CHRISTA FELLER

**AVALIAÇÃO DA DIFUSÃO TÉRMICA NA DENTINA E CEMENTO
RADICULAR QUANDO DA UTILIZAÇÃO DO ENDOX[®] *IN VITRO***

São Paulo

2006

Christa Feller

**Avaliação da difusão térmica na dentina e cimento radicular
quando da utilização do Endox[®] *in vitro***

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, para obter o título de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas.

Área de Concentração: Endodontia

Orientador:
Prof. Dr. João Humberto Antoniazzi

São Paulo

2006

FOLHA DE APROVAÇÃO

Feller C. Avaliação da difusão térmica na dentina e cimento radicular quando da utilização do Endox[®] *in vitro* [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2006.

São Paulo : ____/____/200__

Banca Examinadora

1) Prof(a).Dr(a)._____

Titulação:_____

Julgamento:_____Assinatura:_____

2) Prof(a).Dr(a)._____

Titulação:_____

Julgamento:_____Assinatura:_____

3) Prof(a).Dr(a)._____

Titulação:_____

Julgamento:_____Assinatura:_____

4) Prof(a).Dr(a)._____

Titulação:_____

Julgamento:_____Assinatura:_____

5) Prof(a).Dr(a)._____

Titulação:_____

Julgamento:_____Assinatura:_____

DEDICATÓRIA

A meus pais, Felipe e Marcelo que não estão presentes,
mas sempre comigo em meus pensamentos.

A minha família, com amor e gratidão pelo apoio
em toda a trajetória profissional, e por me aturar
nos bons e maus momentos.

Ao Prof. Dr. João Humberto Antoniazzi pelo incentivo,
apoio, orientação segura e humana, durante a minha
formação. Obrigada pelas palavras amigas nas incertezas
da vida.

Aos meus amigos

pela convivência, troca de experiências e angústias que
só nos engrandeceram para enfrentar a estrada da vida.

Aos colegas que em algum momento acreditaram em mim.

Aos mais novos amigos do Curso de Pós Graduação
em Endodontia, foi uma experiência maravilhosa
tê-los conhecido compartilhando a volta aos bancos escolares.

“Você tem que estar preparado para se queimar em sua própria
chama: como se renovar sem primeiro se tornar cinzas?”

- *Assim falou Zaratustra*

AGRADECIMENTOS

Aos professores do Curso de Pós Graduação: foi um privilégio ter adquirido conhecimentos com vocês.

À CD Rom, na pessoa de seu diretor, Dr. Renato Góis, pela cessão do sistema digital endodôntico Endox[®].

Ao laboratório NDA e ao técnico responsável Narciso Domingos Alves pela confecção dos corpos de prova.

Aos funcionários da Disciplina de Endodontia, Aldo, Luizinho, Arnaldo, Ana e Neuza obrigada pela ajuda e apoio.

Às funcionárias da secretaria da Pós Graduação : Cátia, Nair e Emilia sempre gentis e prestativas.

Às bibliotecárias, obrigada pela ajuda na correção e formatação do presente trabalho.

À funcionária e amiga Iraci obrigada pela dedicação, ajuda e suporte dados em todos esses anos.

Às funcionárias Nilda e Jô obrigada pela convivência divertida, que muitas vezes desanuviou o ambiente de trabalho.

A Faculdade de Odontologia da USP, pela chance de terminar mais uma etapa da minha vida.

SUMÁRIO

SUMÁRIO

	p.
1 INTRODUÇÃO	18
2 REVISÃO DA LITERATURA	23
3 PROPOSIÇÃO	36
4 MATERIAL E MÉTODOS	38
4.1 Material	39
4.1.1 descrição do painel do Endox®.....	41
4.2 Métodos	42
4.2.1 seleção de dentes e formação de grupos.....	42
4.2.2 preparação das raízes para o teste de temperatura.....	43
4.2.3 aplicação do calor.....	45
4.2.4 análise da temperatura no momento da aplicação da corrente de alta frequência.....	46
5 RESULTADOS	47
6 DISCUSSÃO	54
7 CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS	67
APÊNDICES	71

LISTAS

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Endox [®] - sistema eletrônico digital.....	39
Figura 4.2 - Termômetro digital cujo par termoeletrico permite sensibilidade de registro de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$	40
Figura 4.3 - Painel de funções do Endox [®]	41
Figura 4.4 - Sondas de diversos calibres utilizadas para a descarga elétrica no interior do canal radicular.....	42
Figura 4.5 - Blocos de resina cristal com as raízes fixadas em posição para facilitar o manuseio.....	44
Figura 4.6 - Marcação dos locais para a aplicação dos pares termoeletricos.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Distribuição dos caninos selecionados segundo a forma dos ápices das raízes e a intensidade de frequência padrão (600kHz) e com 20% de acréscimo (720kHz).....	43
Tabela 5.1 - Médias em ° C e desvio padrão do aumento de temperatura segundo as interações de terços, formato radicular e intensidade de radiofrequência.....	49
Tabela 5.2 - Análise de variância do aumento de temperatura segundo os terços, formato radicular e intensidade de radiofrequência.....	50
Tabela 5.3 - Diferenças das médias em ° C do aumento de temperatura segundo o formato radicular e intensidade de radiofrequência. Valor crítico de Tukey $_{5\%} = 2,12$	50
Tabela 5.4 - Diferenças das médias em °C do aumento de temperatura segundo os terços radiculares. Valor crítico de Tukey $_{5\%} = 0,36$	51
Tabela 5.5 - Diferenças das médias em °C do aumento de temperatura segundo as interações de terços, formato radicular e intensidade de radiofrequência. Valor crítico de Tukey $_{5\%} = 0,96$	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Hz	Hertz
kHz	Kilohertz
mm	milímetros
Nd:YAG	Neodímio, Ítrio, Alumínio, Granada
ns	Não Significante
s	Significante

RESUMO

Feller C. Avaliação da difusão térmica na dentina e cimento radicular quando da utilização do Endox[®] *in vitro* [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP;2006.

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo avaliar a difusão da temperatura desenvolvida na parede dentinária de raízes pelo uso de um aparelho eletrônico, recentemente lançado no mercado, denominado ENDOX[®]. É um sistema de tratamento endodôntico digital de eletrofulguração e que tem duas finalidades:- a) localizador apical por impedância, marcando o comprimento de trabalho – no terço apical assinala quanto se está próximo da constrição apical; e, b) desinfecção do canal radicular por meio de corrente de alta frequência (600 kHz), vaporizando o eventual conteúdo do canal, devido a fulguração eletrônica de alta intensidade e frequência, em menos de um décimo de segundo. Foram utilizados 40 caninos escolhidos pela sua anatomia, ápices afilados e arredondados. Cada grupo de 20 dentes foi subdividido em dois variando a intensidade da radiofrequência aplicada nos diversos pontos da raiz: terços cervical, médio, apical e ápice. A frequência aplicada foi a recomendada pelo fabricante, 600 kHz por 1/10 de segundo chamada de padrão e com um aumento de intensidade de 20%, 720 kHz. Os resultados obtidos foram submetidos a tratamento estatístico com nível de significância de 5%, utilizando análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey. A diferença de temperatura entre os tipos de raízes é de aproximadamente 1°C quando se compara as afiladas com as arredondadas. Entre os terços radiculares há um aumento progressivo da temperatura de cervical para o ápice. As médias da diferença de temperatura em °C

foram avaliados de acordo com as interações entre formato, terços radiculares e intensidade de radiofrequência. Nas condições do experimento verificou-se que a diferença entre as temperaturas iniciais e finais não gerou calor excessivo na superfície radicular, não havendo diferença estatística significativa entre raízes arredondadas e afiladas. Há uma progressão das temperaturas médias do terço cervical até o ápice sendo significantes independentemente do formato das raízes e da radiofrequência. Houve diferença estatística significativa observada nas interações de terços, formato radicular e diferente intensidade de radiofrequência, entre ápice e terço médio. Nas raízes afiladas com aumento de radiofrequência há diferença entre todos os seus terços. Concluiu-se que, nas limitações do experimento *in vitro*, o aumento de temperatura variou em média 10°C, independente do formato radicular e intensidade de frequência, portanto dentro dos limites tolerados para a reparação óssea. É recomendável utilizar a intensidade de frequência padrão para melhor controle da temperatura em níveis baixos.

Palavras-Chave: Radiofrequência – Eletrofulguração – Temperatura – Avaliação da temperatura - Endox[®]

ABSTRACT

Feller C. *In vitro* evaluation of thermal diffusion on radicular dentin and cementum utilizing Endox[®] [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2006.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the temperature diffusion on the dentin wall of root canals, using an electronic device recently placed in the market denominated ENDOX[®]. A digital electro fulguration system for endodontic therapy designed to reach two purposes:- a) defining the correct endodontic work length through an impedance apical locator; and, b) promote root canal disinfection, vaporizing root canal content in less than a decimal of a second by electronic fulguration of high intensity and frequency current (600 kHz). This study comprised 20 maxillary canines and 20 mandible canines, chosen for their apical taper or rounded anatomic characteristic. Each group of 20 teeth was then subdivided in two, varying the radiofrequency intensity applied on the diverse root points. Four different root areas were established for radiofrequency application: cervical third, medium third, apical third and the apex itself. Following the manufactures recommendation, the frequency applied, was the standard one, that is, 600 kHz for 1/10 of a second and with an increase of 20%, 720 kHz. The results were submitted to statistical treatment at 5%significance, variance analysis (ANOVA) and Tukey test. When comparing taper to rounded root types, the temperature difference between them was approximately 1°C. As to the radicular root thirds, progressive temperature increase was observed from cervical area to the apex. The average differences of temperature in °C were evaluated considering shape, radicular thirds, and radiofrequency intensity. Under the experiment condition, it was observed that the difference between initial and final

temperature did not generate excessive heat on the root surface and also revealed no significant statistical difference between taper or round roots. There is a progressive rise of average temperatures from the cervical to the apical third that is significant, independently from root shape or radiofrequency. Significant statistical findings were noted involving the interaction of the root thirds, root shape and different radiofrequency intensity between the apex and the root's medium third area. An increase of radiofrequency on the taper root shapes caused differences in all its roots areas. It was concluded that, within the limitations of this *in vitro* experiment, the temperature rise varied in average 10°C, independently of root shape and frequency intensity therefore, under tolerable limits for bone repair. The standard frequency intensity is recommended in order to control temperature at lower levels.

Keywords: Radiofrequency – Electro fulguration – Temperature – Evaluation of temperature- Endox[®]

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Os procedimentos endodônticos têm como objetivo permitir ao dente exercer suas funções normais de oclusão, mastigação e estética. Para tanto, além de se estudar minuciosamente o elemento dental, há que se conhecer todas as tecnologias existentes para que se obtenha o sucesso da terapia endodôntica.

Ao se instituir o tratamento endodôntico, uma das regras básicas é a desinfecção ou manutenção da condição estéril do canal radicular. Quando se trata de polpa viva, usualmente não infectada, a remoção do tecido vital exige a manutenção da cadeia asséptica que impede a contaminação da área cirúrgica, evitando pós-operatório doloroso e insucesso. Nos casos de polpa mortificada a presença de microrganismos é constante e o trabalho se volta inteiramente para a desinfecção e limpeza, tanto do canal radicular como do sistema endodôntico.

A desinfecção do canal radicular, para sua resolução, ocorre em três fases bem definidas: a cirúrgica, a química e a terapêutica. A cirúrgica tem a finalidade de remover detritos e debris de tecido necrótico, da pré-dentina, da camada de dentina infectada e do interior do canal radicular. Sabe-se que só a instrumentação não é suficiente para obter a desinfecção, é necessário utilizar substâncias químicas auxiliares e irrigadoras para remover resíduos e aumentar a permeabilidade dentinária, constituindo a fase química. Estas duas fases são responsáveis por uma redução significativa da quantidade de bactérias do sistema de canais radiculares, porém dificilmente ocorre sua eliminação completa. Pois, as bactérias podem resistir a esses procedimentos mantendo-se em número suficiente para comprometer o sucesso do tratamento endodôntico. Há necessidade de utilizar uma terceira fase,

que é a terapêutica pela utilização de medicamentos, como recurso coadjuvante à terapia endodôntica para obtenção da desinfecção desejada.

Outra opção desenvolvida é representada pela aplicação de recursos físicos na busca da desinfecção a partir da luz do canal radicular. As tecnologias foram evoluindo com o passar do tempo, desde o uso de eletrofulguração, oxigenoargentoterapia, laser e outros dispositivos eletrônicos para se obter a esterilização do canal radicular e do sistema endodôntico.

Na tentativa de aperfeiçoar o atendimento odontológico introduziu-se um novo aparelho de eletrofulguração, Endox[®] (HAFFNER et al., 1997; BIANCHI et al., 1998), técnica utilizada no início do século passado. O autor propõe simplificar a sistemática de trabalho pela vaporização do tecido pulpar e redução do conteúdo bacteriano do sistema de canais radiculares em decorrência da aplicação de aumento de temperatura de breve duração, que é produzido por corrente de alta frequência (600 kHz) por 1/10 de segundo. Este calor é levado através de uma sonda especial, de pequeno calibre (0,15 mm), que pode ser introduzida antes mesmo do preparo químico-cirúrgico.

O aparelho eletrônico denominado ENDOX[®] é um sistema de tratamento endodôntico digital de eletrofulguração e que tem duas finalidades:- a) localizador apical por impedância, marcando o comprimento de trabalho, pois, no terço apical assinala quanto se está próximo da constrição apical (NG, 2004); e, b) desinfecção do canal radicular por meio de corrente de alta frequência (600 kHz), vaporizando o eventual conteúdo do canal, devido a fulguração eletrônica de alta intensidade e frequência, em um décimo de segundo.

A promoção de eletrofulguração no interior do canal radicular, necessariamente, promove liberação de calor que dependendo de sua intensidade,

freqüência e duração poderia causar efeitos deletérios nas estruturas dentinárias. Este mesmo calor, ainda que aplicado de forma controlada, difunde-se pela dentina e cemento podendo danificar o ligamento periodontal. Tais acontecimentos devem ser avaliados *in vitro* em condições experimentais controladas.

A aferição da temperatura na superfície radicular, na interface do dente, periodonto e osso alveolar, têm sido objeto de inúmeros estudos quando do emprego de instrumentos rotatórios no preparo da entrada do canal e de retentores intra-radiculares e, ainda quando do uso de aparelhos com emissão de raios laser no interior do canal.

O uso de brocas de diferentes diâmetros no preparo do orifício de entrada dos canais radiculares provoca no máximo 3,6° C de alteração de temperatura na superfície do cemento radicular. Tal fato deve-se aos procedimentos controlados de velocidade, pressão e refrigeração. O mesmo dá-se quando da utilização de instrumentos endodônticos rotatórios durante o preparo do canal radicular. Por sua vez a utilização de raios laser com o intuito de esterilização do sistema endodôntico e de alteração da superfície do canal radicular produz calor que se difunde na estrutura dentinária, sendo fundamental o emprego de técnicas controladas para minimizar eventuais efeitos nocivos ao periodonto.

A literatura comprova que o tecido ósseo tolera aumento de temperatura até 47° C por um minuto, após o que altera ou impede o seu reparo.

É necessário verificar se o uso do calor liberado pelo equipamento de corrente alternada de alta freqüência, por meio das sondas introduzidas no interior do canal radicular durante 1/10 de segundo, pode atingir níveis muito elevados e inadequados às condições biológicas da dentina, do cemento, do periodonto e do osso alveolar adjacente.

Portanto, na introdução de novas tecnologias, como a do Endox[®], é prudente e desejável a verificação da alteração de temperatura no cimento radicular.

REVISÃO DA LITERATURA

2 REVISÃO DA LITERATURA

Uma das áreas mais pesquisadas no tratamento endodôntico tem sido a “esterilização do canal radicular infectado”, como denominado por Prinz em 1917 e que na atualidade é entendida como o processo de obtenção da desinfecção do sistema endodôntico, conforme Paiva e Antoniazzi (1991). Entende-se que este processo ocorre, fundamentalmente durante o preparo do canal e na fase medicamentosa. As observações a seguir não contemplam os aspectos cirúrgicos do preparo químico-cirúrgico que se dá pelo emprego de instrumentos endodônticos por não ser objeto de consideração do presente trabalho.

ALGUNS ASPECTOS DA HISTÓRIA DA DESINFECÇÃO

Prinz (1917) faz uma retrospectiva dos processos empregados até então para se obter a desejada desinfecção do canal radicular afirmando que, em 1883, foi empregada experimentalmente uma corrente galvânica para estudar seu efeito sobre bactérias suspensas em solução nutritiva. Em 1891, foi detectado que o efeito bactericida da corrente dependia dos produtos finais da dissociação eletrolítica do líquido apropriado, isto é, ácido no pólo positivo e álcali no pólo negativo. A aplicação deste princípio, com o propósito de esterilizar canais radiculares, foi primeiramente observada por Breuer, em Viena. Em 1895, Rhein empregou este procedimento, de uma forma empírica, com aparente sucesso e novamente o demonstrou em 1897. Sistemáticamente, estes procedimentos foram pesquisados por vários autores desde então. No entanto em 1900, coube a Zierler juntamente

com Lehmann descrever a natureza da ação da corrente galvânica sobre a infecção bacteriana dos canais radiculares.

Prinz (1917), fez uma experiência para obter a “esterilização do canal radicular” usando a eletrólise e observando que há várias questões importantes: o tempo em que a corrente elétrica é aplicada; o número de miliampères empregados; e, a verificação pelos testes bacteriológicos de sua efetividade. Foram estes os procedimentos utilizados em pacientes com dentes infectados, variando o número de miliampères e por tempos diferentes em uma solução de cloreto de sódio. Concluiu que: 1 - a superfície de um canal radicular pode ser totalmente esterilizada na profundidade de alguns milímetros, por uma corrente fraca na presença de solução de cloreto de sódio a 1%; 2 - a corrente deve ser de 30 a 40 volts e baixa amperagem, de 0 a 5 miliampères; 3 - somente a corrente elétrica não é capaz de ter ação bactericida, sendo necessária a presença de uma solução eletrolítica; e, 3 - o eletrodo positivo a ser colocado no canal radicular deve ser fino, fio de irídio – platina , e o negativo que fica na mão do paciente deve ter pelo menos 5 polegadas.

De acordo com Ogus (1946) o início da 1ª guerra mundial encontrou a Odontologia em grandes transformações, de anciã para a moderna, de uma arte mecânica para um ramo da ciência médica. A causa desta mudança foi o desenvolvimento dos raios röntgen para uso clínico facilitando sobremaneira a constatação de muitos problemas de ordem periapical e óssea. Segundo este autor, tais achados associados à presença de infecção levaram os bacteriologistas, tais como Rosenow, Hartzell, Hatton entre outros, a formular a teoria da infecção focal.

Como conseqüências deste desenvolvimento científico da Odontologia adotou-se 2 procedimentos opostos, sendo que um grupo tinha como conduta a extração dos dentes com mortificação pulpar, enquanto outro buscava tratá-los,

desde que houvesse pouca destruição dos tecidos periapicais. A esta época, primeiro quarto do século passado, os dentistas não conseguiam provar aos médicos, com fundamentação científica, que os dentes com mortificação pulpar não eram a causa ou um dos fatores contribuintes à infecção focal.

Na tentativa de superar a presença dos microrganismos na intimidade do sistema endodôntico, os pesquisadores estabeleceram várias alternativas de procedimentos como a utilização de substâncias irrigadoras e rodízio medicamentoso cuja preocupação única era a eficácia antimicrobiana. Outra opção era representada pela aplicação de recursos físicos na busca da desinfecção a partir da luz dos canais radiculares, finalmente muitos pesquisadores utilizaram ambos os recursos físicos e químicos simultaneamente ou seqüencialmente.

Desinfecção Química

Desenvolvem-se estudos e empregam-se substâncias químicas durante o preparo do canal, como sugerido, entre outros, por Grossman e Meiman (1941) e Grossman (1943,1944). No Brasil, o advento da oxigenargentoterapia de Badan é bem representativo deste esforço em desinfetar os canais radiculares (BADAN, 1952).

Na década de 60, Stewart, Cobe e Rappaport (1961) novamente retomam o uso de substâncias químicas eficientes para obter a limpeza, alargamento e a desinfecção do canal radicular. Propõe o uso do peróxido de uréia em uma base de glicerina anídrica (Gly-Oxide), como um auxiliar do preparo químico mecânico na desinfecção dos canais radiculares. A solução de peróxido de uréia mantém sua ação antimicrobiana em presença de sangue e tem a vantagem da adição da glicerina anídrica atuando como lubrificante para os instrumentos endodônticos. O

peróxido de uréia ao reagir com a solução do hipoclorito de sódio libera uma grande quantidade de oxigênio que faz com que os debrís do canal radicular fiquem em suspensão, assim como clareia e desodoriza o dente. Continuando na mesma linha de pesquisa, Stewart, Kapsimalas e Rappaport (1969) propõem o uso de uma mistura de EDTA, um quelante (ácido etileno-diamino-tetracético) com peróxido de uréia, veiculados em uma base de carbowax. Em sua pesquisa de 1969, comprova que o uso do EDTA aumenta a permeabilidade dentinária facilitando a limpeza do canal radicular principal e de estruturas acessórias. Foram utilizados 143 dentes com polpas necróticas e, após preparo químico cirúrgico com o uso desta substância e irrigação entre instrumentos com hipoclorito de sódio, foi feito um teste bacteriológico. Após esta 1ª sessão havia 97,2% de resultados negativos. No segundo atendimento foi feito novo teste bacteriológico com 94,4% de resultado negativo, comprovando que as substâncias são efetivas mesmo após o 1º procedimento havendo uma pequena re-contaminação. Com o uso de outras substâncias este resultado negativo é de 65,7% (Gly-Oxide).

Paiva e Antoniazzi (1973), indicam o uso de uma nova associação de substâncias químicas auxiliares da instrumentação que é do peróxido de uréia, detergente (Tween 80) veiculados numa base de carbowax e neutralizado pelo hipoclorito de sódio a 0,5 ou 1%. Este trabalho, de 1973, utiliza 35 dentes com mortificação pulpar com e sem lesão periapical, e comprova que ao término da 1ª sessão após preparo químico cirúrgico, o teste bacteriológico tem um resultado de 100% negativo. No novo atendimento, 72 horas, é feito novo teste bacteriológico antes da intervenção para comprovar a efetividade da substância química, sendo o seu resultado negativo em 97,2% dos casos, portanto há uma menor re-contaminação.

Pode-se observar que ao passar do tempo as substâncias químicas foram se tornando menos tóxicas e produtos menos irritantes, porém mantendo seu efeito bactericida. Há que se lembrar também que houve uma grande evolução nos instrumentos endodônticos o que facilita a instrumentação dos canais radiculares sempre auxiliados pelo uso destas substâncias.

Recursos Físicos para a Desinfecção

A eletrofulguração foi uma das tecnologias bastante empregada na década de quarenta, segundo Ogus (1946) que propõe a esterilização e dessecação de canais radiculares pela eletrocirurgia. Uma corrente monopolar é usada neste tratamento. Três diferentes correntes são empregadas em eletrocirurgia: 1 - corte; 2 – coagulação; e, 3 - dessecação. Este último passo é a desidratação do tecido vivo obtido pela passagem de uma corrente de alta frequência através do tecido com calor moderado.

Os procedimentos endodônticos ou cirúrgicos não são substituídos quando se utiliza a eletro dessecação, eles aumentam a porcentagem de sucesso no tratamento do canal radicular (HYDER, 1960; ORINGER, 1960).

Synott. Scher e Keith (1959) descreve o uso do Hyfrecator (The Birtchner Corporation of Califórnia), um aparelho desenhado para propósitos eletro cirúrgicos em medicina. Na área da endodontia pode ser utilizado na esterilização do canal radicular como um recurso após tentativas de solução via tratamentos endodônticos normais. Uma lima é introduzida até o ápice radicular e o eletrodo do aparelho de corrente alternada de alta frequência é acionado, passando uma leve descarga para a região afetada, suficiente para esterilizá-la.

É interessante constatar o desaparecimento de um recurso terapêutico e o seu ressurgimento, provavelmente devido a um desenvolvimento de pesquisas em produtos eletrônicos e de tecnologia avançada como a do laser e do mesmo tipo da eletrofulguração (BIANCHI et al., 1998; BRUNTON; MACFARLANE, 2002; HAFFNER et al., 1997; LUSSI et al., 1999; MEARES ; STEIMAN, 2002).

A partir dos anos 80, os lasers vêm sendo aplicados em toda área da saúde, porém com restrições na área odontológica devido às especificidades da cavidade bucal que envolve tecidos moles e duros tais como dentes, osso, polpa, gengiva e ligamento periodontal. No entanto, os aparelhos têm sido aperfeiçoados cada vez mais permitindo sua aplicação clínica.

Uma das preocupações com o uso dos lasers é o risco de seus efeitos térmicos sobre as estruturas circunvizinhas. Eriksson et al. (1982) verificou, em um estudo de câmara térmica na tíbia de coelho, que ao atingir 53°C por 1 minuto houve uma parada da circulação em alguns vasos e um fluxo lento em outros da região. Gradualmente, após isto os vasos anteriormente atingidos foram substituídos por novos vasos promovendo a revascularização. A temperatura de 53° C , abaixo do ponto de desnaturação da fosfatase alcalina, causou uma injúria óssea irreversível, porém mesmo assim houve a cura nos tecidos adjacentes. Esta metodologia permite observar diretamente como se produz o trauma do aquecimento no osso e como evolui para sua reparação. Há a possibilidade de visualizar a revascularização da região em torno do ponto traumatizado, com repetidas observações do mesmo local.

Anic, Tachibana e Masumoto, (1996), observando três tipos de lasers, Nd:YAG, CO2 e Argônio, usados nas paredes do canal radicular verificaram mudanças morfológicas, permeabilidade e temperatura. Essas mudanças foram

avaliadas pela presença ou ausência de smear layer. A permeabilidade foi avaliada pela penetração de corante azul de metileno nos túbulos dentinários. As mudanças de temperatura foram observadas com um sistema de termovisão, e as mudanças morfológicas pela microscopia eletrônica de varredura. O laser foi aplicado no canal radicular por uma fibra ótica flexível ou sonda de metal. Os três tipos de laser promoveram um aumento de permeabilidade nos grupos com smear layer, no terço médio da raiz e no terço apical houve diminuição de permeabilidade entre o laser de CO₂ e o de Nd:YAG. A elevação da temperatura variou de um mínimo de +10,1°C (CO₂) a um máximo de +54,8°C (Argônio). Os três tipos de laser parecem capazes de produzir superfícies vítreas e crateras.

Cohen, Deutsch e Musikant (1996), utilizaram o laser de Hólmio-YAG (Ho:YAG) sendo aplicado com uma fibra ótica na superfície do canal e ainda assim não elevou a temperatura em mais de 5°C no cimento. Utilizaram 60 dentes recém extraídos, que foram preparados removendo suas coroas e instrumentados com lima #25 até o ápice. Foram colocados em um suporte onde foi introduzida a fibra ótica e aplicado o laser. No suporte do dente foram feitos 2 furos onde foram introduzidos os termopares do termômetro digital. Os vários grupos foram energizados pelo laser com diferentes configurações. Não houve diferenças estatísticas entre os grupos na mudança de temperatura na região apical e na região coronária. A sua conclusão é que se o aumento de temperatura permanecer em torno de 5°C não há possibilidade de causar danos ao ligamento periodontal, cementoblastos ou ao osso alveolar.

Um dos aspectos, ultimamente pesquisados, é o de redução bacteriana intracanal, em sulco gengival e apicectomias. Gutknecht et al. (1996), observaram o efeito bactericida dos pulsos do Nd:YAG em 40 raízes com preparo de canal clássico *in vitro*, sob condições padronizadas. A potência do aparelho, incluindo as fibras de

quartzo foi medida antes e depois de todo tratamento para excluir qualquer erro técnico. Foi usada uma fibra de 300µ em dentes anteriores e uma de 200µ em dentes posteriores. A bactéria utilizada foi o *Enterococcus faecalis* assim como cocos Gram-positivos, que demonstram maior nível de tolerância ao calor em relação aos bacilos que podem ser encontrados no endodonto, refletindo as condições *in vivo*. Os resultados em média reduzem em 99,91% das bactérias inoculadas nos canais radiculares *in vitro*, no mínimo 97,12% e 99,99% no máximo. Estes resultados sugerem que os efeitos bactericidas da terapia a laser podem ser alcançados em casos clínicos *in vivo*.

Ramsköld, Fong e Strömberg (1997), verificaram os efeitos térmicos e as propriedades antibacterianas de um laser de Nd:YAG para estabelecer clinicamente os níveis seguros de energia para irradiar dentro do canal radicular e determinar qual o nível de energia capaz de esterilizar canais infectados. Neste experimento os dentes sem suas coroas tiveram seus canais previamente instrumentados. As pontas do termopar foram coladas ao dente a 7 mm do ápice e conectados por um conversor a um multímetro que mostra a leitura da temperatura. Para o teste microbiológico 20 dentes, 2 grupos de 10, foram embebidos em caldo de cultura (*Enterococcus faecalis* e *Streptococcus mitis*), que foi introduzido no canal radicular e aplicado o laser para verificar sua capacidade antibacteriana. De cada dez dentes 2 serviram como controle, sem aplicação de laser. No início os dentes apresentavam uma temperatura de 34,1°C, durante o teste houve um aumento de 6°C. No intervalo, durante 15 minutos sem aplicação houve uma queda da temperatura de 3,9°C. O pico das temperaturas entre os testes foi de 41,5 a 42,6°C. A verificação de crescimento bacteriano nos dois momentos do experimento com diferentes energizações do laser mostraram que no Grupo 1 havia crescimento bacteriano em

6 dos oito dentes assim como nos grupos controle. O grupo 2 determinou melhores resultados, 1 dos dentes no total de 8 e os 2 do grupo controle permitiram crescimento bacteriano. Para estes experimentos se calculou a quantidade de energia administrada e o aumento de temperatura com configuração de 3 W (50 Hz, 60mJ) por 15 segundos dentro do canal radicular, haveria um aumento de temperatura, se toda energia absorvida, em torno de 12,7°C.

Haffner et al., (1997) introduziram uma nova tecnologia, apresentada de uma forma moderna, porém com a mesma idéia de Prinz (1917), a eletrofulguração. O sistema Endox[®] que consta de um equipamento moderno perfeitamente adequado para vários tipos de dentes e que permite a introdução de sondas dentro do canal radicular capazes através de uma curta fulguração eletrônica de alta intensidade e alta frequência, 600 kHz, por um tempo de 1/10 de segundo, vaporizar a polpa que envolve a sonda. No caso de mortificação pulpar esta fulguração é capaz de destruir microrganismos presentes no canal radicular. A primeira preocupação destes autores foi verificar se havia aumento de temperatura na região apical quando aplicado o Endox[®]. Foi instalada uma câmera de vídeo infravermelha ultra-alta velocidade o que permitia a visualização em função de uma escala onde se verifica a elevação gradiente de cores. Antes da fulguração a temperatura do dente é de 19,5°C. No momento do impulso elétrico a temperatura se eleva para 29,5°C. Este aumento é incapaz de causar injúrias nos tecidos periapicais, principalmente pelo tempo de 1/10 de segundo em que é aplicado.

Haffner, Benz e Hickel, (1999), pesquisam a atuação do sistema da alta frequência nos canais radiculares com o propósito de eliminar microrganismos presentes, causa de muitos insucessos endodônticos. Dentes recém extraídos foram instrumentados até lima de # 40. Após a esterilização dos 30 dentes, foram divididos

em grupos: I – 10 dentes foi inoculada uma cepa de *Staphylococcus aureus*; II – 10 dentes foi inoculada cepa de *Escherichia coli*; e, III – 10 dentes não contaminados constituíram o grupo controle. Após a incubação os dentes foram colocados em um gel de açúcar para simular a impedância do tecido natural. O impulso elétrico foi então aplicado de acordo com a recomendação do fabricante. Finalmente o canal foi irrigado com soro fisiológico e este soro removido do canal por meio de uma seringa e aspergido em uma placa de Petri. Os resultados mostraram eficácia promissora no uso da corrente de alta frequência na supressão de bactérias.

Chaparro, (2000), faz uma descrição clínica do uso do novo sistema de alta frequência em 82 tratamentos endodônticos, de dentes multi ou uniradiculares em pacientes de idades que variam de 7 a 65 anos. Em 68 pacientes os dentes foram diagnosticados com pulpite irreversível; em 7 com abscessos e os outros 7 não apresentavam sintomatologia clínica. Radiograficamente 41 casos apresentavam aumento do espaço periodontal, 11 evidenciaram imagem radiolúcida periapical e os outros apresentavam imagem radiográfica normal. Nenhum paciente, exceto um que sentiu ligeira dor ao mastigar, teve sintomatologia pós-operatória depois de realizado o tratamento

Uma avaliação clínica foi feita por Benz, Schweier e Hickel, (2002) tratando de 50 dentes, diagnosticados como pulpite aguda, divididos em 2 grupos. O grupo 1 com tratamento convencional e o grupo 2 com o uso do Endox[®]. Os pacientes foram orientados a dar notas pelo tipo de dor que pudesse sentir durante o tratamento, 1, 2 e 7 dias após, com uma escala visual analógica. No grupo 1 os pacientes deram uma nota acima de zero durante o tratamento e 1 dia após. No grupo 2 a dor foi relatada como zero do momento da aplicação em diante. O resultado deste estudo

indica que a desinfecção do tratamento endodôntico pode reduzir a percepção da dor comparando-se ao tratamento convencional.

Roveta (2004), em uma experiência com dentes extraídos comprova o efeito bactericida do Endox[®]. Os microrganismos em suspensão foram introduzidos dentro do canal radicular, em seguida aplicada a corrente de alta frequência. A suspensão com as bactérias diluídas foi aspergida em uma placa de Petri. Não houve crescimento bacteriano, que pode ser considerado em torno de 99%, demonstrando a eficácia do uso do aparelho Endox[®].

Lendini et al. (2005), avaliaram o efeito dos pulsos de alta frequência no tecido orgânico de canais radiculares. O objetivo foi verificar a quantidade de debrís e a camada de smear layer após a aplicação da alta frequência produzida pelo aparelho Endox[®], em tecido pulpar intacto e orgânico e também em resíduos inorgânicos presentes após a instrumentação endodôntica. Este estudo utilizou 75 dentes indicados para extração, divididos em 2 grupos (60 dentes) e um grupo controle (15 dentes). O grupo 1 (30 dentes), os canais não foram instrumentados e o grupo 2 (30 dentes) foram instrumentados com rotatórios Hero e no ápice o batente foi obtido com lima 40. Cada grupo foi subdividido em 2 subgrupos: A e B (15 dentes cada). Nos subgrupos 1 A e 2A foram aplicados 2 pulsos elétricos (um no terço apical e outro no terço médio, respectivamente a 3 e 6 mm do ápice radicular). Nos subgrupos 1B e 2B foram aplicados 4 pulsos elétricos (dois no terço apical e dois no terço médio). O grupo controle foi preparado com limas rotatórias Hero, irrigados com 5 ml de EDTA e 5 ml de hipoclorito de sódio a 5% em uma temperatura de 50° C e não submetidos ao pulso elétrico. As raízes foram fraturadas longitudinalmente e examinadas com microscópio eletrônico de varredura. Sua conclusão é que o aparelho Endox[®] usado com quatro pulsos elétricos tem ótima eficácia quando

usado após instrumentação dos canais radiculares na eliminação de resíduos de tecido pulpar e debrís inorgânicos.

Estas considerações impõem a necessidade de ampliar os estudos da eletrofulguração controlada, como do Endox[®], com metodologias experimentais bem formuladas e com precisão suficiente para verificar a pertinência de seu emprego rotineiro na terapia endodôntica.

PROPOSIÇÃO

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo desta investigação é avaliar a alteração da temperatura na superfície radicular quando da aplicação de corrente elétrica de alta frequência com duração de 1/10 de segundo nos terços do canal radicular. A aferição dá-se pela utilização de par termoeletrico e registro digital da temperatura. A aplicação da eletrofulguração é realizada *in vitro* com variação da intensidade de frequência do impulso elétrico de 600 kHz e 720 kHz na mesma unidade de tempo.

MATERIAL E MÉTODOS

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

- 40 dentes humanos, caninos superiores e inferiores, fornecidos pelo Banco de Dentes Humanos, da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.
- Aparelho eletrônico de corrente de alta frequência, sistema endodôntico digital ENDOX[®] - Lysis srl, Milano , Itália. (Figura 4.1)

Figura 4.1 - Endox[®] – sistema eletrônico digital

- Brocas de Largo nº 1 e 2 - Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suíça.
- Disco de aço diamantado - K. G. Sorensen, São Paulo, Brasil.
- Cianoacrilato de etila - Superbonder da Loctite, Henckel, Barueri, São Paulo, Brasil.

- Escala milimetrada de 15 cm. – Kawasa, aço inoxidável, Japão
- Limas K 1ª série - Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suíça.
- Peça de mão - Kavo do Brasil, Santa Catarina, Brasil.
- Pinça mosquito – Prodoctor, São Paulo, Brasil.
- Soro fisiológico.
- Super – Gel - Polímero acrílico, importado por M. Rizzi Artigos para Decorações Ltda, Tremembé, São Paulo, Brasil.
- Resina cristal (Uceflex UC 2120- Redealease- Brasil)
- Termômetro digital MT– 520 - Minipa, Indústria Eletrônica, São Paulo, Brasil.

(Figura 4.2)

Figura 4.2 - Termômetro digital cujo par termoeletrônico permite sensibilidade de registro de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$

4.1.1 descrição do Painel do Endox®

O aparelho tem um painel de controle onde estão colocados alguns comandos: indicadores, marcadores de impulso e botões de seleção de dentes. Tem soquetes para a introdução do eletrodo neutro de corrente e outro para a colocação do eletrodo ativo em cuja ponta se ajustam as sondas. (Figura. 4.3)

Figura 4.3 - Painel de funções do Endox®

Além desses indicadores possui o marcador de distância apical. Ao ser introduzida a sonda, no interior do canal radicular, o aparelho emite um som intermitente muito rápido, que se torna mais lento ao alcançar a constrição apical (se ultrapassar o forame, o som se torna contínuo). O localizador apical Endox®, age por impedância, que é a medida da capacidade de resposta de um circuito elétrico percorrido por uma corrente alternada, através da baixa resistência entre a sonda e a mucosa oral. Baseia-se na diferença entre a carga elétrica dos tecidos do ligamento periodontal e algum ponto do interior do canal.

Podem ser utilizados três tipos de sondas (Figura 4.4):

- Preta – 30 mm de comprimento e 0,20 mm de diâmetro (para caninos)
- Vermelha – 24 mm de comprimento e 0,15 mm de diâmetro (para todos os dentes)
- Verde – 24 mm de comprimento e 0,15 mm de diâmetro (isolada com teflon, menos no 1 mm apical)

Figura 4.4 - Sondas de diversos calibres utilizadas para a descarga elétrica no interior do canal radicular

4.2 Métodos

4.2.1 seleção de dentes e formação de grupos

Para a realização desta pesquisa foram selecionados 40 caninos, sem tratamento endodôntico e portadores de canais não atresados e divididos em 4 grupos, conforme a Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Distribuição dos caninos selecionados segundo a forma dos ápices das raízes e a intensidade de frequência padrão (600 kHz) e com 20% de acréscimo (720 kHz).

Impulso Caninos	Padrão	Padrão + 20%	Total
Ápice arredondado	Grupo I 10	Grupo II 10	20
Ápice afilado	Grupo III 10	Grupo IV 10	20
Total	20	20	40

Foram removidas as coroas dos dentes com disco diamantado de aço, montado em uma peça de mão de baixa rotação, na altura de seu terço cervical. Realizou-se o esvaziamento do eventual conteúdo do canal radicular com limas tipo K de # 15, até que sua ponta aparecesse no forame apical, anotando-se a medida como sendo o comprimento do canal radicular. A seguir foram feitos os preparos dos orifícios de entrada dos canais com brocas de Largo, primeiramente a # 1 e em seguida a # 2. As raízes dos dentes foram imersas em meio gelatinoso para a hidratação das mesmas, durante uma semana (Feller, comunicação pessoal).

4.2.2 preparação das raízes para o teste de temperatura

Para afixar as raízes permitindo o seu manuseio, foram confeccionados blocos de resina cristal de tamanho adequado (Figura 4.5). As raízes foram posicionadas lateralmente nos blocos de acrílico e fixadas com auxílio de cianoacrilato.

Figura 4.5 - Blocos de resina cristal com as raízes fixadas em posição para facilitar o manuseio

Após este passo, as raízes foram divididas em terços cervical, médio e apical, e ainda o ápice marcando-se os pontos para ser aplicado os termopares do termômetro digital (Figura 4.6).

Figura 4.6 - Marcação dos locais para a aplicação dos pares termoelétricos

4.2.3 aplicação do calor

Previamente à aplicação do calor pela eletrofulguração procedeu-se a mensuração da temperatura no terço cervical, denominada de temperatura inicial.

A rotina de utilização do aparelho Endox[®] é a recomendada pelo fabricante. Os canais foram preenchidos com soro fisiológico, para garantir a passagem da corrente, sendo a descarga elétrica aplicada com impulso normal (600 kHz) nos grupos I e III acionando-se o botão de impulso para caninos e com impulso 20% maior (720 kHz) nos grupos II e IV acionando-se os botões boost e canino. Para isso, foi introduzida no canal radicular a sonda selecionada, no caso a vermelha de 24 mm e diâmetro de 0,15 mm, e em quatro momentos o aparelho foi acionado por 1/10 de segundo e aferida a temperatura como segue: 1º - a sonda foi posicionada no canal radicular, na metade do terço cervical, e feita uma descarga elétrica; 2º - ao atingir a metade do terço médio, nova descarga; 3º - ao atingir a metade do terço apical, procedeu-se a descarga elétrica; e, 4º - aplicou-se o impulso elétrico aproximadamente 1 mm aquém do ápice radicular, desta feita duas vezes, de acordo com a técnica preconizada para o uso deste aparelho.

A leitura e anotação da temperatura foram efetuadas imediatamente à aplicação do impulso elétrico, de acordo com o teste piloto realizado, para se aferir a temperatura mais alta assinalada no display digital.

4.2.4 análise da temperatura no momento da aplicação da corrente de alta frequência

Para análise da temperatura foi confeccionada uma tabela para o registro das diferenças entre a temperatura inicial (antes da aplicação do Endox[®]) e a temperatura aferida em cada um dos momentos experimentais. A leitura prévia da temperatura da superfície externa radicular foi feita pela aplicação do par termoeletrico na face mesial da metade do terço cervical, sendo a temperatura aferida anotada na ficha. A seguir aplicou-se a descarga elétrica nas metades dos terços cervical, médio, apical e ápice da raiz onde se localizam os termopares do termômetro digital e a temperatura anotada.

Os resultados foram submetidos a tratamento estatístico com nível de significância de 5%, utilizando análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey para comparação de duas médias em decorrência da distribuição normal dos dados amostrais.

RESULTADOS

5 RESULTADOS

Os dados individuais originais dos Grupos I, II, III e IV do experimento são encontrados nos Apêndices A e B, relativos às temperaturas tomadas primeiramente em temperatura ambiente e imediatamente após a aplicação de impulso elétrico na dose indicada pelo fabricante quanto a radiofrequência e tempo (600 kHz e 1/10 de segundo) e acrescida de 20% de radiofrequência (720 kHz e 1/10 de segundo) nos terços cervical, médio, apical e ápice.

Os dados para a análise estatística foram obtidos pela diferença entre as temperaturas iniciais e finais de cada espécime nos vários terços e formato radiculares, e variação de radiofrequência, conforme os Apêndices C e D.

Aos valores obtidos foi aplicado o teste de aderência a curva normal da amostra completa, Apêndice E, cujos dados são referentes aos números originais da diferença das temperaturas. O resultado demonstra distribuição normal dos valores da amostra.

As médias obtidas comparando-se terços, formatos e radiofrequências encontram-se no Apêndice F. Esses valores foram reunidos na Tabela 5.1 com as médias em °C , desvio padrão dos aumentos de temperatura de acordo com as interações de terços, formatos radiculares e impulsos elétricos.

Tabela 5.1- Médias em °C e desvio padrão do aumento de temperatura segundo as interações de terços, formato radicular e intensidade de radiofrequência

Terços	Formato Radio Freq	Arredondadas		Afiladas		Médias
		Padrão	Padrão + 20%	Padrão	Padrão + 20%	
Cervical		9,37 ($\pm 1,32$)	9,56 ($\pm 1,13$)	10,18 ($\pm 2,90$)	9,59 ($\pm 1,27$)	9,68
Médio		10,11 ($\pm 1,28$)	10,09 ($\pm 1,31$)	11,24 ($\pm 3,08$)	10,58 ($\pm 1,40$)	10,50
Apical		10,89 ($\pm 1,20$)	11,13 ($\pm 1,28$)	11,63 ($\pm 2,98$)	11,88 ($\pm 1,60$)	11,38
Ápice		11,52 ($\pm 1,08$)	11,94 ($\pm 1,16$)	12,30 ($\pm 2,42$)	13,00 ($\pm 1,75$)	12,19
Médias		10,47	10,68	11,34	11,26	10,94

Verifica-se que as raízes afiladas apresentam aproximadamente 1°C maior da variação de temperatura quando comparado as raízes arredondadas, independentemente dos terços. Nota-se que há um aumento progressivo da temperatura de cervical em direção ao ápice. O desvio padrão em todos os grupos amostrais é baixo em relação a respectiva média.

Na Tabela 5.2 estão anotados os valores da análise de variância para amostras dependentes, que foram aqui considerados os terços radiculares por pertencerem ao mesmo espécime.

Tabela 5.2 – Análise de variância do aumento de temperatura segundo os terços, formato radicular e intensidade de radiofrequência

Fonte de Variação	Soma de Quadr.	G.L	Quadr.Médios	(F)	Prob.(H0) %
Entre colunas (formatos da raiz)	21,9262	3	7,3087	0,59	37,2316
Resíduo I	443,9723	36	12,3326		
Entre linhas (terços)	141,9090	3	47,3030	126,33	0,0000
Inter. C x L (formato x terço)	8,4457	9	0,9384	2,51	1,2108
Resíduo II	40,4383	108	0,3744		
Variação total	656,6914	159			

Constata-se que as diferenças de temperatura entre raízes arredondadas e afiladas independentemente dos seus terços não são significantes. Por outro lado, a variância mostra significância entre os terços radiculares independentemente do formato e, também, na interação terços e formatos radiculares.

As diferenças das médias em ° C do aumento de temperatura foram comparadas entre si utilizando-se o teste de Tukey, cujos cálculos encontram-se no Apêndice G.

Tabela 5.3 – Diferenças das médias em °C do aumento de temperatura segundo o formato radicular e intensidade de radiofrequência . Valor crítico de Tukey $_{5\%} = 2,12$

	Arredondadas + (x 10,68)	Afiladas* (x 11,34)	Afiladas + (x 11,26)
Arredondadas* (x 10,47)	0,21 _{ns}	0,87 _{ns}	0,79 _{ns}
Arredondadas + (x 10,68)		0,66 _{ns}	0,58 _{ns}
Afiladas* (x 11,34)			0,08 _{ns}

* dose padrão + dose com acréscimo de 20%
ns – não significativa s - significativa

Conforme a análise de variância, o Teste de Tukey confirma a não significância entre os formatos radiculares, arredondados e afilados, independentemente dos terços radiculares aferidos e dose de radiofrequência (Tabela 5.3).

As diferenças das médias dos terços radiculares, independentemente do formato das raízes e da radiofrequência estão na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Diferenças das médias em °C do aumento de temperatura segundo os terços radiculares. Valor crítico de Tukey 5% = 0,36

	Médio (x 10,50)	Apical (x 11,38)	Ápice (x 12,19)
Cervical (x 9,68)	0,82 _s	1,70 _s	2,51 _s
Médio (x 10,50)		0,88 _s	1,69 _s
Apical (x 11,38)			0,81 _s

ns – não significativa s – significativa

Verifica-se que as comparações entre os terços radiculares mostram diferenças significantes, sendo a menor temperatura no terço cervical e aumentando progressivamente nos terços médio, apical e ápice.

As médias da diferença de temperatura em °C são avaliados de acordo com as interações entre formato, terços radiculares e intensidade de radiofrequência observados na Tabela 5.5, onde se verifica o grau de significância entre as variáveis.

Tabela 5.5 – Diferenças das médias em °C do aumento de temperatura segundo as interações de terços, formato radicular e intensidade de radiofrequência. Valor crítico de Tukey $_{5\%} = 0,96$

			Arredondadas								Afiladas							
			Padrão			Padrão + 20 %					Padrão				Padrão + 20 %			
			M	A	P	C	M	A	P		C	M	A	P	C	M	A	P
Arredondadas	Padrão	C	0,74 ns	1,52 s	2,15 s	0,19 ns					0,81 ns							
		M		0,78 ns	1,41 s		0,02 ns					1,13 s						
		A			0,63 ns			0,24 ns					0,74 ns					
		P							0,42 ns					0,78 ns				
	Padrão + 20 %	C					0,53 ns	1,57 s	2,38 s						0,03 ns			
		M						1,04 s	1,85 s							0,49 ns		
		A							0,81 ns								0,75 ns	
		P																1,06 s
Afiladas	Padrão	C									1,06 s	1,45 s	2,12 s		0,59 ns			
		M										0,39 ns	1,06 s			0,66 ns		
		A											0,67 ns				0,25 ns	
		P																0,70 ns
	Padrão + 20 %	C														0,99 s	2,29 s	3,41 s
		M															1,30 s	2,42 s
		A																1,12 s
		P																

Terços: C = Cervical M = Médio A = Apical P = Ápice

No formato de raiz arredondado com radiofrequência padrão verifica-se diferenças estatísticas entre as regiões apical e ápice com o terço cervical, e entre o

ápice e o terço médio. Quando do emprego de radiofrequência de 720 mHz há diferenças significativas entre as regiões apical e ápice com os terços cervical e médio. As relações entre terços com radiofrequência diferentes não são significantes.

Nas raízes afiladas com radiofrequência padrão as diferenças significantes ocorrem entre os terços médio, apical e ápice com relação ao terço cervical, e entre o ápice com o médio. Todas interações dos terços na radiofrequência com 20% de aumento apresentam diferenças significantes. Por outro lado, quando se comparam radiofrequências diferentes nos mesmos terços não ocorrem diferenças significantes.

No caso de comparação entre raízes afiladas e arredondadas há diferença estatística significativa em terço médio com radiofrequência padrão e em ápice com impulso de 20% a mais.

DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

A Endodontia é a especialidade que tem como objetivo a preservação do dente por meio de prevenção, diagnóstico, prognóstico, tratamento e controle das alterações da polpa e dos tecidos periradiculares (Conselho Federal de Odontologia). Dentre as fases da terapia endodôntica uma das mais importantes sem dúvida é o preparo químico-cirúrgico (antes denominado preparo químico-mecânico), que tem como objetivo a limpeza e desinfecção do sistema endodôntico e, a modelagem dos canais radiculares. Na fase de preparo químico-cirúrgico busca manter a integridade dos tecidos periapicais valorizando os princípios e requisitos biológicos que determinam os passos da terapia endodôntica que seguidos rigorosamente nos levam a manutenção e função do elemento dental. (BERGER, 2002).

Entre os recursos utilizados para se obter estes preparos químico-cirúrgicos rigorosos existem os instrumentos, substâncias químicas auxiliares da instrumentação e equipamentos que tem as mais diversas propriedades, tais como: rotatórios para instrumentação dos canais radiculares, ultra-som usado na limpeza e irrigação, lasers para desinfecção e modelagem da parede do canal e, os aparelhos de eletrofulguração utilizados na vaporização do conteúdo orgânico e desinfecção do sistema de canais radiculares. (GROSSMAN, 1973; MACDONALD, 1992; WEIGER; LÖST, 1999).

Em torno desta variedade de possibilidades, os pesquisadores se dedicaram a descobrir formas de se obter uma desinfecção do sistema de canais radiculares

permitindo a manutenção do elemento dental exercendo suas funções e, sendo biologicamente aceito pelo sistema estomatognático.

Historicamente, devido à falta de instrumentos adequados, a necessidade levou os estudiosos a procurar um método que pudesse resolver este aspecto da endodontia que foi motivo de inúmeras pesquisas. Entre elas a descoberta dos tipos de microrganismos presentes no canal radicular e região periapical e, a forma de combatê-los, com o uso de substâncias químicas cada vez mais tóxicas ou com a utilização da eletrofulguração, que é uma corrente galvânica em um meio eletrolítico. (PRINZ, 1917; OGUS, 1946; BADAN, 1952).

Esta grande transformação da Odontologia, com a descoberta dos raios roentgen para uso clínico, facilitando sobremaneira a constatação de muitos problemas de ordem periapical e óssea, trouxe luz para muitas áreas obscurecidas. Um outro ponto de estudos na época foi o mérito indiscutível da teoria da infecção focal, pois deu um novo rumo a Odontologia, principalmente em pesquisas e estudos sobre as bactérias presentes no sistema de canais radiculares procurando diferentes maneiras de combatê-las. (OGUS, 1946; BADAN 1952).

A discussão em torno da presença ou não de dentes com lesões periapicais foi a causa de confrontos entre médicos e dentistas, pois os primeiros sugeriam a remoção de dentes infectados que poderiam causar infecções sistêmicas, e os segundos propunham a manutenção dos mesmos, tratados com as substâncias químicas tóxicas ou a corrente galvânica para obter a “esterilização dos canais radiculares”. (OGUS, 1946).

Desta forma ao tentar destruir os microrganismos presentes no interior do sistema de canais radiculares, os pesquisadores procuraram diferentes possibilidades em torno de substâncias químicas que pudessem ser eficazes

durante o preparo do canal. (GROSSMAN; MEIMAN, 1941; GROSSMAN, 1943). No Brasil o advento da oxigenargentoterapia de Badan é bem representativo deste esforço em desinfetar os canais radiculares. A descrição do uso da liberação do Oxigênio, pela reação entre água oxigenada, hidróxido de amônia e por uma lâmina de prata liberando assim o oxigênio nascente e o cátion prata, que sabidamente provocam o aumento deste oxigênio nascente, que promove a anti-sepsia dos canais radiculares. (BADAN, 1952).

Este é o mesmo princípio utilizado por Grossman e Meimam (1941); Stewart, Kapsimalas e Rappaport (1969); Paiva e Antoniazzi (1973), na procura de substâncias químicas que pudessem promover a desinfecção do sistema de canais radiculares com a liberação do oxigênio nascente, porém compatíveis com o tecido conjuntivo adjacente da região periapical. Quanto mais tóxicas estas substâncias, apesar de destruir microrganismos, ao ultrapassarem a região periapical podem provocar danos irreversíveis ao ligamento periodontal e tecido ósseo. As substâncias químicas auxiliares da instrumentação devem ter características específicas para se obter os resultados desejados, tais como: ter um efeito lubrificante, ser bactericida, ter ação detergente, promover o aumento da permeabilidade dentinária, não ser irritante aos tecidos periapicais e promover a efervescência liberando oxigênio nascente e cloro. (PAIVA; ANTONIAZZI, 1991). Atualmente ainda existe a necessidade de se encontrar substâncias capazes de se enquadrar totalmente nestes requisitos básicos.

Em outra fase na procura de formas eficientes na atuação sobre os microrganismos foram utilizados recursos físicos no combate a infecção presente no sistema de canais radiculares. Entre eles a eletrofulguração, eletrocirurgia, eletrodessecação, hyfrecator, lasers e novamente a eletrofulguração com o Endox[®].

(HAFFNER et al., 1997; HYDER, 1960; OGUS, 1946; PRINZ, 1917; SYNOTT; SCHER; KEITH, 1959).

Há que se lembrar que nos primórdios (PRINZ, 1917), não havia aparelho de raios X, nem como saber da destruição óssea periapical, portanto tudo feito de forma empírica, tentando manter o dente em função. Mesmo assim, o princípio da corrente galvânica foi aplicado no interior do canal radicular obtendo sucesso em grande porcentagem dos casos. A eletro dessecação, outro recurso físico empregado na tentativa de esterilizar canais radiculares, tem o inconveniente de promover destruição dos tecidos se utilizado de forma inadvertida, isto é, sem os devidos cuidados para não ultrapassar a região periapical. (OGUS, 1946; ORINGER, 1960).

Synott, Scher e Keith (1959), usando o Hyfrecator, para procedimentos eletrocirúrgicos em medicina, observaram que o calor liberado pela lima em contato com a região periapical não causava danos aos tecidos.

Com a evolução das tecnologias aplicadas a Odontologia, o laser começou a ser utilizado de diferentes formas. Os vários tipos de laser de baixa e alta intensidade têm aplicações diversificadas na área da saúde, porém de uma forma restrita na Odontologia.

O efeito que alguns tipos de laser têm sobre a dentina é um dos motivos de preocupação, pois o laser de diodo, por exemplo, pode causar rachaduras no esmalte e dentina, tornar as paredes vítreas e com deformações dos túbulos dentinários. O outro efeito estudado é o de gerar calor e afetar as regiões vizinhas do elemento dental.

Esta indagação sobre o efeito do calor é relevante, pois segundo Eriksson et al. (1982), procuraram observar no local da aplicação o aquecimento da tíbia de coelho. Se houver aquecimento acima de 53° C o dano causado é irreversível,

destruindo o tecido e não permitindo a reparação. Portanto, o uso de qualquer instrumento que libere calor seja de brocas, instrumentação rotatória, equipamentos tais como lasers, eletrofulguração e outros, não pode ultrapassar 50° C.

Entre os trabalhos que verificaram a liberação de calor pelo uso do laser variou de 10,1° C a 54,8° C, sendo este último de Argônio o que impediria seu uso na estrutura dentinária pelo valor elevado do aquecimento. (ANIC; TACHIBANA; MASUMOTO, 1996). Já o de Hólmio-YAG não elevou a temperatura em mais de 5° C no cimento, o que permite seu uso sem causar danos. (COHEN; DEUTSCH; MUSIKANT, 1996).

Ramsköld, Fong e Strömberg, (1997), fizeram um experimento verificando o efeito térmico do laser de Nd:YAG para estabelecer clinicamente os níveis seguros de energia usados . Verificou que o aumento de temperatura não excedia 6° C a partir da temperatura inicial e o pico das temperaturas não ultrapassou 42,6° C. Além da liberação de calor observou também as propriedades antibacterianas do laser de Nd:YAG, verificando que o crescimento bacteriano realmente diminuiu muito nas condições do experimento com a padronização de energizações com a configuração de 3 W (50 Hz, 60mJ) por 15 segundos dentro do canal radicular, além de diminuir a flora bacteriana intra-radicular em torno de 99,91%. (GUTKNECHT et al., 1996).

A nova tecnologia, apresentada no presente estudo, consegue reunir várias das propriedades discutidas até o momento. O sistema Endox[®], um equipamento fácil de ser utilizado em todos os segmentos do canal radicular, é capaz de através de uma curta fulguração eletrônica de alta intensidade e alta frequência 600 mHz, por um tempo de 1/10 de segundo, vaporizar a polpa que envolve a sonda. No caso de mortificação pulpar esta fulguração permite destruir microrganismos presentes no canal radicular. (HAFFNER et al., 1997).

Ao tomar conhecimento deste tipo de equipamento, a primeira idéia foi emprega-lo nos casos de re-infecções ou lesões refratárias. Porém, como toda literatura existente sobre laser e aparelhos que liberam calor ao ser introduzidos no canal radicular, houve a indagação se este novo equipamento promovia um aquecimento exagerado do dente.

A distinção inicial foi quanto à anatomia das raízes, pois algumas são mais afiladas e outras mais arredondadas, podendo alterar a difusão do calor. Por isso a escolha recaiu sobre caninos cujos ápices são claramente diferentes, afilados e arredondados, permitindo assim o uso de dois tipos radiculares de dentes de um mesmo grupo, possibilitando a mensuração com maior precisão da difusão do calor.

Haffner et al. (1997), fizeram a mesma experiência *in vivo* sendo a aplicação do Endox[®] somente na região periapical e a comparação feita com uma escala gradiente de cores. No presente estudo, *in vitro*, o impulso foi aplicado nos terços radiculares e aferida a difusão do calor por toda a raiz dos caninos.

Observou-se que as raízes afiladas realmente têm em média um maior aumento da temperatura, em torno de 1º C, quando comparadas às raízes arredondadas. Portanto, pela estrutura dentinária mais fina o calor se difunde com maior intensidade independentemente dos terços em que são colocados os termopares do termômetro digital. (MACHADO, 1997).

Ao se aplicar o Teste de Tukey, verifica-se que não há diferenças significantes entre o formato das raízes, arredondadas ou afiladas, independentes dos terços radiculares e dose de radiofrequência.

A dose de radiofrequência varia a intensidade do impulso de frequência, de acordo com a indicação do fabricante. Este aumento sugerido tem a finalidade de, nos dentes com mortificações pulpare e infecção, obter uma condição “estéril”,

permitindo assim uma resolução mais rápida da problemática endodôntica. (HAFFNER et al., 1997; HAFFNER; BENZ; HICKEL, 1999; ROVETA; ARMANINO; DEBBIA, 2004).

A variação da dose da radiofrequência, aumento para 720 KHz, proporciona uma diferença significativa entre as regiões apical e ápice em relação aos terços cervical e médio. Porém não é significativa comparando-se a variação das doses aplicadas, entre si padrão (600 KHz) e com aumento em 20% (720 KHz).

Entre os terços radiculares existem diferenças significantes, há um aumento progressivo da temperatura de cervical para o ápice. Na comparação das variáveis, com interações entre formato, terços radiculares e intensidade de radiofrequência, constata-se diferenças com significância entre elas. Nas raízes afiladas e dose padrão as diferenças são significantes entre terços médio, apical e ápice quando comparadas ao terço cervical. Entre os terços e radiofrequência com 20% de aumento há diferenças significantes. Porém, entre as duas radiofrequências nos mesmos terços essas diferenças não são significantes.

Pelas condições do experimento, *in vitro*, comparando-se as temperaturas iniciais em meio ambiente com as finais, não há aumento excessivo no aquecimento das raízes. O menor valor obtido foi de 5,2° C, nas raízes afiladas com radiofrequência padrão e o maior de 15,4° C no ápice de raízes afiladas com 20% a mais de intensidade de impulso elétrico. O limite máximo das temperaturas alcançadas foi de 38° C na região do ápice de uma das raízes afiladas, portanto abaixo dos limites sugeridos por Eriksson et al., (1982). Este autor assevera que para não causar danos às estruturas vizinhas as temperaturas não podem ultrapassar os 50° C. (MACHADO,1997).

Estas observações resultantes de uma avaliação minuciosa da alteração com aumento da temperatura junto ao cimento radicular em todos os terços da raiz e no seu ápice, ficando dentro dos limites biologicamente compatíveis, permite aplicar o Endox[®] em quaisquer circunstâncias clínicas.

Todavia o sistema de eletrofulguração digital Endox[®] requer muitas pesquisas para verificar seus efeitos sobre os tecidos adjacentes ao dente e sua capacidade efetiva na eliminação de microrganismos. Nesta área, Lendini et al., (2005), avaliaram se a remoção de debris e a camada da smear layer foram efetivas e se as paredes dentinárias do canal radicular estavam limpas depois do uso da eletrofulguração em tecido pulpar vivo. A observação interessante é que realmente a limpeza foi obtida, porém, auxiliada pelo preparo químico mecânico. Tal fato difere do que foi preconizado no início do uso do Endox[®], pois vários autores e o fabricante afirmavam não ser necessária a instrumentação dos canais radiculares, já que somente o impulso elétrico seria suficiente para obter a limpeza e desinfecção. (CASTILLO, 2000; CHAPARRO, 2000; HAFFNER et al., 1997).

Algumas pesquisas feitas *in vivo*, na presença de tecido pulpar, diagnosticado como lesão inflamatória irreversível, com avaliação subjetiva do pós-operatório, resultou um efeito melhor quando comparado ao tratamento convencional. O uso do aparelho Endox[®] para vaporizar a polpa, proporciona a remoção menos traumática e conseqüentemente menor grau de dor pós-tratamento,. (BENZ; SCHWEIER; HICKEL, 2002). Por sua vez Chaparro,(2000) e Castillo, (2000), avaliaram subjetivamente o pós-operatório de pacientes independentemente do diagnóstico, tanto de polpa viva quanto mortificada, e não houve sintomatologia exceto um, quando da mastigação. Houve uma complementação radiográfica para verificar a reparação periapical. Em alguns casos houve aumento do espaço pericementário,

imagem radiolúcida periapical, porém, não há informação se a causa era de lesões pré-existentes ou que se formaram após o tratamento.

O silêncio clínico não dá a resposta exata dos tecidos de sustentação dos dentes em questão. Para verificar a atuação deste aparelho seria interessante fazer pesquisas atuando diretamente em tecido vivo para observar a reação inflamatória tecidual após a vaporização do mesmo nas proximidades da sonda.

Toda nova tecnologia requer vários estudos sobre sua utilização rotineira na clínica odontológica. Um primeiro passo foi a verificação da difusão de calor nas raízes de caninos. Tendo em conta o espectro de variação de aumento de temperatura medida e com o pressuposto que não é suficiente para causar danos ao cimento e ligamento periodontal, justifica-se a continuidade de pesquisas para aplicação de eletrofulguração de acordo com os parâmetros utilizados.

CONCLUSÕES

7 CONCLUSÕES

Nas condições do experimento *in vitro*, frente aos resultados obtidos é lícito concluir que:

- a- a diferença entre as temperaturas iniciais e finais não gerou calor excessivo medido na superfície radicular, sendo o menor valor de 5,2° C no terço cervical de raiz afilada com radiofrequência padrão enquanto o maior valor de 15,4° C ocorre no ápice de raiz afilada com aumento de 20% na radiofrequência;
- b- as diferenças encontradas entre raízes arredondadas e afiladas não são significantes;
- c- há um aumento progressivo das temperaturas médias do terço cervical até o ápice, e as diferenças são estatisticamente significantes independentemente do formato das raízes e da radiofrequência;
- d- nas interações terços, formato radicular e diferentes intensidades de radiofrequência as diferenças estatísticas foram observadas entre ápice e terço médio com os demais terços, sendo que nas raízes afiladas com radiofrequência aumentada em 20% as diferenças são significantes entre todos os seus terços;

e- o espectro de temperatura alcançado, independente do formato radicular e intensidade de frequência, foi de 28 a 38 °C, portanto dentro dos limites toleráveis de reparação óssea; e,

f- em consequência é recomendável utilizar a intensidade de frequência de 600 kHz e 1/10 de segundo.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS¹

Anic I, Tachibana H, Masumoto K, Qi P. Permeability, morphologic and temperature changes of canal dentine walls induced by Nd:YAG, Co2 and argon lasers. *Int Endod J* 1996;29(1):13-22.

Badan M. Oxigenargentoterapia. 2ª ed. Moji-Mirim: Pacini & Piccolimini, 1952.

Benz B, Schweier v, Hickel R. Clinical evaluation of electric disinfection during early stages of endodontic treatment. 80 th General Session of IADR, San Diego Convention Center, 2002

Berger CR . Endodontia Clínica. São Paulo:Pancast Editora; 2002.

Bianchi S, Genova U, Piacentini C, Poggio C. Vaporizzazione della polpa com radio-frequenza. *Dental cadmos* 1998;66(1-3):11-5.

Brunton PA, MacFarlane TV. The effect of an apex locator on exposure to radiation during endodontic therapy. *J Endod* 2002;28(7):524-6.

Castillo M. Desvitalization electronica Endox: la endodoncia del 2000. *Quintessence* 2000;13:512-5.

Chaparro AC. ENDOX: La nueva endodoncia electronica - Experiencia Clínica. *Gaceta dental* 2000. www.gaceta dental.com

Cohen BI, Deutsch AS, Musikant BL. Effect of power settings on temperature change in root surface when using a Holmium YAG laser in enlarging the root canal. *J Endod* 1996;22(11):596-9.

Eriksson A, Albrektsson T, Grane B, McQueen D. Thermal injury to bone. *Int J Oral Surg* 1982;11(2):115-21.

¹ De acordo com Estilo Vancouver. Abreviatura de periódicos segundo base de dados MEDLINE.

Grossman LI, Meiman BW. Solution of pulp tissue by chemical agents. J Am Dent Assoc 1941;28:223-5.

Grossman LI. Irrigation of root canals. J Am Dent Assoc 1943;30:1915-7.

Grossman LI. Irritating potentialities of root canal medicaments. Am J Orthod Oral Surg 1944;30:564-6.

Grossman LI. Prática endodôntica. 3ª ed. Buenos Aires: Editorial Mundi SAIC; 1973.

Gutknecht N, Moritz A, Conrads G, Sievert, T, Lampert F. Bactericidal effects of the Nd:YAG laser in *in vitro* root canals. J Clin Lasers Med Surg 1996;14(2):77-80.

Haffner C, Benz C, Kremers L, Diebold J, Folwaczny M, Mehl A, et al. Das Endox – Endodontiesystem. ZWR 1997;106(12):764-7.

Haffner C, Benz C, Hickel R. Das Endox- Endodontiesystem. ZWR 1999;108(11):670-4.

Hyder CM. Endodontic electrodesiccation. Dental Survey 1960;36:1019-21.

Lendini M, Alemanno E, Migliaretti G, Berutti E. The effect of high-frequency electrical pulses on organic tissue in root canals. Int Endod J 2005;38(8):531-8.

Lussi A, Eth DC, Portmann P, Nussbächer U, Imwinkelried S, Grosrey J. Comparison of two devices for root canal cleansing by the noninstrumentation technology. J Endod 1999;25(1):9-13.

Machado MLBBL. Avaliação *in vitro* da temperatura desenvolvida pelas brocas de Gates-Glidden, Largo e Largo modificada durante o preparo químico cirúrgico de canais radiculares [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 1997.

McDonald NJ. The electronic determination of working length. Dent Clin North Am 1992;36(2):293-306.

Meares WA, Steiman HR. The influence of sodium hypochlorite irrigation on the accuracy of the root ZX electronic apex locator. J Endod 2002;28(8):595-8.

NG RPY. Sterilization in root canal treatment: current advances. Hong Kong Dent J 2004;1(2):52-7.

Ogus WI. Desiccation and sterilization of root canals by electrosurgery. Dental Digest. 1946;52 (4):190-5.

Oringer MJ. Fundamentals of electrosurgery. J Oral Surg 1960;18:39-49.

Paiva JG, Antoniazzi JH. O uso de uma associação de peróxido de uréia e detergente (Tween 80) no preparo químico mecânico dos canais radiculares. Rev Assoc Paul Cirur Dent 1973;27(ed.extra):410-5.

Paiva, JG, Antoniazzi JH. Endodontia – Bases para a prática clínica. 2ª ed. São Paulo: Editora Artes Medicas; 1991.

Prinz H. Electro-sterilization of root canals. Dental Cosmos 1917;59(4):373-94.

Ramsköld LO, Fong CD, Strömberg T. Thermal effects and antibacterial properties of energy levels required to sterilize stained root canals with an Nd:YAG laser. J Endod 1997;23(2):96-100.

Roveta S, Armanino R, Debbia, EA . Valutazione in vitro dell'effetto battericida dell' Endox® su vari patogeni. Congr. Naz SIMMOC abstr 24. Genova, 2004.

Stewart, GG, Cobe HM, Rappaport H. A study of a new medicament in the chemomechanical preparation of infected root canals. J Amer dent Assoc 1961;63:33-7.

Stewart GG, Kapsimalas P, Rappaport H. Edta and urea peroxide for root canal preparation. J Am Dent Assoc 1969;78:335-8.

Synott BE, Scher EA, Keith JE. Some clinical applications of a high frequency current in dental practice. Irish dental Review 1959;28:75-85.

Weiger R, John C, Löst C. An *in vitro* comparison of two modern apex locators. J Endod 1999; 25(11):765-8.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Temperatura em °C nos terços de raízes arredondadas variando a intensidade de radiofrequência

Grupos	Terços Raízes	Cervical	Médio	Apical	Ápice	Temperatura inicial
I Padrão = 600 kHz	1	33,5	34,2	35,1	35,4	22,5
	2	35,1	35,4	36,1	36,3	23,1
	3	32,9	33,2	34,1	34,6	22,9
	4	29,9	29,7	31,2	33,0	21,8
	5	30,2	31,3	32,2	33,4	21,1
	6	31,6	32,3	33,0	33,5	22,7
	7	29,7	30,2	31,3	31,4	21,6
	8	28,9	31,0	32,0	32,5	20,9
	9	31,2	32,5	32,0	32,6	22,3
	10	29,8	30,4	31,0	31,6	20,2
II Padrão + 20% = 720 kHz	1	28,5	29,2	30,5	31,5	19,8
	2	30,6	31,4	32,5	32,5	18,9
	3	29,6	29,9	31,2	31,6	20,1
	4	30,3	31,4	32,6	32,8	20,6
	5	32,6	33,2	34,0	34,6	21,5
	6	29,7	30,1	31,2	33,4	20,3
	7	31,4	30,6	31,7	32,5	22,5
	8	28,6	29,5	30,7	32,1	20,7
	9	29,4	30,1	30,8	31,0	20,5
	10	31,0	31,6	32,2	33,5	21,2

APÊNDICE B - Temperatura em °C nos terços de raízes afiladas variando a intensidade de radiofrequência

Grupos	Terços Raízes	Cervical	Médio	Apical	Ápice	Temperatura inicial
III Padrão = 600 kHz	1	35,2	36,1	37,2	37,2	22,1
	2	33,1	34,5	35,1	35,0	19,8
	3	37,0	37,5	36,2	38,0	23,8
	4	33,5	35,7	36,2	35,8	21,9
	5	31,2	32,7	33,0	33,1	20,5
	6	31,4	32,5	32,8	34,1	21,5
	7	32,1	33,2	33,8	33,0	22,2
	8	28,3	29,5	31,4	33,5	23,1
	9	28,5	29,0	29,0	30,5	22,8
	10	30,4	30,6	30,5	31,7	21,2
IV Padrão + 20% = 720 kHz	1	33,2	34,5	35,5	36,1	21,8
	2	30,5	31,6	32,5	34,1	20,9
	3	29,6	29,9	31,4	32,6	21,2
	4	28,5	28,7	30,2	31,3	19,9
	5	32,1	33,5	34,1	35,6	21,1
	6	31,2	32,8	33,1	34,3	23,1
	7	29,3	32,1	34,3	36,2	20,8
	8	32,5	32,3	35,6	37,0	22,1
	9	33,6	34,1	35,4	35,6	22,5
	10	30,5	31,4	31,8	32,3	21,7

APÊNDICE C - Diferenças entre as temperaturas iniciais e finais nos terços radiculares de raízes arredondadas

Grupos	Raízes	Temperatura durante impulso elétrico			
		Terços			
		Cervical	Médio	Apical	Ápice
I	1	11,0	11,7	12,6	12,9
	2	12,0	12,3	13,0	13,2
	3	10,0	10,3	11,2	11,7
	4	8,1	7,9	9,4	11,2
	5	9,1	10,2	11,1	12,3
	6	8,9	9,6	10,3	10,8
	7	8,1	8,6	9,7	9,8
	8	8,0	10,1	11,1	11,6
	9	8,9	10,2	9,7	10,3
	10	9,6	10,2	10,8	11,4
II	1	8,7	9,4	10,7	11,7
	2	11,7	12,5	13,6	13,6
	3	9,5	9,8	11,1	11,5
	4	9,7	10,8	12,0	12,2
	5	11,1	11,7	12,5	13,1
	6	9,4	9,8	10,9	13,1
	7	8,9	8,1	9,2	10,0
	8	7,9	8,8	10,0	11,4
	9	8,9	9,6	10,3	10,5
	10	9,8	10,4	11,0	12,3

APÊNDICE D - Diferenças entre as temperaturas iniciais e finais nos terços radiculares de raízes afiladas

Grupos	Raízes	Temperatura durante impulso elétrico			
		Terços			
		Cervical	Médio	Apical	Ápice
III	1	13,1	14,0	15,1	15,1
	2	13,3	14,7	15,3	15,2
	3	13,2	13,7	12,4	14,2
	4	11,6	13,8	14,3	13,9
	5	10,7	12,2	12,5	12,6
	6	9,9	11,0	11,3	12,6
	7	9,9	11,0	11,6	10,8
	8	5,2	6,4	8,3	10,4
	9	5,7	6,2	6,2	7,7
	10	9,2	9,4	9,3	10,5
IV	1	11,4	12,7	13,7	14,3
	2	9,6	10,7	11,6	13,2
	3	8,4	8,7	10,2	11,4
	4	8,6	8,8	10,3	11,4
	5	11,0	12,4	13,0	14,5
	6	8,1	9,7	10,0	11,2
	7	8,5	11,3	13,5	15,4
	8	10,4	10,2	13,5	14,9
	9	11,1	11,6	12,9	13,1
	10	8,8	9,7	10,1	10,6

APÊNDICE E - Teste de aderência à curva normal da amostra completa (valores originais das diferenças)

A. Freqüências por intervalos de classe:

Intervalos de classe :	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal :	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental :	3,75	0,63	24,38	41,25	23,13	6,88	0,00

B. Cálculo do Qui quadrado:

Interpretação

Graus de liberdade :	4	A distribuição amostral testada é normal
Valor do Qui quadrado :	4,72	
Probabilidade de Ho :	31,7200 %	

APÊNDICE F – Parâmetros amostrais

1. Terço cervical - ápice arredondado - dose Padrão

Parâmetros amostrais	
Soma dos dados	93,7000
Número de dados	10,0000
Soma de quadrados	893,6101
Termo de correção	877,9689
Variação total	15,6412
Graus de liberdade	9,0000
<hr/>	
Média da amostra	9,3700
Variância da amostra	1,7379
Desvio padrão da amostra	1,3183
Erro padrão da média	0,4169

2. Terço cervical - ápice arredondado - dose Padrão + 20%

Parâmetros amostrais	
Soma dos dados	95,6000
Número de dados	10,0000
Soma de quadrados	925,3600
Termo de correção	913,9361
Variação total	11,4239
Graus de liberdade	9,0000
<hr/>	
Média da amostra	9,5600
Variância da amostra	1,2693
Desvio padrão da amostra	1,1266
Erro padrão da média	0,3563

3. Terço cervical – ápice afilado - dose Padrão

Parâmetros amostrais	
Soma dos dados	101,8000
Número de dados	10,0000
Soma de quadrados	1111,9801
Termo de correção	1036,3239
Variação total	75,6563
Graus de liberdade	9,0000
<hr/>	
Média da amostra	10,1800
Variância da amostra	8,4063
Desvio padrão da amostra	2,8994
Erro padrão da média	0,9169

4. Terço cervical – ápice afilado - dose Padrão + 20%

Parâmetros amostrais	
Soma dos dados	95,9000
Número de dados	10,0000
Soma de quadrados	934,3100
Termo de correção	919,6810
Variação total	14,6290
Graus de liberdade	9,0000
<hr/>	
Média da amostra	9,5900
Variância da amostra	1,6254
Desvio padrão da amostra	1,2749
Erro padrão da média	0,4032

5. Terço médio – ápice arredondado - dose Padrão

Parâmetros amostrais	
Soma dos dados	101,1000
Número de dados	10,0000
Soma de quadrados	1036,9301
Termo de correção	1022,1208
Variação total	14,8093
Graus de liberdade	9,0000
<hr/>	
Média da amostra	10,1100
Variância da amostra	1,6455
Desvio padrão da amostra	1,2828
Erro padrão da média	0,4056

6. Terço médio - ápice arredondado com dose Padrão + 20%

Parâmetros amostrais	
Soma dos dados	100,9000
Número de dados	10,0000
Soma de quadrados	1033,5900
Termo de correção	1018,0811
Variação total	15,5089
Graus de liberdade	9,0000
<hr/>	
Média da amostra	10,0900
Variância da amostra	1,7232
Desvio padrão da amostra	1,3127
Erro padrão da média	0,4151

7. Terço médio – ápice afilado - dose Padrão

Parâmetros amostrais	
Soma dos dados	112,4000
Número de dados	10,0000
Soma de quadrados	1348,8198
Termo de correção	1263,3760
Variação total	85,4438
Graus de liberdade	9,0000
<hr/>	
Média da amostra	11,2400
Variância da amostra	9,4938
Desvio padrão da amostra	3,0812
Erro padrão da média	0,9744

8. Terço médio - ápice afilado - dose Padrão + 20%

Parâmetros amostrais	
Soma dos dados	105,8000
Número de dados	10,0000
Soma de quadrados	1137,1399
Termo de correção	1119,3638
Variação total	17,7761
Graus de liberdade	9,0000
<hr/>	
Média da amostra	10,5800
Variância da amostra	1,9751
Desvio padrão da amostra	1,4054
Erro padrão da média	0,4444

9. Terço apical – ápice arredondado - dose Padrão

Parâmetros amostrais	
Soma dos dados	108,9000
Número de dados	10, 0000
Soma de quadrados	1198,8900
Termo de correção	1185,9209
Variação total	12,9691
Graus de liberdade	9,0000
<hr/>	
Média da amostra	10,8900
Variância da amostra	1,4410
Desvio padrão da amostra	1,2004
Erro padrão da média	0,3796

10. Terço apical – ápice arredondado - dose Padrão + 20%

Parâmetros amostrais	
Soma dos dados	111,3000
Número de dados	10,0000
Soma de quadrados	1253,4501
Termo de correção	1238,7690
Variação total	14,6810
Graus de liberdade	9,0000
<hr/>	
Média da amostra	11,1300
Variância da amostra	1,6312
Desvio padrão da amostra	1,2772
Erro padrão da média	0,4039

11. Terço apical - ápice afilado - dose Padrão

Parâmetros amostrais	
Soma dos dados	116,3000
Número de dados	10,000
Soma de quadrados	1432,6700
Termo de correção	1352,5692
Variação total	80,1008
Graus de liberdade	9,0000
<hr/>	
Média da amostra	11,6300
Variância da amostra	8,9001
Desvio padrão da amostra	2,9833
Erro padrão da média	0,9434

12. Terço apical - ápice afilado - dose Padrão + 20%

Parâmetros amostrais	
Soma dos dados	118,8000
Número de dados	10,0000
Soma de quadrados	1434,3000
Termo de correção	1411,3441
Variação total	22,9559
Graus de liberdade	9,0000
<hr/>	
Média da amostra	11,8800
Variância da amostra	2,5507
Desvio padrão da amostra	1,5971
Erro padrão da média	0,5050

13. Ápice arredondado - dose Padrão

Parâmetros amostrais	
Soma dos dados	115,2000
Número de dados	10,0000
Soma de quadrados	1337,5599
Termo de correção	1327,1041
Variação total	10,4558
Graus de liberdade	9,0000
<hr/>	
Média da amostra	11,5200
Variância da amostra	1,1618
Desvio padrão da amostra	1,0778
Erro padrão da média	0,3408

14. Ápice arredondado - dose Padrão + 20%

Parâmetros amostrais	
Soma dos dados	119,4000
Número de dados	10,0000
Soma de quadrados	1437,6599
Termo de correção	1425,6360
Variação total	12,0239
Graus de liberdade	9,0000
<hr/>	
Média da amostra	11,9400
Variância da amostra	1,3360
Desvio padrão da amostra	1,1559
Erro padrão da média	0,3655

15. Ápice afilado com dose Padrão

Parâmetros amostrais	
Soma dos dados	123,0000
Número de dados	10,0000
Soma de quadrados	1565,7600
Termo de correção	1512,9000
Variação total	52,8600
Graus de liberdade	9,0000
<hr/>	
Média da amostra	12,3000
Variância da amostra	5,8733
Desvio padrão da amostra	2,4235
Erro padrão da média	0,7664

16. Ápice afilado com dose Padrão + 20%

Parâmetros amostrais	
Soma dos dados	130,0000
Número de dados	10,0000
Soma de quadrados	1717,4800
Termo de correção	1690,0000
Variação total	27,4800
Graus de liberdade	9,0000
<hr/>	
Média da amostra	13,0000
Variância da amostra	3,0533
Desvio padrão da amostra	1,7474
Erro padrão da média	0,5526

APÊNDICE G - Teste de Tukey para o fator de variação formato das raízes e intensidade de radiofrequência.

Fatores de variação	Resultados
Resíduo na análise de variância :	12,3325
Nível de probabilidade indicado :	5 %
Número de dados da amostra :	160
Número de médias comparadas :	4
Número de dados para cada média :	40
Graus de liberdade do resíduo :	36
Valor de q tabelado, (ao nível de 5%), para 4 médias e 36 graus de liberdade :	3,814
Valor crítico de Tukey 5% calculado :	2,11777

Teste de Tukey para o fator de variação terços radiculares

Fatores de variação	Resultados
Resíduo na análise de variância :	0,374399
Nível de probabilidade indicado :	5 %
Número de dados da amostra :	160
Número de médias comparadas :	4
Número de dados para cada média :	40
Graus de liberdade do resíduo :	108
Valor de q tabelado, (ao nível de 5%), para 4 médias e 108 graus de liberdade :	3,692
Valor crítico de Tukey 5% calculado :	0,35719

Teste de Tukey para o fator de variação interações terços, formato radicular e intensidade de radiofrequência

Fatores de variação	Resultados
Resíduo na análise de variância :	0,374399
Nível de probabilidade indicado :	5 %
Número de dados da amostra :	160
Número de médias comparadas :	16
Número de dados para cada média :	10
Graus de liberdade do resíduo :	108
Valor de q tabelado, (ao nível de 5%), para 16 médias e 108 graus de liberdade :	4,972
Valor crítico de Tukey 5% calculado :	0,96205