados qualitativos e quantitativos de transporte do canal foram similares em estudantes inexperientes ou operadores com experiência. Tanto em operadores inexperientes quanto naqueles que receberam uma breve sessão de treinamento, os sistemas rotatórios mostraram resultados satisfatórios.

Novos conceitos e tecnologias impõem ao universo científico oportunidades de discussões, reflexões e mudanças, o que implica em mais pesquisas. Várias faculdades de odontologia de diferentes países têm inserido no conteúdo programático de endodontia os instrumentos rotatórios de NiTi para preparo de canais curvos no ensino da graduação^{5,6,10-13,25}. Novos estudos são necessários para a análise do desempenho de instrumentos de NiTi.

6- Conclusão

A frequência de erros operatórios (fratura, desvio e perfuração) durante o preparo de canais radiculares de molares superiores e inferiores com instrumentos de aço inoxidável e de NiTi foi baixa, indiferentemente ao método de identificação e experiência do operador.

7- Referências Bibliográficas

- 1- Thompson AS. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J* 2001; 33: 297-310.
- 2- Walia H, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *J Endod* 1988; 14: 346-51.
- 3- Wu MK, Barkis D, Roris A, Wesselink PR. Does the first file to bind correspond to the diameter of the canal in the apical region? *Int Endod J* 2002; 35: 264-7.
- 4- Gao Y, Peters OA, Wu H, Zhou X. An application framework of three-dimensional reconstruction and measurement for endodontic research. *J Endod* 2009; 35: 269-74.
- 5- Pécora JD, Capelli A. Shock of paradigms on the instrumentation of curved root canals. *Braz Dent J* 2006; 17: 3-5.
- 6- Alencar AHG, Dummer PMH, Oliveira HCM, Pécora JD, Estrela C. Procedural errors during root canal preparation using rotary niti instruments detected by periapical radiography and cone beam computed tomography. *Braz Dent J* 2010; 21: 543-9.
- 7- Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974; 18: 269-96.
- 8- Esposito PT, Cunningham CJ. A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. *J Endod* 1995; 21: 173-6.
- 9- Mesgouez C, Rilliard F, Matossian L, Nassiri K, Mandel E. Influence of operator experience on canal preparation time when using the rotary Ni-Ti ProFile system in simulated curved canals. *Int Endod J* 2003; 36: 161-5.
- 10- Gekelman D, Ramamurthy R, Mirfarsi S, Paqué F, Peters OA. Rotary nickel-titanium GT and ProTaper files for root canal shaping by novice operators: A radiographic and micro-computed tomography evaluation. *J Endod* 2009; 35: 1584-8.
- 11- Pettiette MT, Delano EO, Trope M. Evaluation of success rate of endodontic treatment performed by students with stainless-steel K-files and nickel-titanium hand files. *J Endod* 2001; 27: 124-7.

- 12-Hänni S, Schönenberger K, Peters OA, Barbakow F. Teaching an engine-driven preparation technique to undergraduates: initial observations. *Int Endod J* 2003; 36: 476-82.
- 13-Sonntag D, Delschen S, Stachniss V. Root-canal shaping with hand and rotary Ni-Ti files performed by students. *Int Endod J* 2003; 36: 715-23.
- 14-Spanberg L. The wonderful world of rotary root canal preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod* 2001; 92: 479.
- 15-Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod* 2007; 33: 1121-32.
- 16-Lofthag-Hansen S, Huuonen S, Grohndahl K, Grohndahl H. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod* 2007; 103: 114-9.
- 17-Estrela C, Bueno MR, Azevedo BC, Azevedo JR, Pécora JD. A new periapical index based on cone beam computed tomography. *J Endod* 2008; 34: 1325-33.
- 18-Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod* 2008; 34: 273-9.
- 19-Bueno MR, Estrela C, Figueiredo JAP, Azevedo BC. Map-reading strategy to diagnose root perforations near metallic intracanal posts by using cone beam computed tomography. *J Endod* 2011; 37: 85-90.
- 20-Estrela C, Bueno MR, Alencar AHG, et al. Method for evaluation of inflammatory root resorption based on cone beam computed tomography. *J Endod* 2009; 35:1471-7.
- 21-Venkateshbabu N, Emmanuel S, Santosh G, Kandaswamy D. Comparison of the canal centring ability of K3, liberator and EZ Fill safesiders by using spiral computed tomography. *Aust Endod J* 2009; 35: 1-5.
- 22-Oliveira CAP, Meurer MI, Pascoalato C, Silva CRC. Cone-beam computed tomography analysis of the apical third of curved roots after mechanical preparation with different automated systems. *Braz Dent J* 2009; 20: 376-81.

- 23-Hartmann MSM, Fontanella VRC, Vanni JR, Fornari VJ, Barletta FB. CT evaluation of apical transportation associated with stainless steel hand files, oscillatory technique and ProTaper Rotary System. *Braz Dent J* 2011; 22: 288-93.
- 24-Estrela C, Bueno MR, Sousa-Neto MD, Pécora JD. Method for determination of root curvature radius using cone-beam computed tomography images. *Braz Dent J* 2008; 19: 114-8.
- 25-Tu MG, Chen SY, Huang HL, Tsai CC. Endodontic shaping performance using nickel-titanium hand and motor Protaper systems by novice dental students. *J Form Med Assoc* 2008; 107: 381-8.
- 26-Peters OA, Laib A, Ruegsegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *J Dent Res* 2000; 79: 1405-9.
- 27-Bryant ST, Dummer PMH, Pitoni C, Bourba M, Moghal S. Shaping ability of .04 and .06 taper ProFile rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. *Int Endod J* 1999; 32: 155-64.
- 28-Aguiar CM, Mendes DA, Câmara AC, Figueiredo JAP. Evaluation of the centering ability of the ProTaper Universal™ rotary system in curved roots in comparison to Nitiflex™ files. *Aust Endod J* 2009; 35: 174-9.
- 29-Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endod Topics* 2005; 10: 3-29.
- 30-Lopes HP, Elias CN, Vieira VTL, et al. Effects of electropolishing surface treatment on the cyclic fatigue resistance of BioRace nickel-titanium rotary. *J Endod* 2010; 36: 1653-7.

8- Publicação

**Detection of procedural errors during root canal preparation with
stainless steel and nickel-titanium instruments by undergraduate
students**

ARTIGO SUBMETIDO AO JOURNAL OF ENDODONTICS

Correspondence and offprint requests:
Prof. Dr. Carlos Estrela

Centro de Ensino e Pesquisa Odontológica do Brasil (CEPOBRAS)
Avenida C-198, quadra 487, Lote 9, Jardim América
Goiânia, GO, CEP: 74.270-040, Brazil
Tel/Fax: +55-62-39457476.
e-mail: estrela3@terra.com.br

**Detection of procedural errors during root canal preparation with
stainless steel and nickel-titanium instruments by undergraduate
students**

Regis Augusto Aleixo Alves, DDS, MSc¹; João Batista de Souza, DDS, MSc,
PhD²; Ana Helena Gonçalves de Alencar, DDS, MSc, PhD¹; Jesus Djalma
Pécora, DDS, MSc, PhD³, Carlos Estrela DDS, MSc, PhD¹

1 Department of Stomatologic Science, School of Dentistry, Federal University
of Goiás, Goiânia, GO, Brazil;

2 Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Federal
University of Goiás, Goiânia, GO, Brazil;

3 Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, University of
São Paulo, SP, Brazil;

Running Title: Procedural errors in root canal preparation

Correspondence and offprint requests:

Professor Carlos ESTRELA

Department of Stomatologic Sciences, Federal University of Goiás

Praça Universitária s/n, Setor Universitário, Goiânia, GO, Brazil

CEP: 74.605-220

E-mail: estrela3@terra.com.br

Abstract

Introduction This study investigated procedural errors made during root canal preparation using stainless steel and nickel-titanium instruments by graduate students, using two diagnostic imaging methods. **Methods** Sixty human molars were divided into three groups according to the instruments used for root canal preparation: Group 1 - stainless steel instruments (K-Flexofile); Group 2 - K3 instruments; and Group 3 - BioRace instruments. The root canals were filled using AH PlusTM and gutta-percha. Periapical radiographs and cone beam computed tomography images were obtained to detect procedural errors made during root canal preparation. Two examiners evaluated the presence or absence of fractured instruments, perforations and canal transportation. The agreement between observers was assessed using the kappa coefficient. The Kolmogorov-Smirnov, Fisher exact, ANOVA and Tukey tests were used for statistical analysis. The level of significance was set at 5%. **Results** There were no significant differences in detecting procedural errors between two- and three-dimensional diagnostic imaging methods. There were no significant differences in procedural errors between stainless steel and nickel-titanium instruments. **Conclusions** Both Periapical radiographs and cone beam computed tomography identified procedural errors, and three-dimensional images offered more diagnostic resources. The frequency of procedural errors was low for any of the endodontic instruments used by inexperienced operators.

Keywords: Accidents, cone beam computed tomography, nickel-titanium instruments, root canal preparation.

Introduction

Contemporary endodontics has undergone important changes with the development of new materials. The introduction of nickel-titanium (NiTi) for the manufacture of orthodontic archwires favored the production of instruments for use in endodontics (1). Walia *et al.* (2) studied the properties of this alloy in endodontic instruments, and their results raised the interest of the industry. The superelasticity of NiTi enabled the preparation of curved root canals with better quality.

In the last years, the use of engine-driven NiTi instruments for the preparation of curved root canals has been gradually incorporated into the curriculum of undergraduate courses. The teaching of endodontics to undergraduate students should include updated scientific knowledge, appropriate methodological strategies to use these techniques optimally, and materials suitable for different clinical conditions (3-6).

The cleaning and shaping of curved root canals is an essential phase of endodontic therapy (7). The flexibility of NiTi instruments preserves the original shape of the root canal and ensures a better canal curvature when compared to stainless steel instruments (K-flex) (8).

Several factors favor the adoption of NiTi rotary instruments for root canal preparation: maintenance of the working length, a more centralized preparation, fewer procedural errors and better quality (2, 6, 8-10). New NiTi rotary instruments with different characteristics (cross-sectional area, cutting angle, helix angle, radial grooves and edge) have been introduced into the endodontic armamentarium (1, 9, 10).

Numerous schools of dentistry have included the use of rotary instrumentation in their teaching projects. However, there is still strong

resistance against it, although several studies showed that undergraduate students make fewer procedural errors when using NiTi rotary instruments (4, 6, 11-13). Moreover, the cost of equipment and instruments is lower, and there is not enough time to teach this technique in graduate programs (12). Some years ago, Spanberg (14) reported that, although the rotary technique is not a basic procedure discussed in undergraduate courses, both general practitioners and specialists in endodontics use these instruments. Therefore, it was logical and natural that schools of dentistry should teach at least one technique using NiTi rotary instruments. Pécora *et al.* (5) emphasized the importance of the use of these mechanized systems in NiTi endodontics, as well as of their application in laboratory and clinical activities during the undergraduate course.

All factors that may influence the inclusion of these resources and knowledge in the undergraduate curriculum, such as the risk of instrument fracture, root canal perforation and apical transportation, should be evaluated together with the need for preclinical training. Therefore, based on the performance of NiTi rotary instruments in the preparation of curved root canals, several studies evaluated the use of these resources in undergraduate teaching using various methods (6, 9-12).

Parallel with all advances in NiTi instrument technologies, cone beam computed tomography (CBCT) has been used for different purposes in endodontics, such as the study of root canal anatomy, three-dimensional reconstruction of internal and external tooth structures, evaluation of root canal preparation, obturation, retreatment, treatment plan, diagnosis and prognosis of bone lesions, and other clinical and research applications (15-24). Its ability to reduce or eliminate the superimposition of surrounding

structures makes CBCT superior to conventional periapical films (16). Compared with medical tomography, CBCT has some advantages: lower radiation dose, higher scanning resolution and greater ability to accurately measure volume in different directions because the voxels are isotropic, differently from medical CT, in which voxels are anisotropic (15).

Based on the importance of introducing modern root instrumentation techniques and new imaging resources into undergraduate courses, this study evaluated procedural errors made by undergraduate students during root canal preparation with stainless steel and NiTi instruments using periapical radiography and cone beam computed tomography.

Materials and methods

This study was approved by the Ethics Committee of the Federal University of Goiás (Proc. # 042/2011), Brazil, and an informed consent term was obtained from all patients.

Selection and tooth preparation

Sixty human maxillary and mandibular molars extracted for different reasons were obtained from the Dental Urgency Service of the School of Dentistry of Federal University of Goiás, Brazil. The teeth were removed from storage in 0.2% thymol solution and then immersed in 5% sodium hypochlorite (Fitofarma, Lt. 20553, Goiânia, Brazil) for 30 min to remove external organic tissues.

Image acquisition

Preoperative radiographs of each tooth were taken to confirm the absence of calcified root canals and internal and external resorption, and the

presence of a fully formed apex. Radiographic images were acquired using a Spectro X70 electronic X-Ray unit (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, Brazil), 0.8 mm X 0.8 mm tube focal spot, Kodak Insight film-E (Eastman Kodak Co, Rochester, NY, USA) and paralleling technique. A radiographic platform was used to standardize all radiographs. All films were processed in an automatic processor, and images were evaluated in a dark room using a light box under a magnifying glass.

CBCT images were obtained using an I-CAT Cone Beam 3D imaging system (Imaging Sciences International, Hatfield, PA), 0.20 mm x 0.20 mm x 0.20 mm voxel size, 14 bits. Images were examined using the Xoran 3.1.62 software (Xoran Technologies, Ann Arbor, MI) in a PC workstation running Microsoft Windows XP professional SP-2 (Microsoft Corp, Redmond, WA).

Inclusion and exclusion criteria

Only three canals were used in each tooth (maxillary molars: palatal, mesiobuccal and distobuccal canals; mandibular molars: distal, mesiobuccal and mesiolingual canals). Mandibular molars with four canals were excluded from this study. If maxillary molars had a mesiopalatal canal, this canal was not prepared. All teeth were shorter than 22 mm, and at least one of the buccal canals of maxillary molars and the mesial canal of mandibular molars had a moderate curvature ($r > 4$ and ≤ 8 mm). The root curvature radius (r) was estimated using methods described by Estrela *et al.* (24).

Standard access cavities

After periapical radiographs and CBCT images were obtained before preparation, standard access cavities were made using round diamond burs (#1013, #1014; KG Sorensen, Barueri, SP, Brazil) and Endo Z burs

(Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland), both under water spray cooling at high speed rotation. This step was performed by an endodontist with over five years' experience.

Working length determination

The working length (WL) was determined using #10 and #15 K-Flexofiles (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) introduced into the root canals until visible at the apical foramen. The WL was set 1 mm short of the apical foramen.

Student selection

To evaluate the preparation of root canals by inexperienced operators, two third-year undergraduate students of the School of Dentistry of Federal University of Goiás were invited to participate in the study. Each student prepared and filled 30 root canals of each group. They had no experience in the preparation of curved root canals, and had an 8-h theoretical course on rotary instrumentation associated with clinical applications.

Group assignment

The root canals were randomly divided into three experimental groups and prepared using the following instruments: G1 - stainless steel files (n = 60) (K-Flexofile, Dentsply-Maillefer, Switzerland); G2 - K3 (n = 60) (SybronEndo, Orange, CA); and G3 - BioRace (n = 60) (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland).

Root canal preparation

For coronal preparation, Gates Glidden drills #1 and 2 were used in G1, #25/.10 and #25/.08 in G2, and BR0 in G3 (#25/0.08). After coronal preparation and working length determination, the apical third was prepared using files # 15 to 40 in G1. Files up to #35 were used in mesial canals of mandibular molars and buccal canals of maxillary molars; and file #40, in the distal canals of mandibular molars and palatal maxillary molars. In G2, the sequence used was #15/.02, #20/.02, #25/.02, #30/.02, #35/.02, 340/.02, #45/.02, #25/.04 and #25/.06 for all root canals. In G3, BR1 (#15/0.05), BR2 (#25/0.04), BR3 (#25/0.06), BR4 (#35/0.04) and BR5 (#40/0.04) were used. For wider root canals of this group (distal canal of mandibular molars and palatal canal of maxillary molars), the BR6 (#50/0.04) and BR7 (#60/0.02) instruments were also used. The root canals were shaped at a rotational speed of 300 rpm (X-Smart, Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) and 2.9 Ncm torque. Two sets of instruments were used for root canal preparation, and the time required for each preparation was recorded using a digital stopwatch. Each operator prepared 15 mandibular root canals using the systems under study in the following order: stainless steel, K3 and BioRace instruments. The same sequence of instruments was used for maxillary root canals.

During preparations, the canals were irrigated at each change of instrument with 3 mL of a recently prepared 1% sodium hypochlorite solution (Fitofarma) using a syringe with a 30-gauge needle (Injecta, Diadema, Brazil). Root canals were dried and filled with 17% EDTA (pH 7.2) (Biodinâmica, Ibiporã, Brazil) for 3 min to remove the smear layer. Another 3

mL of 1% sodium hypochlorite solution was used for irrigation. Periapical radiographs and CBCT images were again obtained.

Root canal filling

The root canals were filled with AH Plus™ sealer (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland), prepared according to manufacturer's directions, and gutta-percha, using the conventional lateral condensation technique. After root canal filling, new periapical radiographs and CBCT images were taken under the same conditions described above.

Image evaluation

Two examiners (a radiologist and an endodontist) were calibrated using 20% of the specimens, and all images were evaluate to detect the presence or absence of fractured instruments, root perforations (coronal, middle or apical third) and deviations from the original trajectory of the root canal (apical transportation). Instrument fractures during preparation were also detected. When a consensus was not reached by the two examiners that interpreted the procedural errors using the images, a third observer (an endodontist) made the final decision. The analysis of the groups was made at a 2-hour interval between them.

Statistical Analysis

The agreement between examiners was analyzed using kappa statistics. The differences between types of procedural errors according to periapical radiographs and CBCT images were analyzed using the Kolmogorov-Smirnov test. The association of periapical radiographs and

CBCT images with types of procedural errors was evaluated using the Fisher exact test. The differences of mean time for root canal preparation between the three groups were assessed using ANOVA, and the comparison of means, using the Tukey test. The level of significance was set at 5%.

Results

The frequency of procedural errors detected using periapical radiographs and CBCT images and the mean time of root canal preparation according to instrument used are described in Tables 1-3. In a total of 180 root canals prepared (maxillary and mandibular molars), 11 (6.11%) procedural errors were detected using periapical radiographs (7 [3.88%] fractures and 4 [2.23%] canal transportations). CBCT also detected 11 (6.11%) procedural errors (7 [3.88%] fractures, 3 [1.67%] canal transportations and 1 [0.56%] perforation).

The analysis of types of procedural errors, instruments and diagnostic imaging methods revealed no significant differences ($p > 0.05$). The analysis of time to prepare root canals using different instrumentation systems revealed significant differences between K- Flexofile and K3 ($p = 0.002$), K- Flexofile and BioRace ($p < 0.001$) and K3 and BioRace ($p < 0.003$).

Figure 1 illustrates cases of instrument fracture, canal transportation and perforation detected using periapical radiography and CBCT.

Table 1. Frequency of procedural errors in maxillary and mandibular canals detected using periapical radiographs and CBCT images

Method	n	Fracture	Canal Transportation	Perforation	P*
Periapical radiograph	180	7 (3.88%)	4 (2.23%)	0 (0.00%)	P > 0.05
CBCT†	180	7 (3.88%)	3 (1.67%)	1 (0.56%)	P > 0.05

(Kolmogorov-Smirnov test) † Cone beam computed tomography * p value

Table 2. Frequency of procedural errors in maxillary and mandibular canals detected using periapical radiographs and CBCT images according to instrument

Method	n	K-Flexofile	K3	BioRace	P*
Periapical radiograph	180	3(27.27%)	3 (27.27%)	5 (45.45%)	P > 0.05
CBCT†	180	3(27.27%)	3 (27.27%)	5 (45.45%)	P> 0.05

(Kolmogorov-Smirnov test) † Cone beam computed tomography * p value

Table 3. Mean time of root canal preparation in minutes per tooth according to instrument

Mean time (Minutes)	K-Flexofile A ± SD	K3 A ± SD	BioRace A ± SD	P*
Students	43 ± 15	30 ± 11	17 ± 6	P < 0.001

(ANOVA, Tukey test) (A – Average; SD – Standard Deviation) * p value

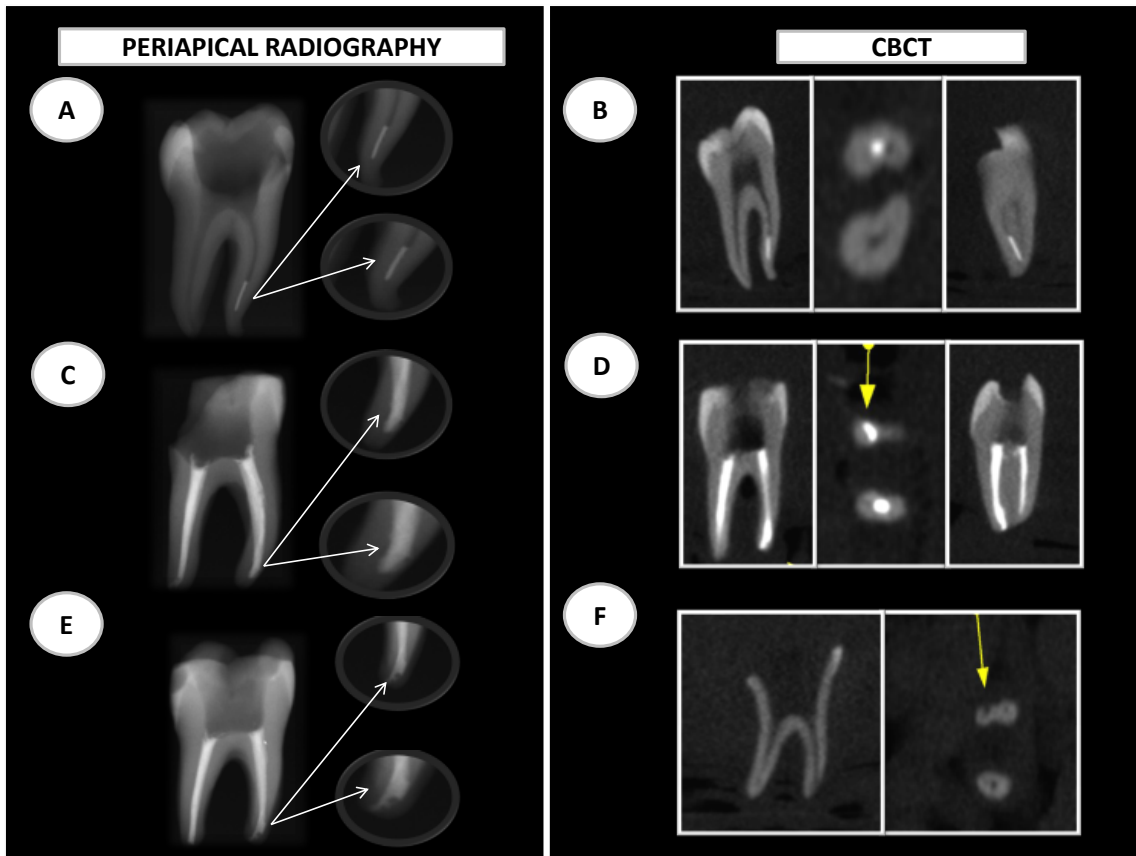


Figure 1. Procedural errors detected using periapical radiographs and CBCT images: fracture (A, B), canal transportation (C, E, D) and perforation (F).

Discussion

The control of endodontic treatment quality entails the careful evaluation of operative procedures. Procedural errors that may affect treatment prognosis should be analyzed before new endodontic instruments are selected. This study found no significant differences between the types of procedural errors, instruments and diagnostic imaging methods. These findings support the introduction of new technologies in the teaching of endodontics to improve the quality of root canal preparation (4, 6, 9-13, 25-28).

In a total of 180 root canals prepared in this study, 11 (6.11%) procedural errors were detected using periapical radiography and CBCT. The quality of the preparation of curved root canals has been assessed using

different methods, such as tooth clearing, impression of canals, simulated canals, radiography, microcomputed tomography (μ -CT) and CBCT (2, 4, 6, 8-10, 20, 22, 23, 26-30). The unpredictability of internal dental anatomy is a great challenge in the preparation of the whole root canal (29), and studies about noninvasive diagnostic methods should be conducted to detect procedural errors, which are risk factors for endodontic failures (6).

CBCT image resolution and three-dimensional imaging contribute to the analysis of the internal morphology and are important resources to assess the shape of the root canal before and after preparation (6, 10, 15, 22, 23, 26). Peters *et al.* (26) evaluated the potential and accuracy of a noninvasive three-dimensional technique (μ -CT) to describe the geometry of root canals using extracted human molars. They accurately determined the internal anatomy of canals using this innovative technique, and their variables and indices may serve as a basis for studies of root canal anatomy.

CBCT must be carefully used, especially considering its appropriate indication and method of analysis (19). Metal artifacts and filling materials may interfere with CBCT images, and, therefore, a periapical radiograph should be obtained for analysis in association with CBCT. Precautions must be taken to deal with the effect of solid materials in the interior of root canals on CBCT images (19). To minimize this effect, CBCT images were taken at three time points in this study: before and after instrumentation and after canal filling. The perforation in this study was detected at the second time point, which ruled out the possibility of a false negative due to an artifact because the tooth had not been filled yet. Periapical radiographs were also taken at three time points because, within the limitations of this type of

imaging method, canal transportation is best viewed when the root canals are filled.

The instruments used in this study were stainless steel K-Flexofiles for hand use, the K3 NiTi rotary system and BioRace. The samples were carefully selected and comprised teeth with moderate canal curves in at least one of the mesial roots of mandibular molars and buccal roots of maxillary molars ($r > 4$ and ≤ 8 mm). The occurrence of procedural errors was low regardless of type of instrument used. The results of this study confirm the low frequency of procedural errors during root canal preparation using NiTi instruments (6, 10, 11).

The frequency of errors according to instrument used was not significant. The analysis of type of error revealed that no fracture occurred with the use of stainless steel K-Flexofiles (Tables 1 and 2). The error detected when using this type of instrument was canal transportation, which may be explained by the fact that stainless steel instruments do not have characteristics of superelasticity or shape-memory effect. Because of that, operators should pre-curve the file manually and work inside the root canal with short movements, a technique that is difficult to standardize and which favors the occurrence of canal transportation. Esposito & Cunningham (8) compared NiTi and stainless steel instruments in the preparation of curved root canals and found that the occurrence of canal transportation increased significantly with instruments larger than size # 30. NiTi instruments were more effective in maintaining the original path of curved canals when the canals extended beyond # 30 instruments.

Oliveira *et al.* (22) used CBCT to evaluate apical transportation after root canal preparation using different automated systems (K-Flexofile,

Nitiflex, K3 and Race). Centralizing ability and apical transportation were not influenced by mechanical motion or type of instrument used. Hartmann *et al.* (23) used computed tomography (CT) to compare transportation in the mesiobuccal canals of maxillary molars prepared using different techniques: manual instrumentation with K-Flexofile, K-Flexofile attached to an oscillatory system and ProTaper rotary system. All techniques produced root canal transportation and the oscillatory technique produced the greatest dentin wear in the inner curvature. Alencar *et al.* (6) compared students in their final undergraduate year and endodontists with over five years of experience to evaluate the occurrence of procedural errors (fracture, perforation and canal transportation) using the ProTaper Universal and found that both undergraduate students and dentists used rotary NiTi instruments successfully and achieved low rates of procedural errors.

The fractures detected in this study occurred with the use of rotary NiTi instruments, with no significant differences between groups (Table 2). The fracture of NiTi instruments may be associated with the following factors: knowledge, experience, technique, design characteristics and surface treatment (13). Lopes *et al.* (30) evaluated the effect of electropolishing as a surface treatment on the number of cycles to fracture when using a # BR5C BioRace instrument, and concluded that the number of cycles to instrument fracture after electrolyte treatment was 124% higher than for the instruments that did not receive any surface treatment.

The use of larger caliber instruments for the preparation of the coronal and middle thirds may help reduce fractures and deformation (27). Both NiTi systems used in this study have their own instruments to prepare the coronal and middle thirds, which may have contributed to the low occurrence of

failures. The determination of the curvature of the root canal anatomy and its diameter is another essential step in endodontic treatment planning (3). Wu *et al.* (3) found that the anatomic apical diameter might be underestimated if the canal is not instrumented appropriately. Thus, the apical third should be properly prepared and enlarged using instruments larger than #25 or #30 (5).

Mean preparation time in minutes was recorded, and results were significantly different between the three groups (Table 3). The lowest mean preparation time was found for NiTi instruments, justified by the automation of rotary systems, which favors a faster canal preparation. Tu *et al.* (25) prepared 46 simulated curved canals in resin blocks using manual and automated instrumentation with the ProTaper system and found that the learning curve for students is lower for the rotary system than for the manual system.

Extra time when preparing curved canals using NiTi rotary systems may represent a greater risk of fracture. Mesgouez *et al.* (9) determined the influence of operator experience (with and without previous knowledge) at the time of preparation of simulated curved canals using the Profile system. Mean preparation time for all specimens was 2 minutes and 42 seconds per canal. The time required for preparation of the root canal was inversely proportional to the operator's experience. Sonntag *et al.* (13) found that operators with little experience prepared root canals better when using NiTi rotary instruments than stainless steel instruments, although there were more fractures. Students prepared curved canals at a mean 2.5 minutes faster if they had preliminary experience with a hand preparation technique.

Gekelman *et al.* (10) evaluated canals prepared by inexperienced clinicians who received training sessions. Computer software was used to

analyze the canals and assess changes (volume, surface, shape, and transportation) during preparation. The results showed no significant differences between the instruments or operators in relation to variations in the center of mass; qualitative and quantitative data of canal transportation were similar for inexperienced students and experienced operators. Both systems were satisfactory when operated by inexperienced students who received a brief training session.

Dental schools worldwide have assessed the use of rotary NiTi instruments for curved canal preparation (5, 6, 10-13, 25). Further research should investigate new concepts and technologies that raise opportunities for discussion, reflection and changes in the scientific world.

Conclusion

The frequency of procedural errors (fracture, canal transportation and perforation) during the preparation of canals of maxillary and mandibular molars using stainless steel and NiTi instruments was low regardless of diagnostic imaging method when used by inexperienced operators.

Acknowledgement

The authors deny any conflicts of interest related to this study. This study was supported in part by grants from the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq grants 306394/2011-1 to C.E.).

References

- 1- Thompson AS. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J* 2001; 33: 297-310.

- 2- Walia H, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. J Endod 1988; 14: 346-51.
- 3- Wu MK, Barkis D, Roris A, Wesselink PR. Does the first file to bind correspond to the diameter of the canal in the apical region? Int Endod J 2002; 35: 264-7.
- 4- Gao Y, Peters OA, Wu H, Zhou X. An application framework of three-dimensional reconstruction and measurement for endodontic research. J Endod 2009; 35: 269-74.
- 5- Pécora JD, Capelli A. Shock of paradigms on the instrumentation of curved root canals. Braz Dent J 2006; 17: 3-5.
- 6- Alencar AHG, Dummer PMH, Oliveira HCM, Pécora JD, Estrela C. Procedural errors during root canal preparation using rotary niti instruments detected by periapical radiography and cone beam computed tomography. Braz Dent J 2010; 21: 543-9.
- 7- Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Am 1974; 18: 269-96.
- 8- Esposito PT, Cunningham CJ. A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. J Endod 1995; 21: 173-6.
- 9- Mesgouez C, Rilliard F, Matossian L, Nassiri K, Mandel E. Influence of operator experience on canal preparation time when using the rotary Ni-Ti ProFile system in simulated curved canals. Int Endod J 2003; 36: 161-5.
- 10- Gekelman D, Ramamurthy R, Mirfarsi S, Paqué F, Peters OA. Rotary nickel-titanium GT and ProTaper files for root canal shaping by novice operators: A radiographic and micro-computed tomography evaluation. J Endod 2009; 35: 1584-8.
- 11- Pettiette MT, Delano EO, Trope M. Evaluation of success rate of endodontic treatment performed by students with stainless-steel K-files and nickel-titanium hand files. J Endod 2001; 27: 124-7.
- 12- Hänni S, Schönenberger K, Peters OA, Barbakow F. Teaching an engine-driven preparation technique to undergraduates: initial observations. Int Endod J 2003; 36: 476-82.
- 13- Sonntag D, Delschen S, Stachniss V. Root-canal shaping with hand and rotary Ni-Ti files performed by students. Int Endod J 2003; 36: 715-23.

- 14-Spanberg L. The wonderful world of rotary root canal preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod* 2001; 92: 479.
- 15-Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod* 2007; 33: 1121-32.
- 16-Lofthag-Hansen S, Huumonen S, Grohndahl K, Grohndahl H. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod* 2007; 103: 114-9.
- 17-Estrela C, Bueno MR, Azevedo BC, Azevedo JR, Pécora JD. A new periapical index based on cone beam computed tomography. *J Endod* 2008; 34: 1325-33.
- 18-Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod* 2008; 34: 273-9.
- 19-Bueno MR, Estrela C, Figueiredo JAP, Azevedo BC. Map-reading strategy to diagnose root perforations near metallic intracanal posts by using cone beam computed tomography. *J Endod* 2011; 37: 85-90.
- 20-Estrela C, Bueno MR, Alencar AHG, Mattar R, Azevedo B, Valladares-Neto J, Estrela CRA. Method for evaluation of inflammatory root resorption based on cone beam computed tomography. *J Endod* 2009; 35:1471-7.
- 21-Venkateshbabu N, Emmanuel S, Santosh G, Kandaswamy D. Comparison of the canal centring ability of K3, liberator and EZ Fill safesiders by using spiral computed tomography. *Aust Endod J* 2009; 35: 1-5.
- 22-Oliveira CAP, Meurer MI, Pascoalato C, Silva CRC. Cone-beam computed tomography analysis of the apical third of curved roots after mechanical preparation with different automated systems. *Braz Dent J* 2009; 20: 376-81.
- 23-Hartmann MSM, Fontanella VRC, Vanni JR, Fornari VJ, Barletta FB. CT evaluation of apical transportation associated with stainless steel hand files, oscillatory technique and ProTaper Rotary System. *Braz Dent J* 2011; 22: 288-93.

- 24-Estrela C, Bueno MR, Sousa-Neto MD, Pécora JD. Method for determination of root curvature radius using cone-beam computed tomography images. *Braz Dent J* 2008; 19: 114-8.
- 25-Tu MG, Chen SY, Huang HL, Tsai CC. Endodontic shaping performance using nickel-titanium hand and motor Protaper systems by novice dental students. *J Form Med Assoc* 2008; 107: 381-8.
- 26-Peters OA, Laib A, Ruegsegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *J Dent Res* 2000; 79: 1405-9.
- 27-Bryant ST, Dummer PMH, Pitoni C, Bourba M, Moghal S. Shaping ability of .04 and .06 taper ProFile rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. *Int Endod J* 1999; 32: 155-64.
- 28-Aguiar CM, Mendes DA, Câmara AC, Figueiredo JAP. Evaluation of the centering ability of the ProTaper Universal™ rotary system in curved roots in comparison to Nitiflex™ files. *Aust Endod J* 2009; 35: 174-9.
- 29-Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endod Topics* 2005; 10: 3-29.
- 30-Lopes HP, Elias CN, Vieira VTL, et al. Effects of electropolishing surface treatment on the cyclic fatigue resistance of BioRace nickel-titanium rotary. *J Endod* 2010; 36: 1653-7.

9- Anexos

Anexo 1- Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa



PROCOLO No
042/2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

PARECER CONSUBSTANCIADO

I – Título do projeto: Análise de erros operatórios no preparo de canais radiculares curvos com instrumentos manuais e rotatórios de NiTi valendo-se de dois métodos de avaliação por imagem

Pesquisador Responsável: Regis Augusto Aleixo Alves

Pesquisadores participantes: João Batista de Souza e Carlos Estrela

Instituição onde será realizado: UFG – Faculdade de Odontologia

Data de apresentação ao CEP: 25/02/2011

II – Estrutura do Protocolo: adequado. Apresenta todos os documentos necessários e pertinentes

III – Resumo do Projeto e indicação dos objetivos: o ensino da endodontia requer conhecimento científico e estratégias metodológicas apropriadas para a melhor aplicação dos materiais e técnicas em diferentes condições clínicas. Vários desses desafios têm sido observados durante o ensino da endodontia no curso de graduação, especialmente mudanças de conceitos relacionados ao preparo de canais radiculares curvos. Os avanços conquistados a partir do desenvolvimento de instrumentos flexíveis e novos sistemas rotatórios favorecem prever com maior margem de acerto o sucesso ou o fracasso na modelagem. Com o advento dos instrumentos de Ni- Ti, de reconhecida flexibilidade, acionados manualmente ou a motor elétrico, em rotação contínua, tem-se observado expressiva melhora na qualidade da forma do preparo. Nesse sentido torna-se de grande relevância os estudos envolvendo esses instrumentos, uma vez que precisa orientar a prática clínica para que a modelagem dos canais e todos o processo de sanificação dos mesmos sejam feitos com o menor estresse tanto para o profissional, quanto para o paciente. Portanto, o projeto tem como **objetivo geral** analisar a ocorrência de erros operatórios durante o preparo de canais radiculares curvos com instrumentos manuais de aço inoxidável e rotatórios de Níquel-Titânio realizados por acadêmico de odontologia.

IV – Projeto de pesquisa: Análise das questões éticas

Critérios de inclusão: serão selecionados 60 molares humanos superiores e inferiores (com exceção dos terceiros), hígidos ou parcialmente hígidos, livres de cárie e ausência de defeitos ou trincas, com indicação prévia de exodontia. Serão obtidos no serviço de urgência odontológica da FO/ UFG. Para a obtenção dos dentes serão recrutados todos os pacientes pertencentes ao estágio em urgência em odontologia da FO/ UFG, maiores de 18 anos ou acompanhados do responsável legal e com condição sistêmica favorável.

Critérios de Exclusão: dentes com alto grau de destruição e terceiros molares.

Avaliação de riscos e benefícios: não oferece riscos aos doadores, pois apenas o sangue será colhido e todo tratamento a ser realizado com o sangue, será desenvolvido por meio de experimentação in vitro. **Benefícios** indiretos, espera-se que o estudo traga informações sobre uma nova técnica para o tratamento do canal radicular de forma que os procedimentos odontológicos se tornem menos dolorosos e mais agradáveis aos pacientes.

Análise da metodologia e sua adequação aos objetivos da pesquisa: Sessenta molares humanos superiores e inferior, distribuídos em três grupos na qual serão preparados por três distintos instrumentos (dois grupos rotatórios de NiTi e um grupo de instrumentação manual). Tomadas radiográficas e tomográficas pré operatórias de cada dente serão realizadas para verificar a existência de calcificações no interior dos canais radiculares, a completa formação dos ápices dentários e a ausência de reabsorções internas e externas. Os dentes serão agrupados em seis grupos experimentais,

Verificação das condições para realização da pesquisa: será realizada na Faculdade de Odontologia da UFG, local que oferece infra-estrutura necessária ao desenvolvimento da pesquisa.

V – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido: Redigido de maneira compreensível aos sujeitos da pesquisa, contendo todas as informações pertinentes.

Verificação das garantias de **privacidade e confidencialidade:** contemplado.

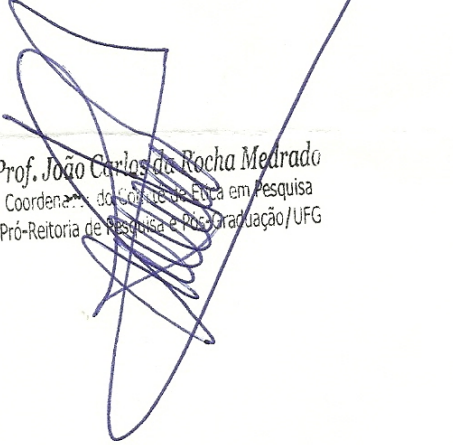
Orçamento e cronograma: adequados. A pesquisa será financiada pelo pesquisador

VI – Parecer do CEP: APROVADO

VI – Data da reunião: 14 de março de 2011.

Assinatura do relator:

Assinatura do Coordenador/CEP:



Prof. João Carlos da Rocha Medrado
Coordenador do Conselho de Pesquisa
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação/UFG

Anexo 2- Normas de publicação do Journal of Endodontics

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.

General Points on Composition

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. The following list represents common errors in manuscripts submitted to the *JOE*:

a. 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.

b. 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.

c. 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.

d. 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.)

e. 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.

f. 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".

g. 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.

General Points on the Organization of Original Research Manuscripts

- a. **Please Note:** *Starting in 2009, 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.*
- b. **Title Page:** The title should describe the major conclusion 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).
- c. **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.
- d. **Introduction:** The introduction should briefly review the pertinent literature in order to identify the gap in knowledge that the study is intended to address. The purpose of the study, the tested hypothesis and its scope should be 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 provide sufficient detail. However, many successful manuscripts require no more than a few paragraphs to accomplish these goals.
- e. **Material and Methods:** The objective of the methods section is to permit other investigators to repeat your experiments. The three components to this section are 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 particular aspects used in the present study. 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 should state that they either followed manufacturer’s protocol or specify any changes made to the protocol. Studies on humans should conform to the Helsinki Declaration of 1975 and state that the institutional IRB approved the protocol and that informed consent was obtained. Studies involving animals should 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, drop-outs from clinical trials, etc.
- f. **Results:** Only experimental results are appropriate in this section (i.e., neither methods nor conclusions should be in this section). Include only those data that are critical for the study. Do not include all available data without justification, any repetitive findings will be rejected from publication. All Figs./Charts/Tables should be described in their order of numbering with a brief description of the major findings.

Figures: There are two general types of figures. The first type of figure 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 on your part given the small size of each panel, you will only be able to illustrate the most important feature of each photomicrograph. 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 Chang, et al, (*JOE* 28:90, 2002), Hayashi, et al, (*JOE* 28:120, 2002) and by Davis, et al (*JOE* 28:464, 2002). At the Editor’s discretion, color figures may be published at no cost to the authors. However, the Editor is limited by a yearly allowance and this offer does not include printing of reprints.

The second type of figure are graphs (i.e., line drawings) 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.

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 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

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).

- f. **Discussion:** The conclusion section should describe the major findings of the study. Both the strength and weaknesses of the observations should be discussed. What are the major conclusions of the study? How does the data support these conclusions? 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.
- g. **References:** The reference style follows Index Medicus and can be efficiently learned from reading past issues of the *JOE*. 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.

4. Page Limitations for Manuscripts in the Category of Basic Science/Endodontic Techniques

- a. **What is the limitation?** Original research reports in the category of basic science/endodontic techniques are limited to no more than 2,000 words (total for the abstract, introduction, methods, results and conclusions), and a total of three Figs./Charts/Tables. If a composite figure is used (as described above), then this will count as two of the three permitted Figs./Charts/Tables.
- b. **Does this apply to me?** Manuscripts submitted to the *JOE* can be broadly divided into several categories including review articles, clinical trials (e.g., prospective or retrospective studies on patients or patient records, or research on biopsies excluding the use of human teeth for technique studies), basic science/biology (animal or culture studies on biological research related to endodontics, or relevant pathology or physiology), and basic science/techniques (e.g., stress/strain/compression/strength/failure/composition studies on endodontic instruments or materials). Manuscripts submitted in this last category are the only category subject to these limitations. If you are not sure whether your manuscript falls within this category please contact the Editor by e-mail at jendodontics@uthcsa.edu.
- c. **Why page limitations?** Most surveyed stakeholders of the *JOE* desire timely publication of submitted manuscripts and an extension of papers to include review articles and other features. To accomplish these goals, we must reduce the average length of manuscripts since increasing the *JOE*'s number of published pages is prohibitively expensive. Although a difficult decision, restricting this one category of manuscripts accomplishes nearly all of these goals since ~40–50% of published papers are in this category.
- d. **How do I make my manuscript fit these limitations?** 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. Authors are encouraged to focus on only the essential aspects of the study and to avoid inclusion of extraneous text and figures. The Editor will reject manuscripts that exceed these limitations.

Available Resources:

- . Strunk W, White EB. The Elements of Style. Allyn & Bacon, 4th ed, 2000, ISBN 020530902X
 - a. Day R.. How to Write and Publish a Scientific Paper. Oryx Press, 5th ed. 1998. ISBN 1-57356-164-9
 - b. Woods G. English Grammar for Dummies. Hungry Minds:NY, 2001 (an entertaining review of grammar)
 - c. Alley M. The Craft of Scientific Writing. Springer, 3rd edition 1996 SBN 0-387-94766-3.
 - d. Alley M. The Craft of Editing. Springer, 2000 SBN 0-387-98964-1.