UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

TATIANA SANTOS ASSUMPÇÃO

**Avaliação das foraminas de dentes ântero-superiores em ápices
radiculares com e sem apicetomia**

BAURU

2009

TATIANA SANTOS ASSUMPÇÃO

**Avaliação das foraminas de dentes ântero-superiores em ápices radiculares
com e sem apicetomia**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Área de concentração: Endodontia
Orientador: Prof. Dr. Clovis Monteiro Bramante

BAURU

2009

Assumpção, Tatiana Santos

As79a Avaliação das foraminas de dentes ântero-
superiores em ápices radiculares com e sem apicetomia/
Tatiana Santos Assumpção -- Bauru, 2009.
144 p.: il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Odontologia de
Bauru. Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Clovis Monteiro Bramante

**Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e
científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação,
por processos fotocopiadores e outros meios eletrônicos.**

Assinatura do autor: _____

Data: ____/____/____

Comitê de Ética da FOB – USP
Protocolo nº: 077/2008
Data: 25 de junho de 2008

DADOS CURRICULARES

Tatiana Santos Assumpção

Nascimento	13 de fevereiro de 1981 Cascavel – PR
Filiação	Nivaldo Assumpção Maria de Fátima Santos Assumpção
1999-2003	Graduação em Odontologia na Universidade Estadual do Oeste do Paraná / UNIOESTE Cascavel – PR
2004-2005	Curso de Especialização em Endodontia na Universidade Estadual do Oeste do Paraná / UNIOESTE Cascavel – PR
2007-2009	Curso de Pós-Graduação em Endodontia, nível de mestrado, na Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo/ FOB - USP

Dedicatória

Dedicatória

A ***Deus***, que está presente em todos os dias de minha vida, orienta meus passos e permite que eu sempre tenha tanto a agradecer e tão pouco a pedir. Agradeço por minha vida ser abençoada!

Aos meus pais, ***Nivaldo e Fátima***, que, ao longo de toda minha vida, demonstraram que o amor não tem limites, um amor único e incondicional! Agradeço pelo grande exemplo de caráter, de fé, humanidade e responsabilidade, que fizeram de mim o que sou. Agradeço todos os esforços para que os meus sonhos e os da minha irmã se realizassem. Vocês são meus melhores amigos, onde sempre eu procuro um ombro para chorar ou um abraço para comemorar. Obrigada por terem me proporcionado tantas oportunidades na vida. Para mim não há prêmio maior do que o reconhecimento de vocês dois. Este trabalho é, também, de vocês, pois sem vocês eu não teria chegado até aqui.

A minha querida irmã, ***Cássia***, por ser essa pessoa especial na minha vida, sempre apoiando, torcendo, ajudando e compartilhando minhas conquistas. Obrigada pela ajuda no AutoCAD!

Amo muito vocês!

A vocês dedico esse trabalho realizado com muito amor e satisfação.

“Basta um instante para forjar um herói, mas é preciso uma vida inteira para fazer um homem de bem.” (P. Brulat)

Agradecimentos

Agradecimentos

“O Agradecimento é a memória do coração!”

Lao-Tsé

Aos meus avós paternos e maternos, pela família maravilhosa que construíram, pelos ensinamentos, pelo grande amor sempre dedicado à família. Em especial, à **vó Tica**, que, desde minha infância, sonhava comigo que eu estudasse odontologia em Bauru. A senhora partiu pouco antes, mas sei que, ao lado do Papai do Céu, está orgulhosa de minha conquista.

Muito obrigada por tudo. Amo vocês!

Aos meus tios, **Glauco e Dilza**, por me acolherem, me darem carinho, e toda assistência que precisei. Vocês amenizaram a falta que minha família fez. Agradeço também a oportunidade de conviver com duas jóias raras, a **Laura e a Bia**.

E a toda minha família, tios e tias, primos e primas, que estiveram sempre torcendo por mim. Agradeço todo amor e carinho.

Ao meu namorado, **Renato**, pela compreensão por minha constante ausência, pois sem o seu amor e carinho tudo seria mais difícil. Amo-te! *“A saudade é a nossa alma dizendo para onde ela quer voltar”* (Rubem Alves).

Sou grata, também, à família dele, pela força, incentivo e por todo o carinho que sempre recebi.

*“A vida é cheia de possibilidades que nos desafiam dia a dia;
Aproveitar uma chance, uma oportunidade concedida, conhecer algo novo;
É, por meio desses momentos especiais que aprendemos a mudar,
a crescer e agradecer”*

Ao meu professor e orientador ***Dr. Clovis Monteiro Bramante***, pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado na Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, tendo-o como meu orientador. Por todos os ensinamentos transmitidos e, sobretudo, pela orientação, a qual me proporcionou crescimento científico. Pelo seu grande exemplo de dedicação, conhecimento e competência no desenvolvimento da Endodontia e da pesquisa científica, incentivando a nós, seus alunos, a refletir, a questionar e a ter senso crítico dentro desse universo da ciência. O seu amor e sua dedicação à Endodontia são exemplos para mim, para o resto de minha vida.

Receba, pois, a minha mais profunda gratidão e admiração!

Aos professores da disciplina de Endodontia da Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, doutores ***Ivaldo Gomes de Moraes, Roberto Brandão Garcia e Norberti Bernadineli***, pelos conhecimentos adquiridos, pela oportunidade de crescer profissionalmente e pessoalmente, e por todo o respeito e consideração com os quais sempre me trataram. Muito obrigada!

Aos meus professores de Endodontia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Professor Dr. Christian Giampietro Brandão, Professor Satio Inagaki, Professor Eduardo Tanaka de Castro e Professor José Neto da Costa*, pelos ensinamentos transmitidos durante a Graduação e a Especialização. Muito mais que professores, vocês foram - e ainda são - inspiradores da minha paixão à Endodontia, são referência a ser seguida, são amigos sempre dispostos a ajudar, e me deram muitas oportunidades de crescimento profissional e pessoal. Muito obrigada pela amizade e confiança depositada em mim! Vocês também são responsáveis por esta conquista!

A minha colega *Lucila Piasecki*, sempre solícita nos momentos em que precisei de sua ajuda. Sem você, não teria conseguido administrar o meu tempo para poder ir em busca dos meus sonhos.

Aos colegas de mestrado, *Ericson, Fabiana, Marcela, Melina, Paulo, Ronald, Rodrigo e Ronald*, pela grande amizade e ajuda; por compartilharem conhecimentos e alegrias durante essa caminhada. Em especial, a amiga *Natasha*, que, no decorrer do Curso, ajudou-me com muito carinho. Você fez esta caminhada realmente se tornar mais fácil. Agradeço - por tudo - de coração. Juntos, crescemos, na busca de um ideal. *Muito obrigada a todos!*

Aos colegas do doutorado, *Augusto, Fernando, Livia, Bethania e Ronan* pela amizade e ajuda durante o mestrado.

Aos colegas de pós-graduação - Flávia, Juliane, Michelli, Cris, Carla, Núria, Camila, Wagner - e a tantos outros colegas, pela companhia nos momentos de solidão ou, ainda, pelos auxílios prestados ao longo dessa caminhada.

AS minhas *amigas de Cascavel*, pela amizade de tantos anos, por sempre me incentivarem e torcerem por mim. Com vocês, encontrei uma amizade para vida inteira!

Ao *Edimauro de Andrade*, pelo brilhante trabalho na confecção das imagens no microscópio eletrônico de varredura, bem como pela disponibilidade e eficiência prestadas a este trabalho.

Aos demais funcionários do departamento de Endodontia - *D. Neide, Suely, Patrícia e Cleide* - pela convivência harmoniosa e pela disposição em ajudar durante todo esse tempo.

Muito obrigada a todos!

Agradecimentos Institucionais

À Faculdade de Odontologia de Bauru, da Universidade de São Paulo, na pessoa do Diretor, *Prof. Dr. Luiz Fernando Pegoraro*, e em especial à Disciplina de Endodontia desta faculdade.

À Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Odontologia de Bauru, na pessoa da Presidente, *Profª Drª Maria Aparecida de Andrade Moreira Machado*.

Ao setor de Biblioteca e Documentação da FOB-USP por todo apoio e presteza durante a elaboração desta pesquisa.

Ao *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq* - pelo apoio financeiro fornecido para a elaboração e concretização deste estudo.

Agradeço a todas as pessoas que, mesmo não citadas aqui, contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos! *Uma palavra de apoio, um pequeno incentivo, muitas vezes valem mais do que se imagina.*

*“O que importa na vida não é o
ponto de partida, mas a caminhada.
Caminhando e semeando, no fim
terás o que colher.”
(Cora Coralina)*

Resumo

RESUMO

A finalidade da apicetomia é eliminar as ramificações do sistema de canais radiculares, assim como dar acesso ao canal radicular e estabelecer um selamento apical. Este estudo avaliou, *ex vivo*, a topografia da região apical de dentes ântero-superiores e a influência da extensão da apicetomia na eliminação das foraminas acessórias. Foram selecionados cinquenta dentes, inicialmente analisados no microscópio clínico (MC), em aumento de 32 vezes. Foi observada e registrada a quantidade de foraminas. Em seguida, as raízes foram preparadas para o exame no microscópio eletrônico de varredura (MEV), em um aumento de 35 vezes. Pelas fotomicrografias obtidas, foram avaliados e mensurados o formato, o diâmetro, a localização e a distância do forame apical e foraminas acessórias ao ápice anatômico. Também foi registrado o número de foraminas acessórias existente e comparada a detecção dessas entre o MC e o MEV. Após o primeiro exame, as raízes foram seccionadas a 1 mm do ápice anatômico, em um ângulo de 90°, em máquina de corte, em baixa velocidade e irrigação contínua. Os espécimes passaram novamente pelo preparo para a avaliação em MEV e levados para sua segunda análise. Nesta etapa, foi observada a quantidade de foraminas remanescentes na região mais apical do segmento. O procedimento foi repetido com a secção da raiz a 2 e 3 mm do ápice. Realizou-se uma análise descritiva e o cálculo da porcentagem de eliminação das foraminas em cada milímetro seccionado. A posição cêntrica do forame apical foi a mais frequente nos incisivos, e nos caninos foi a posição distovestibular. A média da distância do forame principal ao ápice anatômico foi 0,85 mm. A média do maior e menor diâmetro do forame apical foi 0,38 e 0,29 mm. O formato do forame apical mais prevalente foi o oval, enquanto que nas foraminas acessórias foi o circular. As foraminas acessórias foram mais frequentes nos caninos. Todas localizaram-se até 1,5 mm do ápice anatômico e a média do menor e maior diâmetro variou entre 0,06 mm e 0,17 mm. A apicetomia a 1 mm foi suficiente para a eliminação de 100% das foraminas acessórias nos incisivos centrais, enquanto nos incisivos laterais e caninos foi a extensão de 3 mm. O uso do microscópio clínico foi capaz de identificar 77% dos forames e foraminas presentes.

Palavras-chave: Endodontia. Anatomia. Ápice dentário. Apicectomia.

Abstract

ABSTRACT

Evaluation of apical anatomy in maxillary anterior root apices with or without apicoectomy

The aim of apical surgery is to remove the root canal system ramifications, to access to the root canal and place an apical seal. This *ex vivo* study evaluated the root apex topography of maxillary anterior teeth. The influence of the root end resection level to remove the accessory foramina was also assessed. Fifty maxillary anterior teeth were evaluated using an operating microscope (OM), at a magnification of 32x and the number of apical foraminal opening was recorded. Then, the roots were prepared for scanning electron microscope analyses (SEM), at a magnification of 35x. The shape, diameter, location and distance between the apical foramen and anatomical apex were evaluated in the photomicrographs. The number of accessory foramina was investigated using both OM and SEM, and these analyses were compared. After this procedure, the root apices were sectioned using an Isomet saw at the lowest speed setting and continuous water at 1 mm from the anatomical apex with 0° bevel. The specimens were prepared for SEM evaluation. In this stage, the number of extra foramina in the apical segment were registered. This procedure was repeated at the 2 and 3 mm level and the percentage of root canal ramifications removal was tabulated. The central position of major apical foramen was found in the incisor group and the distobuccal position was found in the canine group. The mean of the distance between apical foramen and anatomical apex were 0,85 mm. The mean of the narrow and wide apical foramen diameters was 0,38 and 0,29 mm. The most common foramen shape was oval, whilst in the accessory foramina was round. The highest frequency of accessory foramina was observed in the canine group. All the accessory foramina were located until 1,5 mm from anatomical apex and the mean of the narrow and wide diameters were between 0,06 and 0,17 mm. The operating microscope was able to identify 77% of the existing foramina. The apicoectomy was capable to remove 100% of existing accessory foramina of the central incisors at the 1 mm level, whilst in the lateral incisors and canines was necessary a 3 mm level.

Keywords: Endodontics. Anatomy. Tooth apex. Apicoectomy.

Lista de Figuras

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Corte da porção radicular a ser analisada.....	84
Figura 2 -	Aparelho metalizador.....	86
Figura 3 -	Espécime metalizado.....	86
Figura 4 -	Microscópio Eletrônico de Varredura.....	86
Figura 5 -	Distância dos forames no ápice anatômico e medidas do diâmetro dos forames.....	87
Figura 6 -	Máquina de corte.....	88
Figura 7 -	Secção apical do espécime	88
Figura 8 -	Representação gráfica da espessura do segmento apical seccionado.....	88
Figura 9 -	Fluxograma representativo das etapas de corte e análise em MEV.....	89
Figura 10 -	Fotomicrografia da região apical do canino (aumento 35x). Forame apical parcialmente obliterado por cimento.....	103
Figura 11 -	Fotomicrografia da secção apical a 1 mm do ápice anatômico (aumento 35x).....	103
Figura 12 -	Fotomicrografia da secção apical a 2 mm do ápice anatômico (aumento 35x).....	103
Figura 13 -	Fotomicrografia da secção apical a 3 mm do ápice anatômico (aumento 35x).....	103
Figura 14 -	Fotomicrografia da região apical do incisivo central (aumento 35x).....	104
Figura 15 -	Fotomicrografia da secção apical a 1 mm do ápice anatômico (aumento 35x).....	104

Figura 16 - Fotomicrografia da secção apical a 2 mm do ápice anatômico (aumento 35x).....	104
Figura 17 - Fotomicrografia da secção apical a 3 mm do ápice anatômico (aumento 35x).....	104

Lista de Tabelas

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Orientação topográfica do forame apical principal.....	93
Tabela 2 -	Distribuição de dentes com forame apical único e distribuição da quantidade de foraminas acessórias.....	94
Tabela 3 -	Distância (em milímetros) do forame apical ao ápice anatômico.....	95
Tabela 4 -	Distância (em milímetros) das foraminas acessórias ao ápice anatômico.....	95
Tabela 5 -	Diâmetro (em milímetros) do forame principal.....	96
Tabela 6 -	Diâmetro (em milímetros) das foraminas acessórias.....	96
Tabela 7 -	Formato do contorno periférico do forame principal.....	97
Tabela 8 -	Formato do contorno periférico das foraminas acessórias.....	97
Tabela 9 -	Quantidade de forames e foraminas encontradas com microscópio operatório e microscópio eletrônico de varredura.....	98
Tabela 10 -	Quantidade de forames e foraminas acessórias presentes no ápice radicular e em diferentes níveis de corte em incisivos centrais superiores.....	99
Tabela 11 -	Quantidade de forames e foraminas acessórias presentes no ápice radicular e em diferentes níveis de corte em incisivos laterais superiores.....	100
Tabela 12 -	Quantidade de forames e foraminas acessórias presentes no ápice radicular e em diferentes níveis de corte em caninos superiores.....	101
Tabela 13 -	Porcentagem dos espécimes livres de ramificações nos 3 mm apicais.....	102

Lista de Símbolos e Abreviaturas

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AAE	Associação Americana de Endodontia
EDTA	Ácido Etileno Diamino Tetracético
EBA	Etoxibenzoic Acid
ISO	International Standards Organization
MC	microscópio clínico
MEV	microscópio eletrônico de varredura
MTA	Mineral Trioxide Aggregate
OM	operating microscope
SEM	scanning electron microscope
USP	Universidade de São Paulo
%	por cento
#	número
°	graus
cm	centímetro
mm	milímetro
µm	micrômetro
>	maior que
≤	menor que ou igual
X	vezes
rpm	rotação por minuto
DP	desvio padrão
±	mais ou menos

Sumário

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	50
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	55
2.1	ANATOMIA.....	57
2.2	TERMINOLOGIA.....	64
2.3	IMPLICAÇÕES DAS RAMIFICAÇÕES DO CANAL PRINCIPAL.....	65
2.4	EXTENSÃO DA APICETOMIA.....	69
3	PROPOSIÇÃO.....	77
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	81
4.1	ATENDIMENTO ÀS NORMAS DE BIOÉTICA.....	83
4.2	SELEÇÃO DA AMOSTRA.....	83
4.3	PREPARO DA AMOSTRA.....	83
4.4	ANÁLISE MICROSCÓPICA.....	84
4.4.1	Microscopia Clínica.....	84
4.4.2	Microscopia Eletrônica de Varredura.....	85
4.4.2.1	Preparo dos Espécimes para Análise no MEV.....	85
4.4.2.2	Análise em Microscopia Eletrônica de Varredura.....	85
5	RESULTADOS.....	91
5.1	ANATOMIA.....	93
5.2	MICROSCOPIA CLÍNICA X MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA.....	98
5.3	INFLUÊNCIA DO CORTE NA ELIMINAÇÃO DAS FORAMINAS ACESSÓRIAS.....	98
6	DISCUSSÃO.....	105
6.1	ANATOMIA.....	107
6.1.1	Localização do Forame Principal.....	109
6.1.2	Presença de Foraminas Acessórias.....	111
6.1.3	Distância do Forame Principal e Foraminas Acessórias ao Ápice Anatômico.....	113
6.1.4	Diâmetro do Forame Principal e Foraminas Acessórias	115
6.1.5	Formato do Contorno Periférico do Forame Principal e Foraminas Acessórias.....	117
6.2	MICROSCOPIA CLÍNICA X MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA.....	118
6.3	INFLUÊNCIA DA APICETOMIA NA ELIMINAÇÃO DAS FORAMINAS ACESSÓRIAS.....	119
7	CONCLUSÕES.....	129
	REFERÊNCIAS.....	133

1 Introdução

1 INTRODUÇÃO

A necessidade por um conhecimento completo e exato da topografia da anatomia dental tem sido reconhecida desde o início do século passado. A anatomia interna, obviamente, é a fundação da arte e ciência do reparo após um tratamento endodôntico (KUTTLER, 1955), e isto a torna tão indispensável quanto o diagnóstico e planejamento antes do início do procedimento clínico. Muita atenção é voltada para o terço apical do sistema de canais radiculares, pois algumas particularidades são de grande importância na Endodontia, como a posição do forame apical, pois este ponto é a porta de comunicação do sistema de canais radiculares para a região periapical (TEO; CHAN; LOH, 1988). Além disso, esta região é considerada uma zona crítica pela sua complexa anatomia (SIMON, 1994), podendo apresentar canais secundários, acessórios e laterais, istmos, intercanais, canais recorrentes ou deltas apicais, espaços estes que podem abrigar bactérias viáveis, seus subprodutos e endotoxinas.

Uma dificuldade inerente ao tratamento endodôntico está no fato de que estas variações anatômicas não são clinicamente ou radiograficamente possíveis de serem localizadas ou determinadas com precisão.

Embora exista uma controvérsia sobre o que é mais efetivo, se o preparo biomecânico ou a obturação do sistema de canais radiculares, é consenso que uma lesão periapical se desenvolve quando toxinas e bactérias do canal radicular alcançam o periápice. Essa lesão regredirá quando todo o sistema de canais radiculares estiver completamente limpo e selado (KIM; PECORA; RUBINSTEIN, 2001; ORSTAVIK; PITT FORD, 2004).

No entanto, dentes já tratados endodonticamente podem apresentar periodontite apical assintomática persistente. Estudos mostram que a maioria destes dentes apresenta uma infecção sustentada por bactérias na porção apical do complexo sistema de canais radiculares. Os agentes infecciosos estão mais localizados em áreas não instrumentadas dentro do sistema de canais radiculares, como istmos, canais laterais e acessórios (WADA et al., 1998; NAIR et al., 2005; NAIR, 2006; SIQUEIRA; ROCAS, 2008). Sendo assim, o profissional tem seu conhecimento da anatomia do sistema de canais radiculares testado toda vez que

realiza uma inspeção da região apical de um insucesso endodôntico. Tal complexidade anatômica não permite 100% de sucesso na terapia endodôntica (TAYLOR; DOKU, 1961; COHEN; BURNS, 1994; EL-SWIAH; WALKER, 1996; HSU; KIM, 1997; LIN et al., 2008). Além disso, o insucesso pode ter mais de uma possível causa: raízes extranumerárias não vistas radiograficamente, materiais obturadores ou corpos estranhos extruídos, raízes fraturadas, iatrogenias, etc. A identificação da causa auxilia no diagnóstico e resolução do problema, contudo, algumas delas não são facilmente ou possíveis de serem identificadas.

Mesmo diante de uma causa não conhecida, é prudente a tentativa de um retratamento endodôntico. Esta etapa, porém, pode ser mais dificultosa, pois no retratamento surgem, muitas vezes, fatores adicionais como: transporte apical, instrumentos fraturados ou outros erros de procedimentos, além da presença de cisto apical, o qual não responde ao tratamento convencional, sugerindo uma intervenção cirúrgica (NAIR, 2006). Também a presença de um pino intracanal, muitas vezes, contra-indica a decisão por um retratamento.

Como opção de tratamento, a endodontia oferece a cirurgia parendodôntica, a qual é o procedimento cirúrgico que visa à resolução de problemas criados pelo tratamento endodôntico ou não solucionáveis por ele (BRAMANTE; BERBERT, 2000). A cirurgia parendodôntica, por si só, não cura a inflamação perirradicular. O objetivo primário é remover o tecido periapical inflamado e, necessariamente, proporcionar um selamento apical (EL-SWIAH; WALKER, 1996). Para obtenção deste selamento, utilizam-se técnicas como apicetomia (remoção da porção apical da raiz) e da obturação retrógrada (preparo de cavidade apical e preenchimento com material retrobturador) (FRIEDMAN et al., 1991).

Porém, a persistência dessa infecção pode ocorrer após a cirurgia, uma vez que esta seja incapaz de selar as bactérias no interior do sistema de canais radiculares, permitindo uma contínua egressão de microrganismos e suas toxinas do sistema de canais radiculares e, portanto, sustentando uma lesão periapical ou gerando uma nova (FRIEDMAN, 2002; ORSTAVIK; PITT FORD, 2004). Há diferentes vias de interação dos microrganismos com os tecidos periapicais: istmos e ramificações apicais sem selamento (COHEN; BURNS, 1994; HSU; KIM, 1997), túbulos dentinários expostos pela apicetomia (TIDMARSH; ARROWSMITH, 1989),

falha na retrobturação por deslocamento ou falta de material, ou ainda baixa qualidade de selamento do material retrobturador (ORSTAVIK; PITT FORD, 2004).

A finalidade da apicetomia na cirurgia parendodôntica é eliminar as ramificações do sistema de canais radiculares, assim como dar acesso ao canal radicular e estabelecer se sua obturação está adequada. Dessa maneira, são criadas as condições favoráveis para o reparo da região periapical.

Não há um consentimento ao que se refere à quantidade de raiz a ser seccionada para satisfazer os princípios biológicos (KIM; KRATCHMAN, 2006). Essa quantidade deve ser suficiente para remover todos os canais laterais e ramificações apicais, isto é, remover qualquer abertura que funcione como um portal de saída os quais possam sustentar o crescimento microbiano e que ofereçam risco de insucessos no tratamento cirúrgico (TAM; YU, 2002).

Nos anos 90, os microinstrumentos cirúrgicos, pontas ultra-sônicas tornaram-se disponíveis e, paralelo a esse advento, a iluminação e a magnificação foram recomendadas como padrão de excelência na cirurgia parendodôntica (FRIEDMAN, 2005; KIM; KRATCHMAN, 2006). O microscópio operatório tem contribuído para o aumento do índice de sucessos das cirurgias, pois proporciona um campo operatório com uma visão otimizada, facilitando a visualização de importantes detalhes anatômicos, como istmos e canais acessórios, possibilitando um efetivo selamento apical (PECORA; ANDREANA, 1993; GAGLIANI; GORNI; STROHMENGER, 2005). Entretanto, é de vital importância reconhecer que, mesmo com o uso do microscópio, há o risco de ocorrer um fracasso devido à anatomia não visualizada (RUBINSTEIN; KIM, 2002). A aceitação do significado destas complexidades anatômicas e a necessidade de sua eliminação podem, de fato, ter impulsionado a cirurgia apical moderna, que foi mais apreciada com a introdução da magnificação (RUBINSTEIN, 2005).

Levando-se em consideração a influência das ramificações do terço apical do canal radicular, torna-se importante avaliar até que ponto a cirurgia parendodôntica, em especial a apicetomia, é capaz de eliminar essas ramificações.

2 Revisão da Literatura

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. ANATOMIA

A complexidade anatômica do sistema de canais radiculares tem sido bem conhecida desde o início do século passado (RICUCCI, 1998). Muitos estudos sobre a anatomia restringiam-se para descrição da anatomia externa, porém, logo após iniciaram pesquisas sobre a anatomia dental interna.

Um desses estudos pioneiros foi em 1925, no qual Hess realizando um estudo por perfusão de tinta nanquim em 2.789 dentes diafanizados provou quanto variável e complexo é o sistema de canais radiculares. Demonstrou que podem ocorrer diferenciações puramente anatômicas, relativas a produtos fisiológicos do desenvolvimento, como ramificações apicais delicadas, canais laterais que passam do canal principal para o periodonto atravessando a dentina. Afirmou, também, que ramificações apicais e canais acessórios são regulares em variados dentes humanos e tem relação numérica diferente para cada grupo dental (HESS, 1925).

Coolidge (1929) investigou, histologicamente, a anatomia do ápice radicular, chegando às seguintes conclusões: o canal radicular principal pode apresentar ramificações em vários forames; a junção canal-dentina-cimento não é um ponto fixo e não pode ser utilizada como regra em todos os elementos, e, finalmente, os canais curvos, as ramificações, e os canais atresiaados não impedem o sucesso do tratamento endodôntico, desde que a infecção seja eliminada e o canal radicular seja bem obturado.

Pucci e Reig (1944) realizaram uma investigação sobre anatomia interna pelo método de desgaste, em cortes longitudinais e transversais, observados a olho nu. Eles analisaram número, forma, dimensões e direção das raízes e canais radiculares.

Em 1955, Kutler analisou, em microscopia óptica, a junção canal-dentina-cimento dos canais radiculares, em 268 dentes permanentes extraídos. O trajeto do canal radicular foi corado com tinta nanquim e as raízes desgastadas e analisadas sob magnificação. Havia um grupo de dentes extraídos de pessoas entre 18 e 25 anos e outro grupo de 55 anos. O autor concluiu que: a) o centro do forame se

afasta do vértice do centro apical com o aumento da idade, como resultado da deposição de cimento apical; b) o diâmetro do forame diminui com a idade; c) o canal cementário tem forma afunilada com diâmetro menor no limite canal-dentina-cimento; d) o menor diâmetro do canal radicular encontra-se usualmente na dentina, imediatamente antes da porção cementária do canal e, deste ponto ele se alarga em direção ao forame, tomando a forma afunilada, e) a espessura média do cimento apical é acima de 0,5 mm no grupo de indivíduos jovens e mais espesso no grupo de pessoas mais idosas. Também relata que pequenos canais laterais, secundários ou acessórios, mesmo quando observados, não foram estudados por - segundo o autor na época - não implicar problemas clínicos.

No ano seguinte, Green (1956) observou, em estereomicroscópio, a região apical de 400 dentes anteriores, sendo 150 ântero-superiores. A porcentagem de dentes contendo uma ou mais foraminas acessórias variou de 10 a 12%, tanto nos dentes superiores, quanto nos inferiores. A maioria apresentou apenas um forame principal, no qual o seu diâmetro foi em média 0,4 mm nos dentes superiores. Em geral, as foraminas acessórias eram metade ou um terço do diâmetro do forame principal, mas em alguns casos elas eram de mesmo tamanho. A média do diâmetro foi 0,2 mm. A média da distância dos forames principais do ápice radicular foi 0,3 mm. Dos dentes anteriores, todos apresentaram somente um canal radicular.

Altman et al. (1970) investigaram radiografica e histologicamente os 2,5 mm apicais de 20 incisivos centrais superiores humanos. O exame radiográfico não foi preciso no diagnóstico de canais acessórios, os quais foram encontrados nos cortes histológicos seriados de um a quatro canais acessórios em 14 dos espécimes. Em um espécime - de uma criança de 9 anos - foram encontrados 20 canais acessórios.

Burch e Hulen (1972) observaram 877 dentes permanentes em microscopia ótica, sob uma magnificação de 28 vezes, com o objetivo de investigar a direção e a distância do forame apical principal do vértice anatômico. O forame principal foi considerado como a maior abertura encontrado nos 4 mm apicais. A frequência de desvio do forame principal do ápice anatômico foi, em média, 78% nos incisivos superiores e 87% nos caninos superiores. A média da distância do forame do vértice anatômico de todas as raízes foi 0,59 mm e 92,4% dos forames principais foram encontrados aquém do ápice anatômico.

Pineda e Kutler (1972) radiografaram 4.183 dentes extraídos nas direções mesiodistal e vestibulolingual a fim de verificar o número de canais, curvaturas, ramificações do canal principal, localização dos forames e frequência de deltas apicais. Entre os dentes referentes à arcada superior, foram observados 289 incisivos centrais, 284 incisivos laterais e 260 caninos. Somente 3,1% dos canais eram retos, e desses, 13,5% eram incisivos centrais superiores. As ramificações do canal principal foram encontradas em 30,6% dos dentes, sendo mais frequentes no terço apical. Quando analisado apenas os incisivos centrais superiores, a frequência das ramificações foi 22%, para os incisivos laterais superiores 20,5%, e nos caninos superiores 29,3%. Em 83% dos casos, o forame apical foi detectado lateralmente, e, em alguns, a distância do vértice apical era 2 ou 3 mm. Nos incisivos superiores não foram detectados deltas apicais e em 1,5% dos caninos superiores eles foram encontrados.

Um significativo estudo da anatomia foi realizado por De Deus em 1975, envolvendo 1.140 dentes permanentes. Para a observação da anatomia, os dentes foram corados com tinta nanquim e diafanizados. Entre outros aspectos, avaliou a presença de canais laterais, secundários e acessórios. Em 27,4% dos dentes investigados foram encontradas ramificações, sendo 17% no terço apical. Dos incisivos centrais superiores, 8,1% apresentaram canais secundários, dos incisivos laterais superiores, 3,9% e dos caninos superiores, 15% apresentaram canais secundários e 0,7% canais acessórios.

Em 1977, Kerekes e Tronstad avaliaram os 5 mm apicais de dentes anteriores, 20 de cada tipo, observando o diâmetro do canal principal em cada milímetro e a distância do forame apical do vértice anatômico. Nos incisivos centrais superiores, 20% apresentaram o forame apical entre 1 a 2 mm do ápice, nos laterais 10% apresentaram-se nesta distância, e o restante ficou entre 0 e 1 mm. Nos caninos superiores, em 30% da amostra, o forame apical localizou-se entre 1 e 3 mm do ápice anatômico.

Milano, Werner e Kapczinski (1983) utilizando 180 dentes humanos permanentes, pesquisaram a diferença entre o comprimento linear do dente, obtido com um paquímetro, e o comprimento real do canal radicular tomado com um instrumento introduzido até a saída foraminal. Situaram, também, a posição do forame nos quadrantes. Concluíram que raramente a abertura foraminal coincide

com o vértice anatômico e, em aproximadamente 55% da amostra, esta diferença foi de 0,5 a 1 mm. Quanto à orientação do forame, os autores verificaram que sua localização topográfica era bastante variável. Em apenas 12,60% dos casos estudados a abertura foi cêntrica, 61,70% para distal e suas posições intermediárias, 12,1% para mesial e posições intermediárias, 8,8% para vestibular e 4,6% para lingual.

Em microscopia eletrônica de varredura, Hess, Culieras e Lambiable (1983) avaliaram foraminas principais e acessórias de 27 dentes permanentes extraídos. Constataram que geralmente não há forame único, e sim delta apical. O forame principal do canal radicular teve diâmetros variando entre 100 a 520 μm , sendo a média de 200 a 250 μm . As foraminas acessórias apresentaram-se menores, variando os diâmetros de 26 a 200 μm , sendo mais encontradas de 60 a 80 μm . Esta variação de diâmetro é freqüente e resulta dos variados graus de cementogênese.

Dummer, McGinn e Rees (1984) avaliaram 270 dentes permanentes extraídos com o objetivo de determinar a posição e a topografia da constrição apical e do forame apical, sob uma magnificação de 20 vezes. A amostra foi separada em grupos de acordo com o tipo dental. Os incisivos superiores eram compostos por 45 dentes e os caninos superiores por 29. A distância média do forame apical ao ápice nos incisivos superiores foi 0,23 mm, variando esta medida de 0 a 0,67 mm. Nos caninos superiores esta média foi 0,36 mm, apresentando uma variação de 0,06 a 0,76 mm.

No mesmo ano, Vertucci, por método de diafanização, conduziu uma investigação detalhada da anatomia do sistema de canais radiculares de 2.400 dentes permanentes. Entre os dentes ântero-superiores havia 100 espécimes de cada tipo dental. Dos incisivos centrais superiores, 24 apresentaram canais laterais; dos incisivos laterais, 26, e 30 caninos apresentaram tal ramificação. A posição desses canais também foi registrada, e no grupo dentário citado cerca de 90% das ramificações foram observadas na região apical. Quando quantificado todos os grupos dentais, as ramificações apresentaram-se em 73,5% das vezes no terço apical. Quanto à posição do forame apical, apenas 12% dos incisivos centrais superiores esta era coincidente com centro do ápice. Nos incisivos laterais superiores a posição central foi observada em 22% dos dentes e nos caninos superiores em 14%.

Teo, Chan e Loh (1988) analisaram a região apical de 635 incisivos centrais e laterais superiores permanentes com auxílio de uma lupa com magnificação de três vezes. A posição do forame apical coincidiu com o ápice radicular anatômico em 54,3 %, com uma média de distância deste de 0,16 mm. Quando o forame não coincidiu com o ápice, a média dessa distância foi 0,35 mm, variando de 0,1 a 1,2 mm. Quanto ao número de foraminas, encontraram em 98,8% da amostra apenas 1 forame apical, e em 1,2 % duas foraminas. Três ou mais foraminas não foram encontradas em nenhum dos espécimes.

Em 1990, Kasahara et al. coraram e diafanizaram 510 incisivos centrais superiores e investigaram, entre outras características, a condição de qualquer canal acessório (sendo ramificações apicais ou laterais) e localização do forame apical. Foi registrado o número de canais acessórios de cada espécime, o nível de sua abertura na superfície radicular, a qual foi dividida em sextos, consecutivamente numerada da porção mais apical (1/6) para porção mais cervical (6/6). Esses canais foram classificados de acordo com sua espessura em cinco categorias: menor que um instrumento #10, aproximadamente igual a #10, aproximadamente igual a # 15, igual ou maior que #20, até #40 e maior que #40. Dos 503 dentes, onde a avaliação foi possível, 62 (aproximadamente 12%) possuíam ramificação apical, e destes, 51 tinham somente duas ramificações, 6 dentes possuíam três e 5 dentes tinham 4 ou mais. O mais comumente encontrado foi a presença de ramificações laterais, onde a maioria foi localizada nas porções 2/6 ou 3/6 e emergindo nas superfícies vestibular, mesiovestibular ou mesial. Dos dentes com canais laterais, cerca da metade (47,3%) apresentaram apenas um, 25,1% possuíam dois, 13,1% três ou 14,5% quatro ou mais. Quanto à espessura desses canais, 81,1% eram menor ou igual a um instrumento #10. Quanto ao forame apical, 80% estavam dentro dos 0,5 mm apicais e 95% em até 1 mm do ápice anatômico.

Stein e Corcoran (1990) examinaram 111 dentes com o objetivo de observar se ocorriam mudanças significantes que alterassem a estrutura apical com o avanço da idade, e quais poderiam ocorrer pela frequente deposição de cimento. A média da abertura do forame apical foi 0,540 mm. O diâmetro do forame principal pareceu aumentar e o centro do forame, desviar do vértice apical com o aumento da idade. Os autores atribuem a essas mudanças o resultado da deposição apical de cimento. A largura da junção cimento-dentina não pareceu sofrer alterações.

Mizutani, Ohno e Nakamura (1990) analisaram a anatomia da porção apical dos canais radiculares de 90 dentes superiores anteriores, sendo 30 incisivos centrais, 30 incisivos laterais e 30 caninos. Essa pesquisa relatou uma observação sequencial dos espécimes seccionados horizontalmente. O ápice radicular e o forame apical nos incisivos centrais e caninos localizaram-se distovestibularmente ao longo do eixo do dente, enquanto que o incisivo lateral situou-se distolingualmente. Ápice radicular e forame apical coincidentes foram encontrados em cinco dentes, ou 16,7% dos incisivos centrais e caninos, e em dois dentes, ou 6,7%, dos incisivos laterais. A média da distância vertical entre o ápice e a constrição apical foi 0,863 mm nos incisivos centrais, 0,825 mm nos incisivos laterais e 1,010 mm nos caninos, e a média da distância entre o ápice e o forame apical foi 0,450 mm, 0,440 mm e 0,510 mm, respectivamente.

Morfis et al.(1994) examinaram a anatomia apical de 213 dentes permanentes humanos em microscopia eletrônica de varredura, sendo 38 incisivos superiores, 25 incisivos inferiores, 29 segundos pré-molares superiores, 92 primeiros e segundos pré-molares inferiores, 12 primeiros molares superiores e 17 primeiros molares inferiores. Dos incisivos superiores analisados, 92,1% apresentavam forame principal único (foram considerados forames principais aqueles com medida superior a 100 μ m), e um tamanho, em média, de 289,4 μ m. Aproximadamente 40% desses forames coincidiram com o ápice anatômico. Ainda dos incisivos superiores, 50% apresentaram forames acessórios, e estes com uma média de tamanho de 38,29 μ m. Registraram que a distância do forame apical principal do ápice anatômico estava usualmente entre 1 a 2 mm e mais raramente entre 2 a 2,5 mm. Nesse grupo, esta distância foi, em média, 472,24 μ m, ou seja, aproximadamente 0,5 mm.

Gutierrez e Aguayo (1995) selecionaram 140 dentes permanentes humanos extraídos e determinaram o número, a localização de foraminas apicais e a distância das foraminas ao vértice apical através de fotomicrografias em microscopia eletrônica de varredura. O número de foraminas encontradas variou de 1 a 16, e a distância dessas ao ápice anatômico variou de 0,20 a 3,80 mm. Entre os incisivos superiores, foram encontrados espécimes com forame único, com duas ou três foraminas. A distância média do forame ao ápice foi de 0,68 a 1,30 mm para os incisivos centrais superiores, 0,56 a 4,31 mm para os incisivos laterais superiores e 0,51 a 2,10 mm para os caninos superiores. Os caninos superiores apresentaram de

1 a 4 foraminas, e a variação da distância do ápice ao forame foi de 0,51 a 2,1 mm. Concluíram que o forame sempre está localizado aquém do ápice anatômico; porém, pela grande variação encontrada, a identificação clínica das foraminas é praticamente impossível.

Wu, Barkis e Wesselink (2000) investigaram o diâmetro dos canais no terço apical de 80 dentes permanentes humanos, a fim de determinar a prevalência e extensão de canais ovais. As raízes foram transversalmente seccionadas a 1, 2, 3, 4 e 5 mm do ápice. Em 25% dos cortes analisados foram identificados canais ovais (o maior diâmetro pelo menos duas vezes maior que o menor diâmetro do canal), em alguns grupos dentais essa porcentagem excedeu 50%. Nos incisivos centrais superiores e caninos superiores essa prevalência foi menor que 5%, tendo um formato mais circular do canal, já nos incisivos laterais superiores foi de aproximadamente 17%. Os autores concluíram que esta conformação oval é comum nos 5 mm apicais, e que, em canais estreitos seria impossível instrumentá-los completamente sem ocasionar perfurações ou enfraquecimento da raiz, o que sugere a necessidade de cautela na limpeza, modelagem e obturação desses canais.

Com o objetivo de analisar a constrição apical, a junção canal-dentina-cemento e o forame apical, Ponce e Vilar Fernandez (2003) selecionaram 18 dentes ântero-superiores para análise microscópica. Os dentes foram seccionados longitudinalmente, em cortes seriados de 6 µm de espessura. Entre os dados coletados estavam a localização e o diâmetro do forame apical. Dos 18 casos avaliados, 3 espécimes (16,6%) apresentaram o forame apical no lado mesial, 8 casos (44,4%) no lado distal, 2 (11,1%) no palatino e, por fim, 5 casos (27,7%) coincidentes com o vértice apical. A média do diâmetro do forame apical encontrada foi 453,63 µm para os caninos, 519,21 µm para os incisivos laterais, e 353,98 µm para os incisivos centrais.

Martos et al. (2009) determinaram a distância do forame apical principal do ápice anatômico e sua posição na raiz. Observaram 926 ápices de dentes humanos permanentes extraídos, sendo, destes, 78 incisivos superiores e 33 caninos superiores. Para isso, utilizaram um estereomicroscópico de acurácia 0,01mm sob uma magnificação de 40 vezes. A média da distância do forame apical ao ápice anatômico nos incisivos superiores foi 0,37 mm, sendo o mais distante encontrado a

1,20 mm. Nos caninos superiores a média encontrada foi 0,48 mm e a máxima distância registrada foi 1,70 mm. Quanto à posição do forame apical, os incisivos superiores apresentaram uma distribuição homogênea (23 a 29%), sendo apenas a posição palatina verificada em um espécime (1,3%). Nos caninos superiores a posição vestibular foi a mais incidente (36,4%), seguida da cêntrica (27,3%), palatina (18,2%), mesial (15,2%) e distal (3%).

2.2 TERMINOLOGIA

Pucci e Reig (1944) readequaram a classificação de Okumura (1927) em relação à anatomia das ramificações do canal principal, a qual é ainda empregada:

- Canal secundário: origina-se no terço apical do canal principal e termina diretamente no periodonto apical.
- Canal lateral ou adventício (chamado de ramal extra-conduto ou ramificação extra-canal por Okumura): parte do conduto principal até o periodonto lateral, geralmente no terço médio ou cervical.
- Canal acessório: é aquele que se deriva de um canal secundário ou lateral e termina na superfície externa da raiz.

Apesar de essa nomenclatura estar bem conceituada, outros termos também são aceitos pela comunidade endodôntica. O glossário de termos endodônticos (2003), publicado pela Associação Americana de Endodontistas propõe as seguintes definições:

- Canal acessório: qualquer ramificação do canal principal ou da câmara pulpar que se comunica com a superfície radicular externa.
- Canal lateral: canal acessório localizado no terço cervical ou médio da raiz, geralmente estendendo-se horizontalmente do canal radicular principal.

Essas terminologias são, pois, admitidas pela literatura da área, na atualidade.

2.3 IMPLICAÇÕES DAS RAMIFICAÇÕES DO CANAL PRINCIPAL

A polpa necrótica causa uma reação inflamatória no ligamento periodontal, na área do forame apical ou de canais laterais e acessórios em resposta aos patógenos viáveis e seus subprodutos (SELTZER et al., 1967). A importância das bactérias como fonte de um processo inflamatório em lesões periapicais já foi demonstrada há certo tempo em grandes estudos em ratos (KAKEHASHI; STANLEY; FITZGERALD, 1965) e em macacos (FABRICIUS et al., 1982).

Isso se torna um problema quando o tratamento endodôntico não resulta no reparo das lesões periapicais. As condições para os microrganismos resistirem ao tratamento endodôntico determinam características de persistência, como o potencial de sobrevivência à falta de nutrientes e à capacidade de provocar resposta inflamatória no tecido hospedeiro. No entanto, os parâmetros de localização também são importantes. Dentro dos canais radiculares, principalmente quando obturados, os microrganismos, de certa maneira, ficam protegidos da resposta imune do hospedeiro e de competidores microbianos, contudo abrigam-se em um espaço pequeno, seco e nutricionalmente limitado. Além disso, bactérias localizadas em ramificações, istmos, túbulos dentinários e outras irregularidades, pelas limitações físicas, podem escapar da ação do preparo biomecânico (NAIR et al., 2005). O meio seleciona aqueles microrganismos que possuem características para estabelecer e sustentar o processo inflamatório. Aqueles que conseguem entrar no sistema de canais radiculares e alcançar a área apical devem estar situados perto do forame apical (ou acessório), tendo uma comunicação para uma fonte sustentável de nutrientes (SIQUEIRA; ROCAS, 2008; FIGDOR; SUNDQVIST, 2007). A interseção destas condições com a defesa do hospedeiro resulta na persistência da doença.

Há evidências substanciais de que a patologia pulpar contribui para a periodontal, porém há controvérsias sobre a possibilidade de ocorrer o inverso (LUNDY; LINDEN, 2004).

Os canais laterais ou acessórios contaminados são suficientes para provocar dor ou infecção persistente (WEINE, 1984). Sendo as ramificações do canal radicular um ótimo ambiente para os microrganismos, uma razão final para a

realização da apicetomia é a existência de numerosos canais acessórios na região apical (MORROW; RUBINSTEIN, 2002)

Em 1965, Rubach e Mitchell demonstraram que a pulpite ou a necrose pulpar podem resultar de uma inflamação periodontal envolvendo alguma ramificação do canal principal ou o forame apical. E também atribuem à possibilidade de insucessos endodônticos a essa causa. A dificuldade de acesso às ramificações do canal radicular sugere – segundo os autores - um tratamento incompleto, e a permanência de bactérias viáveis no sistema radicular é compatível ao desenvolvimento de um processo agudo ou crônico.

Andreasen e Rud (1972) realizaram 66 biópsias de lesões periapicais persistentes, envolvendo os ápices radiculares e suas estruturas periapicais, seguida da análise histomicrobiológica, na tentativa de determinar a localização das bactérias nas estruturas dentárias e as possibilidades de reinfecção. Para isso, realizaram cortes seriados ao longo do eixo dental. Alguns cortes foram corados com hematoxilina e eosina e outros pelo método de Gram modificado, a fim de demonstrar a presença de bactérias. A área invadida por bactérias foram medidas a uma magnificação de 130 vezes. A maioria das bactérias foi encontrada nos túbulos dentinários, geralmente localizadas perto do canal radicular. Quando presentes nos túbulos dentinários, uma relação entre a quantidade e a localização das bactérias com a intensidade da reação inflamatória não foi detectada. No entanto, quando identificadas no canal radicular, encontraram-se mais casos com inflamação periapical severa, do que casos com inflamação leve, moderada ou ausente. Poucas bactérias foram encontradas no cimento ou na região periapical.

Barkhordar e Stewart (1990) investigaram o potencial de formação de bolsa periodontal associada a ramificações radiculares não tratadas. Seis dentes com indicação para extração por envolvimento periodontal e endodôntico tiveram suas raízes amputadas ou hemi-seccionadas. Estas raízes foram processadas histologicamente e coradas com hematoxilina e eosina. Os cortes foram examinados para verificação de canais extras, no intuito de determinar se havia tecido residual em seu interior. A coloração de Brown e Brenn foi aplicada para detectar a presença ou ausência de microrganismos. Todos os casos apresentaram ramificações do canal principal com remanescentes de tecido pulpar, bactérias e restos necróticos.

Com o auxílio da microscopia óptica e eletrônica de transmissão, Nair et al.(1990) investigaram a presença de bactérias na porção apical do sistema de canais radiculares e no periápice de dentes tratados endodonticamente com evidência de lesão periapical. Os casos foram preservados de 4 a 10 anos, e 9 deles foram selecionados e encaminhados à cirurgia, por não responderem ao tratamento convencional. Em seis espécimes foram encontrados bactérias ou fungos na porção apical do canal radicular. Um dos três casos, em que não foram encontrados microrganismos, apresentou características histopatológicas de granuloma tipo corpo estranho.

Pecora e Andreana (1993) compararam 50 apicetomias realizadas com o uso do microscópio operatório odontológico com cirurgias realizadas sem o auxílio da magnificação. A ressecção apical foi realizada a 2 mm do ápice, e esta área foi avaliada sob uma magnificação de 12 vezes. Caso fosse julgada necessária, a remoção radicular seria complementada. A avaliação pós-operatória mostrou uma redução dos sintomas nos casos tratados com o microscópio e, além disso, melhorou e facilitou os procedimentos da cirurgia.

Wada et al. (1998) analisaram a morfologia de 27 ápices radiculares obtidos em apicetomias em casos de periodontites apicais que não responderam ao tratamento endodôntico não-cirúrgico. Foram considerados como insucesso os casos que apresentaram sinais ou sintomas com dor espontânea e/ou presença de fístula e, radiograficamente, aqueles que apresentaram aumento da lesão periapical após o tratamento. As porções seccionadas foram diafanizadas e coradas com tinta nanquim para análise em microscópio óptico. Encontrando ramificações do sistema de canais radiculares em 70% dos espécimes avaliados; sugeriram que a complexidade do sistema de canais radiculares pode ser o fator causal de periodontites apicais persistentes. Os ápices cortados possuíam 1 a 2 mm de comprimento, sendo que cerca de 0,5 mm foi perdido durante a ressecção da raiz.

Os incisivos centrais superiores são considerados os dentes de menor dificuldade para o tratamento endodôntico. Entretanto, Iqbal et al. (2005) descrevendo quatro casos clínicos, demonstraram que a anatomia interna dos incisivos centrais superiores pode apresentar variações, incluindo canais acessórios, os quais, muitas vezes, passam despercebidos pela facilidade do tratamento. Contudo, a significância clínica destes canais não pode ser desmerecida, pois se

não tratados podem levar ao insucesso endodôntico. Em dois casos relatados, os canais acessórios nos incisivos centrais superiores foram detectados após um insucesso do tratamento convencional e os casos foram solucionados cirurgicamente, envolvendo a porção das ramificações na apicetomia. Em outros dois casos, os canais acessórios foram tratados convencionalmente, via canal, o que é uma situação ideal e conduz o tratamento ao sucesso.

Nair et al. (2005) trataram endodonticamente a raiz mesial de 16 primeiros molares inferiores que apresentavam periodontite apical primária. Este tratamento foi realizado em sessão única. Ainda na mesma sessão, a porção apical de cada raiz foi removida cirurgicamente, preparada e avaliada em microscopia ótica e de transmissão. Quatorze, das 16 raízes, apresentaram microrganismos alojados em áreas não atingidas pela instrumentação no canal principal; istmos entre canais e em canais acessórios.

A presença de bactérias remanescentes em túbulos dentinários e áreas irregulares de ápices radiculares foram detectadas por Lin et al. (2008), em amostras obtidas durante apicetomia em dentes com lesão periapical persistente. Neste estudo, foram incluídas 27 porções apicais, as quais foram seccionadas a 2-3 mm do ápice, com angulação de 45°, e depois de removidas foram preparadas para análise microscópica, coradas com Brown e Brenn. Bactérias foram encontradas no canal principal, túbulos dentinários ou áreas irregulares em 85,2% dos espécimes. Segundo os autores, a ressecção radicular que objetivou eliminar a infecção residual presente na porção radicular apical pode expor áreas infectadas dos túbulos dentinários e da porção apical do sistema de canais radiculares para o tecido periapical. A alta incidência de bactérias encontradas pode indicar uma possível fonte de reinfecção periapical. As bactérias remanescentes em canais laterais ou túbulos dentinários no plano de ressecção diagonal provavelmente causaram uma perpetuação de irritação periapical. Nos espécimes onde não foram identificadas bactérias, a causa para irritação tecidual periapical era a provável presença de bactérias em um nível acima ou abaixo do corte, ou a presença de uma infecção extra-radicular. Também se considerou a possibilidade de cistos periapicais verdadeiros ou cicatriz apical.

Ricucci e Siqueira (2008) relataram um caso de periodontite apical persistente do elemento 22 que necessitou de intervenções não-cirúrgicas e cirúrgicas para sua

resolução. Na última cirurgia, foi realizada a biópsia da lesão e da porção apical da raiz removida. Para análise microscópica foram realizados cortes seriados (4-5 μm) e corados com hematoxilina e eosina e Brown e Brenn para marcar bactérias. Após 4 anos, a avaliação clínica e radiográfica mostraram reparo completo. Os exames histopatológicos e histomicrobiológicos indicaram a lesão como cisto, e os autores sugerem que a provável razão dos insucessos anteriores teria sido a ocorrência de bactérias no interior dos túbulos dentinários e de um canal acessório localizado cervicalmente à retrobturação. Esta ramificação comunicava o canal com o ligamento periodontal, e, além de colônias bacterianas, foi encontrado tecido necrótico.

2.4 EXTENSÃO DA APICETOMIA

Enquanto há razões substanciais para a realização da apicetomia, há muitas controvérsias sobre este procedimento, especialmente no que diz respeito sobre à quantidade radicular a ser removida (GUTMANN; PITT FORD, 1993). Não há unanimidade quanto à medida do ápice a ser seccionado para satisfazer os princípios biológicos (KIM; KRATCHMAN, 2006). Em tal procedimento, tem-se que observar a medida remanescente da raiz, a qual necessita de um comprimento que forneça força e estabilidade ao dente. O indicado é manter a relação coroa/raiz, que normalmente é de 1 x 1,5, sendo o máximo recomendado para o corte é chegar a uma relação de 1x1 (BRAMANTE; BERBERT, 2000). Historicamente, alguns autores desencorajaram a ressecção radicular apical, o que evitaria - além da exposição de túbulos dentinários, os quais abrigam bactérias no seu interior, e compromete a estabilidade do dente no alvéolo – a ocorrência da cementogênese na dentina exposta (GUTMANN E PITTFORD, 1993).

Porém, a visão contemporânea suporta a necessidade da apicetomia para remoção da causa da irritação contida no sistema de canais radiculares, que promove a reação perirradicular. Para Kim, Pecora e Rubinstein (2001) o quanto da porção apical radicular deve ser eliminada depende da incidência de canais laterais e ramificações nesta região.

No geral, a recomendação da extensão da apicetomia é de 3 mm do vértice apical (TIDMARSH; ARROWSMITH, 1989; KIM; PECORA; RUBINSTEIN, 2001; DE BRUYNE; DE MOOR, 2005; GAGLIANI; GORNI; STROHMENGER, 2005), sem diferenciação quanto ao grupo dental. Alguns estudos sugerem que, pelo menos, 2 mm do ápice tem que ser removido para minimizar a infiltração bacteriana dos canais. (TANZILLI; RAPHAEL; MOODNIK, 1980; KAPLAN et al., 1982; GILHEANY; FIGDOR; TYAS, 1994). Zuolo, Ferreira e Gutmann (2000) delimitaram esta extensão variando de 2 a 4 mm do vértice anatômico, e para Jensen et al. (2002) essa extensão deve ser empregada de 2 a 3 mm, também independente do grupo dentário.

Porém, alguns fatores influenciam na decisão da extensão da remoção apical da raiz que deve ser realizada durante a cirurgia (GUTMANN E HARRISON, 1994):

1. Acesso e visibilidade do sítio cirúrgico.
2. Posição e anatomia da raiz no alvéolo.
3. A anatomia da superfície radicular seccionada.
4. Necessidade de obturação retrógrada na estrutura sadia da raiz.
5. Presença e localização de iatrogenias, como perfuração, instrumento fraturado no canal radicular.
6. Presença de fraturas radiculares intra-óssea.
7. Presença de defeitos periodontais.
8. Considerações anatômicas, como proximidade com dente adjacente ou nível de crista óssea remanescente.
9. Presença de significantes canais acessórios.

Em raízes com prováveis variações anatômicas, segundo os autores, deve-se expandir a extensão da secção radicular.

Taylor e Doku (1961) discutiram as indicações e técnicas da cirurgia parendodôntica. Para o preparo do terço apical sugerem uma ressecção de aproximadamente 2 mm do ápice, mas se existir erosão cementária, a ressecção deve ser realizada abaixo desse ponto.

Matsura (1962) sugere que a apicetomia seja realizada de 2 a 3 mm, a fim de expor o canal radicular e eliminar suas ramificações.

No mesmo ano, Nicholls (1962) descreveu a técnica cirúrgica para obturação retrógrada, sugerindo a ressecção da porção apical biselada, com aproximadamente 4 mm à margem vestibular do ápice original, objetivando dar melhor acesso e visibilidade. Relatou situações especiais para a apicetomia, enfatizando a manutenção de maior comprimento possível da raiz. Nos dentes que possuem pinos intra-radulares, evitar incluí-los na apicetomia, pois além de sacrificar muito comprimento radicular, pode causar afrouxamento do retentor, e permitir uma recontaminação. Em casos de instrumentos fraturados no canal radicular recomenda não realizar a apicetomia na porção coronária desse instrumento, apenas expor uma parte que possibilite sua remoção.

Cummings (1970) observou, em fotomicrografias, que foraminas acessórias se comunicavam com o canal radicular principal e demonstrou que uma ressecção apical biselada de 2 a 3 mm foi capaz de remover a maior concentração dessas comunicações. Se a retrobturação fosse realizada no forame apical original, provavelmente os canais acessórios não seriam completamente selados por ela.

Luebke (1974) descreve técnicas cirúrgicas para casos de insucesso endodôntico. A apicetomia foi indicada no nível em que há espaços vazios ou espaços pobremente obturados, diferentemente do passado, em que se relatou a indicação da secção de segmentos maiores, na crença de que uma grande lesão não se repararia, caso não fosse removida toda estrutura dentária sem suporte na cavidade óssea.

Harrison e Todd (1980) estudaram o efeito da ressecção radicular no selamento de canais obturados em dentes anteriores e realizaram o corte de 3 a 4 mm do ápice. A apicetomia com brocas em alta rotação não afetou o selamento nos casos obturados com guta-percha e cimento.

Arens, Adams e DeCastro (1981) recomendam que mínima porção apical seja removida, e comentam que a remoção excessiva pode induzir ao insucesso. O autor descreve regras para cirurgia parendodôntica, sendo algumas delas para a apicetomia: 1 A redução da estrutura radicular não deve prejudicar a proporção coroa-raiz. O nível de corte depende do dente em questão e do acesso necessário

até alcançar o canal. Atenção particular deve ser dada para a proporção coroa-raiz, ao menos em eventuais circunstâncias, a redução máxima da raiz deve ser limitada de 2 a 4 mm. 2 Localização do forame principal. Indica aumentar a extensão da ressecção apical quando o forame, por ser muito pequeno, não é localizado, pois o diâmetro do canal radicular aumenta e se torna mais aparente no terço médio.

Por meio de infiltração de corante, Kaplan et al. (1982) investigaram o selamento apical de obturações retrógradas com amálgama e guta-percha. O experimento foi realizado em 90 incisivos centrais superiores extraídos. Depois de realizado o tratamento endodôntico, a apicetomia foi realizada a 2 mm do ápice, com biselamento, e foram confeccionadas as obturações retrógradas. O autor atribuiu o bom comportamento do amálgama a três fatores: que a apicetomia por si remove ramificações ou porções contaminadas do canal principal; que o preparo apical limpa o canal; e que a curetagem apical estimula o processo de reparo.

Barnes (1984) recomenda que a ressecção apical da raiz exceda 2 a 3 mm. Mesmo acreditando que esta extensão não seja suficiente para eliminação de deltas apicais ou de outras ramificações do canal radicular, contudo permite a visualização do canal ou dos canais no centro da raiz. Alerta que é comum uma extensão desnecessária na eliminação da porção apical da raiz, o que ocasionava uma intervenção destrutiva tanto para a raiz como para o tecido ósseo.

Tidmarsh e Arrowsmith (1989) investigaram a prevalência e orientação dos túbulos dentinários na porção apical de dentes apicetomizados, a fim de estabelecer uma comunicação em potencial entre o canal radicular e a superfície radicular externa. Dois grupos de dentes foram examinados em microscopia eletrônica de varredura, sendo um a 3 mm do ápice e outro no nível da junção dentina-cimento, em ângulos retos e de 45 a 60° respectivamente. O estudo demonstrou a existência de numerosos orifícios dos túbulos dentinários expostos. Mais externamente, perto da junção dentina cimento, a média era menor, de 13.000 túbulos por mm². Próximo ao canal radicular a média encontrada foi 28.000 túbulos por mm². Também foi notado que quanto menor o ângulo de corte, menor a exposição dos túbulos, portanto este deve ser mínimo e a obturação retrógrada deve se estender dentro do canal para além do nível da borda mais cervical da angulação.

Baker e Oguntebi (1990) pesquisaram a eficácia do selamento apical em diferentes níveis de ressecção radicular apical, com e sem retrobturação, em

caninos superiores e inferiores obturados com Thermafil. As apicetomias foram realizadas a 2 e 4 mm sem obturação retrógrada, e 2 mm com retrobturação de amálgama. Esses dentes foram submetidos ao teste de microinfiltração por corante. O estudo demonstrou um aumento da infiltração no grupo de ressecção a 4 mm, mas não foi encontrada diferença estatisticamente significantes entre os grupos.

No ano seguinte, Molven, Halse e Grung (1991) analisaram resultados em longo prazo de 224 intervenções cirúrgicas após o insucesso do tratamento convencional. A curetagem periapical era realizada sem a remoção radicular e sempre que possível, o elemento era preparado e obturado em toda sua extensão, via canal, durante a cirurgia. Nos casos restantes foi realizada a apicetomia, a qual foi registrada de acordo com a extensão, ≤ 2 mm ou > 2 mm. A retrobturação era realizada quando a porção apical estava indevidamente selada ou em casos de retentores radiculares, calcificações e acidentes. Foram considerados insucessos aqueles casos que radiograficamente apresentaram reparo insatisfatório ou duvidoso. Dentre estes insucessos, dois casos (9,5%) foi realizada apenas a curetagem, 24 casos (18,2%) a apicetomia foi realizada em uma extensão ≤ 2 mm, e oito casos (11,6%) > 2 mm. A abordagem do tratamento cirúrgico do ápice radicular não influenciou estatisticamente no prognóstico.

Morfis et al. (1994), em seu estudo da anatomia, concluíram que quando o ápice era cortado em uma extensão de 2 a 3 mm durante uma cirurgia parendodôntica, pode-se estar certo de que se extingui a maioria dos canais acessórios não-preparados ou não-obturados, eliminando assim, a possibilidade de insucesso.

el-Swiah e Walker (1996) realizaram um estudo retrospectivo de apicetomias, avaliando 517 dentes, e constataram que os incisivos superiores são os dentes mais comumente tratados cirurgicamente, representando 83% da amostra. Os incisivos laterais superiores representaram 40,3% das apicetomias na maxila, seguido dos incisivos centrais superiores, 37,1%, e os incisivos centrais inferiores representaram 59,1% na mandíbula.

Kvist e Reit (1999) ao realizar a apicetomia em dentes anteriores foram mais conservadores que a maioria dos autores realizando a ressecção apical com 1 a 2 mm de extensão.

Kim, Pecora e Rubinstein (2001) determinaram a quantidade da ressecção apical baseada em um estudo anatômico do ápice radicular. Baseado nas raízes do modelo de Hess, efetuaram as apicetomias num sistema computadorizado. Tal procedimento foi realizado num ângulo perpendicular com o longo eixo do dente. Demonstraram que a remoção de 1 mm apical remove 52% das ramificações apicais e 40% dos canais acessórios. Quando eram removidos 2 mm apicais, 78% das ramificações e 86%, dos canais acessórios eram eliminados. A remoção de 3 mm da raiz reduziu 98% das ramificações apicais e 93% de canais laterais. Esta porcentagem foi muito similar à quando a secção era realizada a 4 mm. Portanto, a recomendação para apicetomia foi a de uma extensão de 3 mm do ápice radicular.

Tam e Yu (2002) investigaram a morfologia da porção apical da raiz mesiovestibular de primeiros molares superiores e avaliaram a localização de istmos e canais acessórios entre os canais. Selecionaram 50 raízes, as quais foram seccionadas com disco diamantado ultrafino, perpendicular ao longo eixo da raiz, em 3, 4 e 5 mm do ápice. As porções seccionadas foram preparadas e montadas em *stubs* com o lado apical voltado para análise. Em seguida foram metalizadas e levadas à microscopia eletrônica de varredura, onde foram fotografadas. Das 50 raízes, 18 possuíam um canal, enquanto 32 raízes, dois canais. Dentre as que apresentaram dois canais, 10 continham istmo completo ou canais acessórios entre os canais, e outras 10 apresentaram formação parcial do istmo. Entretanto, os autores detectaram que nos cortes nos níveis de 3, 4 e 5 mm, a raiz apresentou a mesma configuração de canal, e conseqüentemente afirmam que a quantidade de raiz seccionada nestas extensões durante um procedimento cirúrgico não teria relevância.

Gagliani, Gorni e Strohmer (2005) acompanharam por 5 anos e compararam o resultado de cirurgias parendodônticas realizadas em dentes já submetidos a este tipo de tratamento e em dentes nunca submetidos ao tratamento endodôntico cirúrgico. Puderam constatar que os dentes reincidentes na indicação cirúrgica tiveram um prognóstico menos favorável daqueles que submetidos pela primeira vez à cirurgia parendodôntica. No grupo do tratamento primário a apicetomia foi realizada com aproximadamente 3 mm. No grupo reincidente, a nova ressecção apical foi limitada em extensão, as bordas do preparo anterior foram

refinadas, devido o comprimento radicular já estar reduzido. No entanto, os autores não quantificam este desgaste.

Stropko, Doyson e Gutmann et al. (2005) consideram a quantidade e a angulação da apicetomia de extrema importância. A angulação tradicional de 20-45° pode deixar o lado lingual sem tratamento, portanto uma ressecção radicular próxima a 0°, além de conservar melhor a proporção coroa/raiz, remove a maioria das ramificações apicais. Considerando que 98% das anomalias do canal radicular e 93% dos canais laterais ocorrem nos 3 mm apicais (VERTUCCI,1984), os autores acreditam que pelo menos 3 mm apicais da raiz devem ser removidos.

Peñarrocha et al. (2007) relacionaram o tamanho radiológico da lesão periapical, área da ressecção apical, obturação retrógrada e sucesso da cirurgia parendodôntica. A quantidade de raiz eliminada foi quantificada, calculando pela área do triângulo formado pelas medidas do comprimento e largura da raiz. Neste sentido, o aumento da apicetomia implicou em um ligeiro aumento na probabilidade de falha no tratamento.

3 Proposição

3 PROPOSIÇÃO

O presente estudo propõe-se a:

1. Examinar a topografia da região apical de dentes ântero-superiores humanos permanentes com o uso de microscopia eletrônica de varredura, nos seguintes itens:
 - a) Analisar o forame apical quanto à localização, distância, diâmetro e formato do ápice anatômico;
 - b) Registrar a existência de foraminas acessórias, número, diâmetro e distância do ápice anatômico;
 - c) Verificar a presença dessas foraminas com o uso do microscópio clínico.
2. Pesquisar a influência do corte durante a apicetomia na eliminação das foraminas acessórias.

4 Material e Métodos

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ATENDIMENTO ÀS NORMAS DE BIOÉTICA

Anteriormente ao início da pesquisa , o projeto foi encaminhado ao Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Bauru, da Universidade de São Paulo.

4.2 SELEÇÃO DA AMOSTRA

Foram utilizados cinquenta dentes humanos anteriores superiores extraídos (17 incisivos centrais, 17 incisivos laterais e 16 caninos), de raízes retas, ápices completamente formados, ausentes de reabsorções ou fraturas, fornecidos pelo Banco de Dentes Humanos (BDH) da Faculdade de Odontologia de Bauru-USP, mantidos em solução de timol/formol em geladeira a 4°C até o momento do uso.

4.3 PREPARO DA AMOSTRA

Todos os dentes foram lavados por um minuto em água corrente e mergulhados em hipoclorito de sódio a 1% por uma hora, para remover as estruturas orgânicas ocasionalmente aderidas à superfície radicular.

A coroa e o terço cervical da raiz de cada amostra foram eliminadas com um disco diamantado com dupla face (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil), por meio de um corte perpendicular ao longo do eixo dentário (figura 1), restando um segmento o qual permitisse a completa observação do terço apical e que fosse uma extensão adequada em relação ao teto da câmara de vácuo, onde ficam as amostras para exame. No lado vestibular foi confeccionada uma ranhura, a fim de padronizar a posição de visualização dos espécimes, tanto na microscopia clínica como na eletrônica de varredura, e nas diferentes secções apicais.

Figura 1 - Corte da porção radicular a ser analisada

4.4 ANÁLISE MICROSCÓPICA

4.4.1 Microscopia Clínica

Os ápices das raízes foram analisados no microscópio clínico (modelo M900; D.F. Vasconcellos S.A., São Paulo, SP, Brasil), em aumento de 32 vezes, com uma lima manual tipo K ISO 6 (Dentsply - Maillefer Instruments SA, Ballaigues, Suíça) inserida no canal radicular, com o objetivo de visualizar e localizar o forame principal. Uma solução aquosa de azul de metileno 2% embebida em *microbrush* (KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil) foi aplicada sobre a superfície radicular por 1 minuto e com outro *microbrush* limpo foi removido o excesso. Este procedimento foi adotado para auxiliar a visualização de possíveis aberturas foraminais adicionais. Foi observada e registrada a quantidade de foraminas e a localização do forame principal.

4.4.2 Microscopia Eletrônica de Varredura

4.4.2.1 Preparo dos Espécimes para Análise no MEV

Em seguida, as raízes foram preparadas para o exame em microscópio eletrônico de varredura. As raízes foram submetidas à desidratação, pela imersão em concentrações crescentes de álcool etílico (70%, 80%, 90% e álcool absoluto), permanecendo 90 minutos em cada concentração. Em seguida, elas foram secas em papel absorvente uma a uma e deixadas em um recipiente aberto em uma sala com ar condicionado para completa secagem.

Os espécimes, foram então fixados com esmalte para unha (Colorama Ltda, São Paulo, SP, Brasil), em uma base metálica cilíndrica, com dimensões de 10 mm de altura e 9 mm de diâmetro e levados ao aparelho metalizador (Aparelho Desk IV - Denton Vacuum, Moorestow, EUA) (figura 2) - onde em uma câmara a vácuo as amostras são superficialmente pulverizadas com o metal nobre (figura 3).

A análise foi realizada no microscópio eletrônico de varredura (JSM-T220A, Jeol, Japão), pertencente à Faculdade de Odontologia de Bauru – FOB/ USP (figura 4), obtendo-se imagens e fotografias dos ápices, operando com 10 ou 15 kV e aumento de 35 vezes. O exame foi padronizado e realizado na mesma posição visualizada no microscópio clínico.

4.2.2.2 Análise em Microscopia Eletrônica de Varredura

As fotomicrografias obtidas foram digitalizadas e transferidas a um computador, onde as imagens foram submetidas à análise com o auxílio dos softwares AutoCAD 2007 (Autodesk Inc, EUA) e ImageTool (UTHSCSA, EUA) (figura 5) . Nesta análise, os seguintes dados foram obtidos:

- Localização do forame principal;
- Número de foraminas acessórias;
- Distância dos forames do vértice apical;
- Diâmetro dos forames;
- Formato dos forames: circular, oval ou irregular.

Figura 2 - Aparelho metalizador.

Figura 3 – Espécime metalizado

Figura 4 - Microscópio Eletrônico de Varredura

Para obtenção do diâmetro dos forames, foram tomadas as medidas no sentido mesiodistal e vestibulopalatino. Forames com diferença maior que 0,02 mm nas duas medidas de diâmetro foram considerados ovais, exceto aqueles que apresentaram formato irregular.

Figura 5 - Distância dos forames no ápice anatômico e medidas do diâmetro dos forames.

Após o primeiro exame, os ápices foram seccionados a 1 mm do ápice anatômico, em um ângulo de 90°, em máquina de corte ISOMET (Isomet 1000 - Buehler, EUA) (Figura 6), em baixa velocidade (250 rpm) e irrigação contínua com água para evitar aquecimento friccional (Figura 7). Este procedimento foi adotado para que não se perdesse comprimento radicular durante a ressecção do ápice, sendo a espessura do disco 300 µm, e para padronização das apicetomias.

Figura 6 - Máquina de corte.

Figura 7 - Secção apical do espécime.

Com a finalidade de conferir a extensão da porção apical eliminada, após o corte, esta foi medida em um paquímetro eletrônico digital Starrett, série 727 (Starrett Indústria e Comércio Ltda, Itu, SP, Brasil), com resolução de 0,01 mm. A extensão da porção eliminada deveria ser de 0,7 mm, pois 0,3 mm da espessura do disco de corte provocava um desgaste na estrutura dentária, o que se somava, resultando em uma ressecção de 1 mm (Figura 8). Essa medida variou 0,05 mm para mais ou para menos (0,65-0,75 mm).

Figura 8 - Representação gráfica da espessura do segmento apical seccionado.

A porção apical do segmento foi irrigada com EDTA a 17% (Biodinâmica Química e Farmacêutica Ltda., Ibioporã, PR, Brasil), ficando sobre a superfície por 3 minutos e em seguida lavada com soro fisiológico. Os espécimes passaram novamente pelo preparo para a microscopia eletrônica de varredura e levados para sua segunda análise. Nesta etapa, foi observada a quantidade de foraminas remanescentes na região mais apical do segmento. O procedimento foi repetido com a ressecção da raiz a 2 mm e 3 mm do ápice (Figura 9). As imagens obtidas estão representadas no capítulo de resultados.

Figura 9 - Fluxograma representativo das etapas de corte e análise em MEV.

Todos os dados da contagem e medida das foraminas foram compilados em tabelas, calculada a média e desvio padrão das medidas da anatomia, e a análise descritiva e o cálculo da porcentagem de eliminação da ocorrência de foraminas em cada milímetro seccionado.

5 Resultados

5 RESULTADOS

Os resultados obtidos estão dispostos em uma sequência de tabelas.

5.1 ANATOMIA

Os resultados da observação da anatomia foram baseados na análise da microscopia eletrônica de varredura, os quais são apresentados nas tabelas 1 a 8. A localização do forame principal nas faces da superfície radicular está demonstrada na tabela 1.

Tabela 1 - Orientação topográfica do forame apical principal

LOCALIZAÇÃO	D	M	P	V	C	MP	MV	DP	DV
Incisivo Central	3	-	2	2	9	-	-	1	-
Incisivo Lateral	6	3	-	-	7	-	-	-	1
Canino	2	-	2	1	2	-	-	4	5

D = para distal

P = para palatina

M = para mesial

V = para vestibular

C = cêntrico

MP = entre mesial e palatina

MV = entre mesial e vestibular

DP= entre distal e palatina

DV = entre distal e vestibular

A tabela 2 mostra a distribuição dos espécimes que apresentaram forame apical único e aqueles que apresentaram ramificações apicais, com seus respectivos número de foraminas acessórias. Dos 17 incisivos centrais, 15 (88%) demonstraram apenas um forame apical; dos 17 incisivos laterais 12 (70,6 %) com forame único, e dos 16 caninos, este índice reduziu, sendo apenas 8 dentes (50%) com um forame apical.

Tabela 2 - Distribuição de dentes com forame apical único e distribuição da quantidade de foraminas acessórias

DENTE	Número de dentes com forame único	Número de dentes com duas ou mais foraminas*	
		Espécimes	Foraminas
Incisivo Central	15	2	2
Incisivo Lateral	12	3	2
		1	4
		1	7
Canino	8	3	2
		2	3
		1	4
		1	6
		1	9

*Inclui o forame apical principal

A média da distância, em milímetros, do forame principal ao ápice anatômico está representada na tabela 3, assim como o desvio padrão (DP) e a variação dos valores mínimos e máximos encontrados para a distância. Na tabela 4 foi representada a distribuição das distâncias, em milímetros, das foraminas acessórias e a variação entre o valor mínimo e máximo encontrados. Nos incisivos centrais, a média (DP) da distância das foraminas acessórias do ápice anatômico foi $0,85 \pm 0,32$ mm, dos incisivos laterais foi $0,79 \pm 0,34$ mm e dos caninos $0,79 \pm 0,24$ mm.

Tabela 3 - Distância (em milímetros) do forame principal ao ápice anatômico

DENTE	Distância do forame principal do ápice (mm)	
	Média (DP)	Min. – Max.
Incisivo Central	0,9723 (0,3256)	0,62 – 1,7
Incisivo Lateral	0,81 (0,2306)	0,41 – 1,32
Canino	0,7768 (0,2426)	0,3 - 1,14
TOTAL	0,8546 (0,2783)	0,3 - 1,7

Tabela 4 - Distância (em milímetros) das foraminas acessórias ao ápice anatômico

	até 0,5 (mm)	até 1,0 (mm)	até 1,5 (mm)	Min.	Max.
Incisivo Central	0	1	1	0,62	1,08
Incisivo Lateral	2	7	3	0,45	1,34
Canino	4	11	8	0,3	1,16
n =	6	19	12	0,3	1,34

A média do diâmetro, em milímetros, desvio padrão (DP), valor mínimo e máximo encontrados no forame apical e foraminas acessórias foram dispostas nas tabelas 5 e 6, respectivamente.

Tabela 5 – Diâmetro (em milímetros) do forame principal

DENTE	Média (DP) do diâmetro do forame principal (mm)		
	Maior (A)	Menor (B)	Min. – Max.
Incisivo Central	0,4352 (0,0888)	0,3335 (0,0557)	0,24 – 0,65
Incisivo Lateral	0,4208 (0,1349)	0,3208 (0,0707)	0,2 – 0,8
Canino	0,3543 (0,1091)	0,2581 (0,0847)	0,11 – 0,51
TOTAL	0,3857 (0,1163)	0,2938 (0,0748)	0,11 – 0,8

A: maior diâmetro do forame

B: menor diâmetro do forame

Tabela 6 – Diâmetro (em milímetros) das foraminas acessórias

DENTE	Média (DP) do diâmetro das foraminas acessórias (mm)		
	Maior (A)*	Menor (B)**	Min. – Max.
Incisivo Central	0,095 (0,0353)	0,065 (0,0070)	0,06 – 0,12
Incisivo Lateral	0,1716 (0,0542)	0,1291 (0,0517)	0,05 – 0,29
Canino	0,1339 (0,0640)	0,1047 (0,0503)	0,03 – 0,32
TOTAL	0,1466 (0,0655)	0,1112 (0,0528)	0,03 – 0,32

* **A:** maior diâmetro do forame

****B:** menor diâmetro do forame

Nas tabelas 7 e 8 estão apresentadas a distribuição dos espécimes em relação ao formato dos forames apicais e foraminas acessórias, respectivamente.

Tabela 7 - Formato do contorno periférico do forame principal

Formato	Incisivo Central		Incisivo Lateral		Canino		TOTAL	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Oval	11	64,7	7	41,2	9	56,25	27	54
Circular	2	11,8	7	41,2	2	12,5	11	22
Irregular	4	23,5	3	17,6	5	31,25	12	24

Tabela 8 - Formato do contorno periférico das foraminas acessórias

Formato	Incisivo Central		Incisivo Lateral		Canino		TOTAL	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Oval	1	50	5	41,7	8	34,8	14	37,8
Circular	1	50	7	58,3	14	60,9	22	59,5
Irregular	0	0	0	0	1	4,3	1	2,7

5.2 MICROSCOPIA CLÍNICA X MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

A quantidade de forames e foraminas observados no MC comparada com o MEV está apresentada na tabela 9.

Tabela 9 - Quantidade de forames e foraminas encontradas com o microscópio clínico e microscópio eletrônico de varredura

	Total de dentes	Forames principais detectados	%	Foraminas acessórias detectadas	%
MEV	50	50	100%	37	100%
MC	50	50	100%	17	46%

5.3 INFLUÊNCIA DO CORTE NA ELIMINAÇÃO DAS FORAMINAS ACESSÓRIAS

As tabelas 10, 11 e 12 acolhem a quantidade de forames em cada espécime no ápice radicular, em cortes transversais ao longo eixo do dente a 1, 2 e 3 mm do ápice, nos incisivos centrais superiores, incisivos laterais superiores e caninos superiores, respectivamente.

Tabela 10 - Quantidade de forames e foraminas acessórias presentes no ápice radicular e em diferentes níveis de corte em incisivos centrais superiores

	DENTE	ÁPICE	Secção apical		
			1 mm	2 mm	3 mm
1	Incisivo Central	1	1	1	1
2	Incisivo Central	1	1	1	1
3	Incisivo Central	2	1	1	3
4	Incisivo Central	1	1	1	1
5	Incisivo Central	1	1	1	1
6	Incisivo Central	1	1	1	1
7	Incisivo Central	1	1	1	1
8	Incisivo Central	1	1	1	1
9	Incisivo Central	1	1	1	1
10	Incisivo Central	1	1	1	1
11	Incisivo Central	1	1	1	1
12	Incisivo Central	1	1	1	1
13	Incisivo Central	1	1	1	1
14	Incisivo Central	2	1	1	1
15	Incisivo Central	1	1	1	1
16	Incisivo Central	1	1	1	1
17	Incisivo Central	1	1	1	1

Tabela 11 - Quantidade de forames e foraminas acessórias presentes no ápice radicular e em diferentes níveis de corte em incisivos laterais superiores

	DENTE	ÁPICE	Secção apical		
			1 mm	2 mm	3 mm
1	Incisivo Lateral	7	1	1	1
2	Incisivo Lateral	1	1	1	1
3	Incisivo Lateral	4	2	1	1
4	Incisivo Lateral	2	2	1	1
5	Incisivo Lateral	1	1	1	1
6	Incisivo Lateral	1	1	1	1
7	Incisivo Lateral	1	1	1	1
8	Incisivo Lateral	1	1	1	1
9	Incisivo Lateral	1	1	1	1
10	Incisivo Lateral	1	1	1	1
11	Incisivo Lateral	2	1	1	1
12	Incisivo Lateral	1	2	2	1
13	Incisivo Lateral	1	1	1	1
14	Incisivo Lateral	2	1	1	1
15	Incisivo Lateral	1	1	1	1
16	Incisivo Lateral	1	1	1	1
17	Incisivo Lateral	1	1	1	1

Tabela 12 - Quantidade de forames e foraminas acessórias presentes no ápice radicular e em diferentes níveis de corte em caninos superiores

	DENTE	ÁPICE	Secção apical		
			1 mm	2 mm	3 mm
1	Canino	6	4	2	1
2	Canino	2	2	1	1
3	Canino	1	1	1	1
4	Canino	1	1	1	1
5	Canino	2	2	1	1
6	Canino	1	1	1	1
7	Canino	1	1	7	1
8	Canino	3	1	1	1
9	Canino	1	1	1	1
10	Canino	1	1	1	1
11	Canino	4	1	1	1
12	Canino	9	3	1	1
13	Canino	3	3	2	1
14	Canino	1	1	1	1
15	Canino	1	1	1	1
16	Canino	2	2	1	1

Nos incisivos centrais, a simulação da apicetomia a 1 e 2mm eliminou as ramificações presentes, restando apenas o canal principal. Porém, no corte a 3 mm do ápice, um espécime apresentou ramificação, tendo duas aberturas além do canal principal. Por isso, 94,1% dos espécimes ficaram livres de ramificações nos 3 mm. Nos incisivos laterais a eliminação das ramificações foi crescente, e apenas a secção dos 3 mm apicais eliminou 100% das ramificações. Os caninos apresentaram maior quantidade de ramificações nos milímetros 1 e 2 e a eliminação dessas também foi crescente. Um dos espécimes apresentou múltiplas aberturas apenas no milímetro 2. Com a apicetomia simulada a 3 mm, 100% da amostra ficou livre de ramificações.

A tabela 13 apresenta a porcentagem de eliminação de foraminas a 1, 2 e 3 mm.

Tabela 13 - Porcentagem dos espécimes livres de ramificações nos 3 mm apicais

Dente	1 mm	2 mm	3 mm
Incisivo Central	100%	100%	94,1%
Incisivo Lateral	82,3%	94,1%	100%
Canino	62,5%	81,25%	100%
Total	82%	92%	98%

As imagens obtidas na microscopia eletrônica de varredura estão representadas nas figuras 10 a 17, nos diferentes níveis de observação.

Figura 10 – Fotomicrografia da região apical do canino (aumento 35x). Forame apical parcialmente obliterado por cimento

Figura 11 – Fotomicrografia da secção apical a 1 mm do ápice anatômico (aumento 35x).

Figura 12 – Fotomicrografia da secção apical a 2 mm do ápice anatômico (aumento 35x). Múltiplas aberturas foraminais, circuladas em vermelho.

Figura 13 – Fotomicrografia da secção apical a 3 mm do ápice anatômico (aumento 35x).

Figura 14 – Fotomicrografia da região apical do incisivo central (aumento 35x).

Figura 15 – Fotomicrografia da secção apical a 1 mm do ápice anatômico (aumento 35x).

Figura 16 – Fotomicrografia da secção apical a 2 mm do ápice anatômico (aumento 35x).

Figura 17 – Fotomicrografia da secção apical a 3 mm do ápice anatômico (aumento 35x).

6 Discussão

6 DISCUSSÃO

6.1 ANATOMIA

A anatomia e a morfologia características do sistema de canais radiculares são bem conhecidas. Apesar de frequentemente existirem complexidades nesse sistema, o tratamento endodôntico apresenta altas taxas de sucesso em todos os grupos dentais (SJOGREN et al., 1997; MOLVEN et al., 2002; SALEHRABI; ROTSTEIN, 2004; TAMARUT; KOVACEVIC; GLAVICIC, 2006). No passado, a falta de conhecimento a respeito da anatomia do sistema de canais radiculares era uma das principais razões de insucessos do tratamento, pois não havia disponibilidade de dados suficientes sobre o assunto (KUTTLER, 1955). Atualmente é imperativo que os profissionais devem estar conscientes das variações que existem no sistema de canais radiculares se almejam resultados satisfatórios nos tratamentos realizados, sendo eles cirúrgicos ou não.

Numerosos estudos têm mostrado essas variações no sistema de canais radiculares (HESS, 1925; KUTTLER, 1955; GREEN, 1956; ALTMAN et al., 1970; BURCH; HULEN, 1972; DE DEUS, 1975; LAMBIABLE, 1983; DUMMER; MCGINN; REES, 1984; VERTUCCI, 1984; MIZUTANI; OHNO; NAKAMURA, 1992; MORFIS et al., 1994; GUTIERREZ; AGUAYO, 1995; HESS; CULIERAS; MARROQUIN; EL-SAYED; WILLERSHAUSEN-ZONNCHEN, 2004; MARTOS et al., 2009). Entretanto, encontram-se divergências de opinião em relação à anatomia da cavidade pulpar dos dentes humanos permanentes. Essas discrepâncias resultam, em parte, das variações anatômicas presentes e das dificuldades encontradas quando o sistema de canais é estudado (VERTUCCI, 1984), pois há dissimilaridades na seleção da amostra, no método investigativo aplicado e nos variados métodos e referências utilizadas na observação e mensuração dos pontos anatômicos. Logo, a comparação entre os estudos sobre o assunto torna-se inconsistente.

A decisão por utilizar o método de microscopia eletrônica de varredura para a análise da anatomia em dentes extraídos foi baseada na confiança do método quando comparado a estudos prévios que utilizaram métodos radiográficos (ALTMAN et al., 1970; PALMER; WEINE; HEALEY, 1971; PINEDA; KUTTLER,

1972), secções longitudinais (DUMMER; MCGINN; REES, 1984), observação em estereomicroscópio (GREEN, 1956; BURCH; HULEN, 1972; BLASKOVIC-SUBAT; MARICIC; SUTALO, 1992; MIZUTANI; OHNO; NAKAMURA, 1992; MARROQUIN; EL-SAYED; WILLERSHAUSEN-ZONNCHEN, 2004; MARTOS et al., 2009), diafanização (KUTTLER, 1955; VERTUCCI, 1984; KASAHARA et al., 1990), corantes (MIZUTANI; OHNO; NAKAMURA, 1992), métodos esses que não são altamente confiáveis.

No exame radiográfico os canais radiculares não são claramente visíveis na radiografia, principalmente o terço apical, e por ser uma imagem bidimensional ocorrem sobreposições e distorções (PINEDA; KUTTLER, 1972). A radiografia não fornece informações no sentido vestibulolingual da raiz, e o ponto em que um instrumento endodôntico alcança a saída foraminal pode ser visualizado somente se ela situa-se para o lado mesial ou distal da raiz. Altman et al. (1970) investigaram a porção apical de 20 incisivos centrais superiores radiograficamente e em cortes histológicos seriados dos 2,5 mm apicais e encontraram canais acessórios em seis dentes, enquanto que os cortes seriados os mostraram em 15 dentes, o que levou os autores a concluir que o método radiográfico não é preciso na detecção de ramificações apicais.

As medidas com o método de microscopia óptica são variáveis em aspectos como a calibração do observador ou a qualidade do parâmetro de medida, enquanto a diafanização pode apresentar falha na técnica, deixando possíveis canais sem corar.

Outros métodos investigativos como reconstrução de imagem em 3 dimensões (BLASKOVIC-SUBAT et al., 1995), tomografia computadorizada de alta resolução (PETERS et al., 2000) e a própria microscopia eletrônica de varredura (MORFIS et al., 1994; GUTIERREZ; AGUAYO, 1995; TAM; YU, 2002) têm sido usados na tentativa de diminuir as variáveis na pesquisa e aumentar a acurácia das medidas. Entretanto, esses métodos dificultam a realização em um número elevado de dentes (MARROQUIN; EL-SAYED; WILLERSHAUSEN-ZONNCHEN, 2004).

Os dentes ântero-superiores observados neste trabalho apresentaram canal radicular único, como era esperado de acordo com estudos prévios (HESS, 1925; GREEN, 1956; ALTMAN et al., 1970; BURCH; HULEN, 1972; DE PINEDA; KUTTLER, 1972; DEUS, 1975; KASAHARA et al., 1990; GUTIERREZ; AGUAYO,

1995; KEREKES; TRONSTAD, 1977; VERTUCCI, 1984; TEO; CHAN; LOH, 1988; STEIN; CORCORAN, 1990; MIZUTANI; OHNO; NAKAMURA, 1992; MORFIS et al., 1994). Esses dentes foram escolhidos para o estudo porque são os dentes mais comumente submetidos à cirurgia parendodôntica (ZUOLO; FERREIRA; GUTMANN, 2000), possivelmente pela sua facilidade de acesso cirúrgico.

Alguns trabalhos (BURCH; HULEN, 1972; DUMMER; MCGINN; REES, 1984; TEO; CHAN; LOH, 1988; MORFIS et al., 1994; MARTOS et al., 2009) não estudaram os incisivos superiores separadamente, mas sim consideraram os centrais e laterais em um só grupo. Contudo, como demonstrado neste estudo e em estudos prévios (GREEN, 1956; PINEDA; KUTTLER, 1972; DE DEUS, 1975; KEREKES; TRONSTAD, 1977; MILANO; WERNER; KAPCZINSKI, 1983; MIZUTANI; OHNO; NAKAMURA, 1992), eles não possuem anatomia semelhante a ponto de não serem analisados separadamente.

Um grande fator de insucesso do tratamento endodôntico é a complexidade anatômica do sistema de canais radiculares (DE DEUS, 1975; WADA et al., 1998). A zona crítica para o tratamento endodôntico são os 3 mm apicais, onde as ramificações do canal radicular estão mais presentes, e este espaço pode abrigar bactérias viáveis, seus subprodutos, endotoxinas, etc., os quais podem estar também além do forame apical, no cimento, ou então penetrar nos túbulos dentinários, ou ainda em ambos (SIMON, 1994). Portanto, nosso estudo limitou-se em avaliar a morfologia da região apical e a sua relação na superfície da ressecção apical em cada um dos 3 mm.

6.1.1 Localização do Forame Principal

A localização do forame apical tem sido foco de análise de diferentes autores. Os resultados dos estudos de anatomia radicular apical concordam que o forame apical principal frequentemente situa-se lateralmente no ápice e aquém do vértice radicular.

Quanto à orientação do forame verificou-se neste estudo que sua localização topográfica é variável, contudo, nos incisivos centrais, em mais da metade da amostra (52%) o forame dispôs-se centricamente, seguidos de 41% nos incisivos

laterais e 12,5% nos caninos. Nos incisivos centrais, em 4 dentes o forame principal foi encontrado no lado distal (18%) ou distopalatino (6%). A orientação para vestibular foi encontrada em dois dentes (12%), assim como a orientação para o lado palatino. Nos incisivos centrais, nenhum forame apical encontrou-se disposto para o lado mesial ou posições intermediárias. Depois da posição cêntrica, nos incisivos laterais, a segunda maior incidência foi a posição do forame para distal, em 35% (6 dentes), seguidos da mesial em 18% (3 dentes) e da distovestibular em 6% (1 dente). Nos caninos observados, 68,5% (11 dentes) dos forames dispuseram-se no lado distal e posições intermediárias, sendo 12,5% na posição distal, 25% distopalatino e 31% distovestibular. Em apenas 6,25% (1 dente) o forame dispôs-se na posição vestibular e não foi encontrada nenhuma orientação para mesial.

Assim como foi constatado em nosso trabalho, estudos prévios mostraram mais da metade dos forames principais dos incisivos centrais superiores dispostos centricamente (TEO; CHAN; LOH, 1988; KASAHARA et al., 1990). Teo, Chan e Loh (1988) e Kasahara et al. (1990) verificaram 12% dos forames nos incisivos centrais orientados para o lado vestibular.

Para Pineda e Kutler (1972) 12% dos incisivos centrais e caninos superiores e 20% dos incisivos laterais superiores exibiram forames dispostos centricamente, resultados semelhantes ao de Vertucci (1984) que mostraram porcentagens de 12% nos incisivos centrais, 22% nos incisivos laterais e 14% nos caninos. Ponce e Fernández (2003) reportaram que em 28% dos dentes antero-superiores os forames estavam localizados no vértice apical. Para Milano, Werner e Kapczinski (1983) esse índice foi de 30% e a maior tendência recaiu sobre a orientação para distal nos caninos superiores. Os autores relataram que em 15 dos 20 dentes pesquisados, a localização do forame foi para distal e posições intermediárias (distovestibular e distopalatina) e em 12 incisivos laterais os forames estavam nessas orientações. Esses resultados coincidem com os de Ponce e Fernández (2003) que observaram 45% dos forames localizados no lado distal da raiz, e com o nosso estudo, onde foi encontrada a incidência distal e posições intermediárias como a mais frequente nos caninos e com a segunda maior incidência nos incisivos. Contudo, Teo, Chan e Loh (1988) reportaram que nos incisivos laterais superiores o lado mesial, em 10%, foi a orientação mais recorrente quando os forames não eram coincidentes com o ápice.

Burch e Hulen (1972) apresentaram homogeneidade nos incisivos superiores quanto à distribuição da orientação dos forames para o lado vestibular, palatino, mesial, distal ou cêntrica, coincidentes com o trabalho de Martos et al. (2009), porém neste, a equivalência na distribuição excluiu o lado palatino, no qual foi encontrado apenas um forame. Nos caninos superiores, os mesmos autores relataram diferentes incidências, tendo a orientação vestibular do forame (36,4%) mais prevalente, - como também observado por outros autores (CHAPMAN, 1969; BLASKOVIC-SUBAT; MARICIC; SUTALO, 1992) - discordando do resultado de nosso trabalho.

Na realização do nosso estudo, foram consideradas as posições intermediárias, porém alguns estudos consideraram apenas as posições cêntrica, vestibular, palatina, mesial e distal (PONCE; VILAR FERNANDEZ, 2003; MARTOS et al., 2009).

Os incisivos centrais superiores parecem ser o tipo dental em que mais o forame coincide com o ápice. Esta posição é a que oferece menos probabilidade de erro quando realizada a odontometria radiográfica, entretanto, uma posição vestibular ou palatina do forame apresenta o risco de proporcionar medidas incorretas. Radiograficamente, esse forame é sobreposto pela própria estrutura radicular, tornando difícil a identificação se o instrumento está dentro ou fora do canal radicular.

6.1.2 Presença de Foraminas Acessórias

Muitos estudos reportam a presença de foraminas acessórias no ápice radicular. Essas foraminas podem resultar da elaboração de dentina em torno dos vasos sanguíneos localizados no tecido conjuntivo perirradicular. Quando há o início da maturação da raiz, os canais laterais e acessórios são gerados. Eles contêm feixes vâsculo-nervosos que adentram ao ápice de diferentes direções. As foraminas também são formadas se há uma descontinuidade no desenvolvimento da bainha epitelial de Hertwig. Um pequeno espaço é produzido e não ocorre a dentinogênese no defeito (CUTRIGHT; BHASKAR, 1969).

Em nosso estudo, a existência de foraminas acessórias foi encontrada em todos os tipos dentais avaliados, contudo, nos incisivos centrais este achado não foi

tão frequente. Nesses dentes, não foram encontrados mais de dois forames, tendo 11% deles (2 dentes) apenas uma foramina acessória. Nos incisivos laterais, 29% (5 dentes) apresentaram ramificações apicais, variando de 1 a 6 foraminas acessórias, e nos caninos, 50% (8 dentes), podendo serem encontradas de 1 a 8 foraminas acessórias.

De Deus (1975) encontrou porcentagens semelhantes para os incisivos centrais superiores, de 8%, entretanto apenas 4% dos incisivos laterais e 15,7% dos caninos superiores mostraram canais secundários e acessórios. Green (1956), Gutierrez e Aguayo (1995) descreveram incisivos superiores com 2 ou 3 foraminas, e canino superior com 4 ou mais. Isso pode levar a uma conclusão prévia, isto é, o canino possui uma anatomia mais complexa que os incisivos, o que também foi encontrado no presente estudo. Altman et al. (1970) apresentaram um incisivo central superior extraído de uma criança de 9 anos com 20 foraminas acessórias. Além disso, os autores encontraram de 1 a 4 foraminas acessórias em outros espécimes, totalizando 75% dos incisivos centrais superiores com ramificações apicais. Teo, Chan e Loh (1988) encontraram apenas 1,2% dos incisivos superiores com duas foraminas. Esses valores se apresentaram menores em relação a outras pesquisas. Suspeita-se que o método utilizado - análise em lupa de 3 aumentos e microscópio comparador - não tenha demonstrado todas foraminas existentes. Morfis et al. (1994) encontraram foraminas acessórias em todos os grupos dentais. Dos incisivos superiores, metade apresentou, pelo menos, uma foramina acessória. Kasahara et al. (1990) observaram ramificações apicais em 62 (12%) dos 503 incisivos centrais analisados, sendo que a maioria deles possuía uma foramina acessória, mas 5 espécimes apresentaram 5 ou mais forames. Radiograficamente, Pineda e Kutler (1972) encontraram ramificações apicais em 12% dos incisivos centrais superiores, 20% dos incisivos laterais superiores e em 12% dos caninos superiores. Os autores não descreveram como interpretavam as ramificações na imagem, considerando que o método não é confiável na identificação de canais muito estreitos, como a maioria das ramificações apicais.

6.1.3 Distância do Forame Principal e Foraminas Acessórias ao Ápice Anatômico

Para a análise morfológica do forame apical, em estudos prévios o forame apical principal foi considerado o de maior diâmetro (MARROQUIN; EL-SAYED; WILLERSHAUSEN-ZONNCHEN, 2004; MARTOS et al., 2009) ou então qualquer forame que fosse maior que 100 μm (MORFIS et al., 1994). Neste trabalho optamos por inserir uma lima K de pequeno calibre (#6) no canal radicular até ser visualizada no forame apical principal, verificando assim qual forame conduzia ao canal principal. Martos et al. (2009) quando não estavam certos de qual forame possuía maior diâmetro, adotaram o mesmo método.

A distância do forame apical ao ápice anatômico é um assunto bastante pesquisado. No presente estudo, a média dessa distância foi de 0,97 mm nos incisivos centrais, 0,81 mm nos laterais e de 0,78 mm nos caninos.

Gutierrez e Aguayo (1995) mostraram grande variabilidade na distância das foraminas aos ápices, porém essas sempre se localizavam aquém do ápice anatômico. Encontraram em um incisivo lateral superior o forame apical distante até 4,31 mm do ápice. Em nosso estudo, a máxima distância verificada foi 1,70 mm, em um incisivo central. Kasahara et al. (1990) observaram 80% dos forames apicais dos incisivos centrais superiores localizados até 0,5 mm do ápice e 95% entre 1 mm do ápice ou menos. Teo, Chan e Loh (1988) reportaram - do total dos incisivos superiores - a média da distância de 0,16 mm. Ao serem considerados apenas os que apresentavam forame não coincidente com o ápice, essa média aumentou para 0,35 mm. Green (1956) encontrou nos incisivos superiores valores de 0,3 mm, e nos caninos superiores a média de 0,5 mm. Burch e Hulen (1972) encontraram uma média de 0,46 mm nos incisivos e 0,62 mm nos caninos, resultados semelhantes aos encontrados por Mizutani, Ohno e Nakamura (1992), que encontraram a distância média de 0,4 mm para incisivos e 0,51 mm para caninos; a Morfis et al. (1994), que apresentaram uma média de 0,47 mm nos incisivos superiores; e a Martos et al. (2009) que apresentaram a média de 0,37 mm nos incisivos superiores e 0,48 mm nos caninos superiores. A média descrita por Dummer, McGinn e Rees (1984) foi menor: 0,23 mm nos incisivos superiores e 0,36 mm nos caninos superiores.

Diferentemente da maioria dos estudos, em nosso trabalho o forame apical dos caninos apresentou a menor média de distância quando comparados aos incisivos. Além disso, os estudos prévios relataram as médias de distância menores em relação às encontradas em nosso trabalho. A diferença das medidas pode estar na referência utilizada para determinar a distância. Alguns estudos não explicam como foi realizada a mensuração (MORFIS et al., 1994). Nos estudos de Kutler (1955), de Teo, Chan e Loh (1988) as medidas foram feitas diagonalmente do centro do ápice ao centro do forame, enquanto em trabalhos de outros autores (BURCH; HULEN, 1972; DUMMER; MCGINN; REES, 1984; BLASKOVIC-SUBAT; MARICIC; SUTALO, 1992), a medida foi realizada de um ponto perpendicular do centro do ápice até a extensão da borda mais oclusal do forame; e em outros, ainda, da borda mais apical (GUTIERREZ; AGUAYO, 1995; MARTOS et al., 2009). No presente estudo, foram empregadas as referências do centro do ápice à borda mais incisal, porém a medida entre os dois pontos foi realizada sobre um arco de convexidade semelhante ao dente, uma vez que este não possui superfície plana. Além disso, existe variabilidade por conta da idade, raça e quantidade da amostra.

A distância das foraminas acessórias ao ápice anatômico também foi um dos objetivos deste estudo, porém este dado não é muito presente nos estudos de anatomia. Green (1956) encontrou a média da distância para as foraminas acessórias, que foi de 1,6 mm nos incisivos centrais superiores, 2,2 mm nos incisivos laterais superiores e 1,4 mm nos caninos superiores. Em nossa pesquisa, a distância das foraminas acessórias nos incisivos centrais apresentou-se mais próxima ao ápice anatômico, ou seja, entre 0,62 a 1,08 mm; nos incisivos laterais, de 0,45 a 1,34 mm, sendo a maioria localizada até 1 mm e nos caninos entre 0,3 a 1,16 mm, também com a maioria localizada em até 1 mm. Não houve nenhum caso encontrado em uma distância além de 1,5 mm.

Clinicamente não existe uma maneira de se determinar o ponto exato da localização das aberturas foraminais (GUTIERREZ; AGUAYO, 1995), nem mesmo com métodos radiográficos de odontometria, cujas limitações e erros de interpretações das imagens são inevitáveis. Isso ocorre principalmente quando o forame situa-se por vestibular ou lingual, induzindo o operador à sobreinstrumentação. Portanto o conhecimento das medidas médias das distâncias do forame ao ápice anatômico e suas possíveis variações contribui clinicamente e

tem um importante efeito no prognóstico da terapia endodôntica. A filosofia do tratamento endodôntico é não trabalhar além do forame apical a fim de não lesar os tecidos periapicais. Esta é a razão pela qual é recomendado que o comprimento de trabalho esteja entre 0,5 e 1,5 mm aquém do ápice radiográfico, pois a maioria dos dentes encontra-se nessas medidas (MORFIS et al., 1994). Relatos feitos anteriormente por alguns autores diferem desse padrão, em que algumas médias de distância nos incisivos superiores variavam em valores menores que 0,5 mm, sendo as menores médias de 0,23 mm, 0,3 mm, 0,4 mm.

Baseado nas distâncias encontradas, Morfis et al. (1994) sugeriram um determinado comprimento de trabalho aquém do ápice para cada grupo dental. Porém nos estudos realizados sobre a anatomia, encontra-se uma variabilidade de resultados, e a utilização de gabaritos pré-definidos não garante que o tratamento endodôntico seja realizado até a constrição apical, como afirmaram os autores.

Além do forame apical, o canal cementário e a constrição apical são pontos anatômicos de referência na determinação do limite apical de instrumentação e obturação do canal radicular (PONCE; VILAR FERNANDEZ, 2003). Contudo, a distância do forame à constrição apical não foi contemplada por nosso estudo, pois, para tal finalidade, seriam necessários cortes longitudinais da raiz.

6.1.4 Diâmetro do Forame Principal e Foraminas Acessórias

Para a análise do diâmetro dos forames e foraminas acessórias em nosso trabalho foram aplicadas duas medidas, uma do maior diâmetro e outro do menor diâmetro encontrado no forame. A média do maior e menor diâmetro do forame apical foi 0,43 e 0,33 mm nos incisivos centrais; 0,42 e 0,32 mm nos incisivos laterais e 0,35 e 0,25 mm nos caninos. Observa-se que há uma diferença média de 0,1 mm entre as maiores e menores medidas do diâmetro. Mizutani, Ohno e Nakamura (1992) realizaram a medida do diâmetro dos forames no sentido mesiodistal e vestibulopalatino, sendo este sentido 0,06 mm maior que aquele, com média de ambas as medidas de 0,504 mm nos incisivos centrais, 0,452 mm nos incisivos laterais e 0,425 mm nos caninos, sendo similares a nosso estudo. Resultados similares também foram apresentados por Green (1956), em que a

média do diâmetro nos incisivos superiores foi 0,4 mm, porém os caninos apresentaram média de 0,5 mm. O maior forame encontrado em nosso trabalho foi no incisivo lateral, com 0,8 mm e o menor em um canino com 0,11 mm de diâmetro. A relação para tal fato parece estar mais associada à idade e atividade funcional dos dentes do que ao tipo dental.

Kutler (1955) relatou que em pessoas mais idosas os forames foram localizados a 3 mm, ou mais, do ápice. Ele também reportou que, com a idade, o diâmetro do forame diminui pela deposição de novo cemento. A variação encontrada nas medidas do diâmetro das foraminas são frequentemente resultado dos variados graus de cementogênese (HESS; CULIERAS; LAMBIABLE, 1983; STEIN; CORCORAN, 1990; MORFIS et al., 1994), que eventualmente podem obliterar totalmente o forame, principalmente em casos de pulpectomia (HESS; CULIERAS; LAMBIABLE, 1983). A remodelação constante da raiz por reabsorção externa e aposição de cemento parece ser uma causa comum de desvio do forame apical (BLASKOVIC-SUBAT; MARICIC; SUTALO, 1992). Esta constante formação de cemento é outra razão porque não se pode estimar o comprimento de trabalho de acordo com o ápice radiográfico da raiz (MORFIS et al., 1994).

Quanto ao diâmetro das foraminas acessórias, nosso estudo revelou que, nos incisivos centrais, a média do maior diâmetro das foraminas acessórias foi de 0,095 mm e do menor, de 0,065 mm, nos incisivos laterais, 0,17 mm e 0,12 mm, e nos caninos 0,13 mm e 0,10 mm. O maior diâmetro verificado nos incisivos centrais foi de apenas 0,12 mm, nos laterais foi de 0,29 mm e nos caninos 0,32 mm. As foraminas acessórias dos incisivos centrais, portanto, foram as que apresentaram menores proporções e menor variabilidade nas medidas, porém apenas duas foram encontradas em toda amostra desse dente. A média do diâmetro das foraminas acessórias encontrada por Green (1956) foi de 0,2 mm nos três dentes. O autor constatou que o diâmetro da foramina acessória era metade ou até um terço do diâmetro do forame principal, mas em alguns casos eles eram o mesmo. Hess, Culieras e Lamiabile (1983) reportaram que as foraminas acessórias são sempre mais estreitas que o forame apical principal, no máximo a metade do seu tamanho, os quais variaram entre 20 a 200 µm, o que também é apresentado em vários trabalhos.

6.1.5 Formato do Contorno Periférico do Forame Principal e Foraminas Acessórias

Outra observação realizada foi quanto ao formato dos forames e foraminas acessórias. Quando a diferença do maior e menor diâmetro era igual ou menor que 0,02 mm, o formato do forame foi considerado circular. Este critério foi estabelecido em consideração ao ISO de tolerância dos instrumentos endodônticos (MARROQUIN; EL-SAYED; WILLERSHAUSEN-ZONNCHEN, 2004). Se esta diferença fosse maior que 0,02 mm, o forame era considerado oval ou irregular.

Em nosso estudo, a maioria dos forames apicais dos incisivos centrais superiores (64,7%) e caninos superiores (56,25%) apresentaram-se ovais, com uma menor porção circular e irregular. Nos incisivos laterais superiores, o número de forames ovais e circulares encontrado foi igual (41,2%) e apenas 3% mostraram-se irregulares. De acordo, Gutierrez e Aguayo (1995), Martos et al (2009) a maioria das aberturas foraminais possui formato circular e oval. Green (1956) descreveu o formato do contorno periférico do forame apical como circular, tendo espécimes com formato oval e uma minoria apresentando formatos irregulares.

Essas diferenças de resultados podem ser atribuídas a fatores raciais ou critérios de definição quanto ao formato (MARROQUIN; EL-SAYED; WILLERSHAUSEN-ZONNCHEN, 2004). O forame apical pode ser assimétrico sob condições fisiológicas ou patológicas, como por exemplo, consequência de uma adaptação do dente a atividades funcionais (KUTTLER, 1955; MIZUTANI; OHNO; NAKAMURA, 1992; MORFIS et al., 1994; MARTOS et al., 2009) Um forame irregular, em formato de oito, por exemplo, em casos de necrose pulpar pode ter a sua desinfecção dificultada, resultando em mais áreas de retenção para microrganismos.

6.2 MICROSCOPIA CLÍNICA X MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

A microscopia eletrônica de varredura é bem aceita para o estudo da topografia da superfície radicular. Porém, o microscópio clínico não pode ser usado para tal finalidade com tanta precisão e magnificação como as alcançadas com a microscopia eletrônica de varredura. A proposta do nosso estudo, ao comparar as duas microscopias foi a de avaliar a precisão do microscópio clínico em identificar a presença dos forames e foraminas acessórias, pois este é um recurso recomendado na cirurgia parendodôntica por melhorar a iluminação e promover magnificação no campo operatório. O uso do microscópio clínico provocou mudanças nos procedimentos cirúrgicos, melhorando a performance do operador e consequentemente, a taxa de sucesso (BELLIZZI; LOUSHINE, 1990; PECORA; ANDREANA, 1993; ZUOLO; FERREIRA; GUTMANN, 2000).

Os forames e foraminas acessórias detectados pelo MEV foram considerados o total de forames e foraminas existentes, ou seja, a microscopia eletrônica de varredura foi utilizada como o padrão-ouro, considerada exata na detecção de tais estruturas. Todos os 50 (100%) forames apicais principais foram visualizados pelo MEV e pelo microscópio clínico. A microscopia clínica identificou 77% (n=67) do total de forames e foraminas acessórias presentes nas raízes avaliadas, porém apenas 17 (46%) das 37 (100%) foraminas acessórias que foram detectadas pelo MEV. Por se tratar de um estudo *ex vivo*, acredita-se que, clinicamente, durante uma cirurgia, essa detecção é dificultada. Portanto, mesmo com o uso do microscópio clínico as foraminas acessórias podem passar despercebidas.

A aplicação do azul de metileno para o exame no microscópio clínico foi pelo fato de o mesmo ser recomendado para visualização de fraturas radiculares, istmos e demais ramificações quando associado ao microscópio clínico, aumentando o poder de visualização. Este corante fornece um contraste médio à superfície dentária, e cora seletivamente o tecido pulpar e ligamento periodontal (CARR, 1994)

Outro dispositivo utilizado para melhorar a visualização na cirurgia parendodôntica é o endoscópio, o qual apresenta algumas vantagens como facilidade e rapidez no ajuste do ângulo de visão, além da oferta uma visão direta, sem o uso de microespelhos. Ao compararem o endoscópio ao MEV, Von Arx et al.

(2003) comprovaram que o número e a qualidade da obturação de canais acessórios identificados foram idênticos com os dois métodos.

6.3 INFLUÊNCIA DA APICETOMIA NA ELIMINAÇÃO DAS FORAMINAS ACESSÓRIAS

As bactérias têm sido reconhecidas como uma importante etiologia primária no desenvolvimento de lesões periapicais (SELTZER et al., 1967; NAIR et al., 1990; MOLVEN et al., 2002). Entretanto, o objetivo do tratamento endodôntico é a eliminação das infecções do sistema de canais radiculares e a prevenção da reinfecção. A terapia endodôntica pode falhar, no entanto, para algumas causas de tal insucesso ainda existem especulações. Fatores locais e sistêmicos são citados como contribuições à falha do tratamento endodôntico.

Os fatores locais englobam a persistência de infecções no interior do sistema de canais radiculares ou na superfície da porção apical radicular, os procedimentos insatisfatórios, que podem conduzir a um preparo biomecânico falho, instrumentos fraturados, obturações incompletas ou sobreobturações, reinfecções (infecção secundária), como por exemplo os casos de inadequado selamento coronário, ou as características morfológicas do dente que podem dificultar ou impossibilitar a adequada limpeza e desinfecção. As condições sistêmicas incluem a condição imunológica do paciente para a resposta tecidual à irritação e o baixo potencial de reparo (DANIN et al., 1999).

Para Simon (1994), o sucesso ou o insucesso do tratamento, especialmente nas necropulpectomias, depende da possibilidade de sanificação da zona crítica, que são os 3 mm apicais.

Apesar da anatomia dos canais radiculares ter sido bem documentada na literatura, pesquisas sobre a implicância dos canais acessórios para um adequado tratamento endodôntico, ou então sua implicância no resultado de tal tratamento permanecem insuficientes (KASAHARA et al., 1990; GUTMANN; HARRISON, 1994; WADA et al., 1998). Quando Kutler, em 1955, realizou seu estudo de anatomia, os canais laterais, secundários e acessórios não foram levados em conta, pois o autor acreditava que eles não representavam problemas clínicos. O estudo de Nair et al.

(1990) sugeriu que na maioria dos dentes endodonticamente tratados resistentes à terapia, com lesões periapicais persistentes, encontram-se microrganismos persistentes (bactérias e fungos) que podem ter um papel significativo nos insucessos.

Diante de um insucesso do tratamento endodôntico convencional, uma possível presença de um canal adicional ou uma ramificação deve ser considerada antes de o dente ser condenado ou uma cirurgia parendodôntica ser agendada (VERTUCCI, 1984).

O impacto da anatomia do sistema de canais radiculares no resultado da terapia endodôntica é mais observado quando isso se transforma em uma dificuldade ou impossibilidade de realizar uma desinfecção necessária para ocorrer o reparo dos tecidos perirradiculares (SIQUEIRA; ROCAS, 2008). A limpeza e o preparo biomecânico, seguidos de um selamento são procedimentos desejáveis no tratamento dos canais acessórios, porém não previsivelmente atingíveis. É geralmente aceito que as ramificações apicais não são adequadamente limpas, por ficarem protegidas e muitas vezes inacessíveis ao tratamento endodôntico. Para as bactérias sobreviverem e sustentarem uma infecção persistente, elas devem resistir aos procedimentos intracanaís antimicrobianos, conseguir sobreviver em um ambiente com nutrientes escassos (SIQUEIRA, 2001), ter espaço disponível para sua multiplicação e alcançar um número suficiente para induzir dano tecidual (NAIR et al., 2005; SIQUEIRA; ROCAS, 2008), podendo inclusive induzir sintomatologia dolorosa (WEINE, 1984; FUKUSHIMA et al., 1990; NAIR et al., 1990). Consequentemente, a incidência e diâmetro dos canais laterais e ramificações apicais parecem ser significantes para a indução dessas lesões. (MIYASHITA et al., 1997). Além disso, a qualidade de suas toxinas exerce influência, isto é, a virulência do microrganismo (SZAJKIS; TAGGER, 1983; LIN; GAENGLER; LANGELAND, 1996).

O uso de medicamentos intracanaís diminui a quantidade de bactérias nas irregularidades do canal após o preparo biomecânico e irrigação. Porém uma infecção residual pode estar presente e impedir o reparo. Além das ramificações serem de difícil acesso, a falha do hidróxido de cálcio em eliminar bactérias pode estar relacionada à sua inativação pela dentina, fluidos teciduais, matéria orgânica,

os quais impedem a difusão do hidróxido de cálcio e seu efeito antimicrobiano, que é pH-dependente (HAAPASALO et al., 2007; SIQUEIRA; ROCAS, 2008).

Contudo, para Weine (1984), Miyashita et al. (1997), se o canal radicular for submetido ao adequado preparo biomecânico e obturação, os canais acessórios não necessariamente previnem o sucesso do tratamento. Considerando que canais laterais, secundários e acessórios comunicam a polpa ao periodonto, a importância desses no problema endodôntico-periodontico é evidente (DE DEUS, 1975). O dente, sua polpa e suas estruturas de suporte deveriam ser vistos como unidade biológica única, pois a inter-relação dessas estruturas, o estado saúde-doença, tem influência uma na outra (BARKHORDAR; STEWART, 1990).

Alguns estudos identificaram bactérias em ramificações do canal radicular sendo possivelmente a causa de um insucesso endodôntico (RUD; ANDREASEN, 1972; NAIR et al., 1990; WADA et al., 1998; NAIR, 2006; SIQUEIRA; ROCAS, 2008; LIN et al., 2008). Atualmente empregam-se técnicas que conseguem melhor identificar bactérias em espécimes coletados em cirurgias parendodônticas, tais como a análise microscópica combinada com métodos de análise microbiológica e imunohistoquímica. No entanto, mesmo quando identificados microrganismos, não se consegue determinar se estes são viáveis ou suficientes para manter tal lesão. Outro problema que existe nesse tipo de pesquisa é que durante ou após a cirurgia de remoção da porção apical da raiz ou extração do dente pode haver contaminação (DANIN et al., 1999).

Sendo assim, a falha no selamento da abertura de qualquer canal acessório irá conduzir a eventuais falhas tanto do tratamento convencional como do tratamento cirúrgico (TAM; YU, 2002). Entre os objetivos da apicetomia está a eliminação das ramificações apicais e proposição de um efetivo selamento no término da raiz seccionada. É óbvio que as ramificações do canal radicular, geralmente encontradas no terço apical, se não forem identificadas na cirurgia, também agem como um portal de saída para as bactérias e suas toxinas para os tecidos periapicais (VON ARX et al., 2003). A presença de canais acessórios e a falha ao tratá-los é uma causa frequente de insucessos inexplicados em casos de dentes aparentemente bem tratados (BARKHORDAR; STEWART, 1990). Esses canais não são sempre detectados radiograficamente, mas podem ser localizados durante a cirurgia e selados sem muita dificuldade (TAYLOR; DOKU, 1961).

Uma das garantias de sucesso é o conhecimento de detalhes anatômicos da região apical da raiz. Não é incomum descobrir durante a cirurgia aberturas não seladas pelo tratamento não-cirúrgico, que comunicam o sistema de canais radiculares ao periodonto (TAM; YU, 2002). Tem sido sugerido que a falha cirúrgica mais comum ocorre devido à falta de selamento da raiz seccionada (BARNES, 1984; CARR, 1994). Esta falta de selamento pode ser causada pela falha em identificar, preparar e selar áreas de istmos e canais acessórios.

Uma remoção cirúrgica da porção apical da raiz, que inclui o canal radicular principal e possíveis ramificações existentes, reduzirá o número de bactérias intraradiculares, eliminar porções inacessíveis, proporcionar acesso para limpeza do canal radicular e possibilitar o selamento da região apical a fim de evitar comunicação com os tecidos periapicais. (PECORA; ANDREANA, 1993; TIDMARSH; ARROWSMITH, 1989; DANIN et al., 1999)

Uma apicetomia bem sucedida depende parcialmente das habilidades cirúrgicas do operador, mas também de uma abordagem racional, a qual deve ser baseada em conhecimentos teóricos da endodontia (BARNES, 1984). Para Pecora e Andreana (1993), o sucesso da cirurgia pararendômica depende de grupos de fatores: um é o anatômico-fisiológico-imunológico e os outros fatores são os técnicos-operatórios.

No entanto, não há um consentimento de quanto da porção radicular apical se deve seccionar para satisfazer os princípios biológicos. Diante disso, a nossa proposta foi a de avaliar a extensão da apicetomia baseando-se no nível que seria suficiente para eliminar as ramificações apicais.

Pelos resultados do presente trabalho, pode-se supor que a anatomia do canino é mais complexa, seguida do incisivo lateral, e por último, do incisivo central. Nos incisivos centrais, a apicetomia a 1 e 2 mm eliminou as ramificações presentes, sendo portanto 1 mm a extensão suficiente para apicetomia. Porém, um espécime, a 3 mm apresentou duas aberturas extras, por isso, neste nível, a eliminação das ramificações não foi 100%. Este evento ocorreu também em um espécime dos incisivos laterais, que a 2 mm apresentou múltiplas saídas, enquanto a 1 e 3 mm, apenas o canal radicular. Isto pode ocorrer em qualquer nível de ressecção, e nenhuma extensão oferece uma garantia de total eliminação de ramificações, por

isso, uma inspeção minuciosa da superfície apical do dente seccionado é sempre importante.

Nossos apontamentos sugerem que os incisivos laterais e caninos, em 3 mm, encontram-se totalmente livres de ramificações. O estudo também propõe que a cada tipo dental existe uma variação na distribuição das ramificações e que seria interessante replicar este estudo em todos os tipos dentais.

Danin et al. (1999) relataram que quando uma apicetomia se torna necessária, eventualmente isso pode resultar em uma complicação. A ressecção apical pode transformar um forame apical único em duas aberturas apicais separadas, como foi relatado em nosso trabalho. Havendo alguma ramificação contaminada e não selada, não há reparo periapical. Quando existente, essa ramificação pode ser tão pequena a ponto de não ser identificada, permanecendo a comunicação do sistema de canais radiculares com o periodonto. Outro problema é que mesmo removendo as ramificações apicais durante a apicetomia, pode existir alguma outra ramificação ao longo da raiz que prejudique o resultado da cirurgia, pois pode ficar posicionada em um nível mais cervical que a retrobturação, como foi relatado por (ANDREASEN; RUD, 1972; BARNES, 1984; LIN et al., 2008). Por este motivo, Barnes (1984) afirmou que não seria necessária a eliminação de todas as ramificações apicais e que a raiz deveria ser preservada. Contudo, sabe-se que a extensão que o mesmo propôs, 2 a 3 mm, pode ser o suficiente para eliminá-las. Sendo assim, a obturação do canal radicular previamente ao procedimento cirúrgico reduz a possibilidade de insucesso (NICHOLLS, 1962; BRAMANTE; BERBERT, 2000).

Os pressupostos a respeito da anatomia radicular interna ensinam que a complexidade anatômica diminui significativamente no sentido coronário, principalmente abaixo do terço apical. Portanto, para garantir a eliminação dessas complexidades poderia se realizar uma substancial ressecção radicular. Este pensamento chegou a reger a cirurgia parendodôntica no passado, quando toda a estrutura dentária envolvida pela lesão periapical (cisto ou granuloma) devia ser eliminada (LUEBKE, 1974). Contudo, isso implicava em uma raiz enfraquecida, com a estabilidade comprometida e a necessidade de uma maior osteotomia. Em dentes com raízes curtas, uma apicetomia além de 3 mm já pode comprometer a força e estabilidade do dente (GUTMANN; HARRISON, 1994; KIM; KRATCHMAN, 2006).

Além disso, uma ressecção apical muito extensa pode reduzir o comprimento da raiz de tal forma que prejudique ou impeça a retenção de um pino intracanal, pois a proporção raiz-coroa pode estar inaceitável (BARNES, 1984).

No estudo de Kaplan et al. (1982), a retrobturação de amálgama não demonstrou bom comportamento em relação à infiltração, mas exibiu um sucesso clínico durante anos. A explicação dos autores é que a própria técnica cirúrgica tem mais influência nesse sucesso, como a eliminação das ramificações durante a apicetomia, o retropreparo promove uma limpeza no local e o estímulo do reparo pela curetagem apical. Atualmente há outros materiais empregados na retrobturação que apresentam melhores propriedades físicas e biológicas quando comparados ao amálgama, como o EBA ou MTA, mas por muito tempo o amálgama foi o material de escolha, e a cirurgia parendodôntica apresentava resultados satisfatórios. Sendo assim, é pertinente crer que a apicetomia é um quesito importante para o reparo de lesões periapicais persistentes.

Para Luebke (1974) o nível da apicetomia era aquele em que a raiz apresentasse pobremente obturada ou totalmente sem obturação.

Considerando as condições técnicas da época, para Barnes (1984) quando um dente era apicetomizado, as chances de sucesso endodôntico a longo prazo era diminuído por três razões. Primeiro, porque quando a raiz é seccionada é exposto um nível mais cervical da raiz, o qual possui maior área transversal. Não existe uma barreira cementária cobrindo a região e uma área consideravelmente maior de material obturador (muitas vezes não biocompatível) fica em contato com os tecidos periapicais. Segundo, porque a remoção da porção apical pode expor um segundo canal ou uma ramificação não identificados. Por mais que os materiais tenham evoluído na endodontia, tanto nos aspectos biológicos como físicos e químicos, a anatomia radicular e suas complexidades sempre estarão presentes. E o terceiro motivo justificado pelo autor é a irregularidade dos canais na secção transversal, pois muitos deles não são exatamente circulares, alguns são ovais, também não é incomum a presença de istmos, principalmente em pré-molares e molares, dificultando assim a limpeza e selamento dessa região apical.

Os avanços técnicos na endodontia permitiram a realização de uma intervenção cirúrgica mais conservadora, pelo uso da magnificação e iluminação do microscópio clínico melhorando a visualização da área cirúrgica (TAM; YU, 2002), uso do ultra-som no retropreparo e de micro-instrumentos, como o micro-espelho.

Na premissa que a maioria da anatomia que pode permanecer contaminada após a desinfecção do canal radicular está localizada nos 3 mm apicais, a apicetomia é recomendada a 3 mm do ápice (WELLER; NIEMCZYK; KIM, 1995; KIM; PECORA; RUBINSTEIN, 2001). Baseando-se em nossos resultados, esta extensão de apicetomia seria ideal na eliminação das ramificações nos caninos, contudo nos incisivos, a estrutura dentária poderia ser preservada e esta extensão diminuída para 2 mm nos incisivos laterais superiores e 1 mm nos incisivos centrais. Entretanto, é evidente a necessidade de aprofundar as pesquisas neste assunto para que tal afirmação seja efetivamente aplicada.

Quando empregado o uso do microscópio clínico na apicetomia, Pecora e Andreana (1993) sugerem uma ressecção de 2 mm e uma subsequente avaliação com o equipamento para determinar a necessidade de uma remoção adicional de estrutura radicular pela presença de ramificações.

Morfis et al. (1994) sugere uma apicetomia de 2 a 3 mm do ápice, pois em sua pesquisa as foraminas acessórias situaram-se em uma distância de 1 a 2 mm e raramente a 2 a 2,5 mm. Sendo assim, garantiram segurança na eliminação de canais acessórios não tratados e possíveis falhas em decorrência disso. No entanto, sob outro aspecto, essa proposta se revelaria frágil, pois somente o nível da saída foraminal foi considerado, e conforme foi demonstrado nesta pesquisa, no corte transversal pode ainda permanecer a ramificação, mesmo que o forame de tal ramificação tenha sido eliminado.

Peñarrocha et al. (2007) avaliaram a quantidade da raiz eliminada na apicetomia em duas medidas e nesse sentido, os autores observaram que um aumento da apicetomia leva a um ligeiro aumento na probabilidade de insucesso, como também sugerem que menores lesões periapicais possuem melhor prognóstico. No entanto, no trabalho não justificam o porquê desse resultado em relação à apicetomia. Esse estudo discorda das próprias justificativas para apicetomia. O controle realizado foi de 12 meses. Supondo que uma quantidade

maior de raiz eliminada terá maior área para formação óssea, o tempo para ocorrer esse reparo deve ser maior, o que pode ser uma razão para essa correlação.

Além da eliminação das ramificações com a apicetomia, o retropreparo e a retrobturação garantem um selamento das possíveis ramificações que podem remanescer e dos túbulos dentinários que ficam expostos, pois estes podem também abrigar microrganismos em seu interior (LIN et al., 2008). Somente a apicetomia não irá prevenir futuras infiltrações e um selamento dessa porção radicular é necessário.

Em nosso trabalho, apenas um fator, a presença de ramificações do canal radicular, é estudado e relevado para apicetomia. Além disso, há outros fatores que regem o nível da ressecção apical como reabsorções, perfurações, instrumentos fraturados, calcificações, dilacerações radiculares, fraturas horizontais, nível da crista óssea remanescente.

Com a introdução do ultra-som para confecção do retropreparo, uma segunda razão para uma apicetomia de 3 mm tem sido discutida. Há trabalhos (LAYTON et al., 1996; BELING et al., 1997; MIN et al., 1997; MORGAN; MARSHALL, 1999; RAINWATER; JEANSONNE; SARKAR, 2000) que avaliaram a incidência de linhas de fissuras e fraturas em raízes e superfícies cementárias após a utilização do ultra-som. Enquanto uns estudos mostram uma diferença significativa quanto ao nível da apicetomia, outros não mostram significância clínica nesses resultados. A apicetomia realizada a 3 mm parece oferecer um bom diâmetro de raiz remanescente para ter resiliência e absorver o potencial efeito deletério da energia ultra-sônica.

Atualmente sabe-se que a angulação ideal da apicetomia é a de 90° com o longo eixo da raiz, e o uso do microscópio clínico, ultra-som e microinstrumentos possibilitam a visualização da porção apical mesmo sem inclinação no corte. Quanto maior inclinação na apicetomia, maior a exposição dos túbulos dentinários e maior extensão da retrobturação é requisitada (TIDMARSH; ARROWSMITH, 1989; GILHEANY; FIGDOR; TYAS, 1994). Além disso, também maior extensão da apicetomia é necessária quando for inclinada, pois quanto maior essa inclinação, maior remoção de estrutura dentária por vestibular e pouca por palatina ou lingual, sob o risco da permanência de ramificações neste lado. Para Kim e Kratchman (2006), além da apicetomia em 3 mm para eliminar as ramificações, é necessária

uma obturação retrógrada de mais 3 mm, assim, diminuindo as chances de permanecer alguma ramificação sem selamento.

Este estudo foi realizado *ex vivo*, portanto seus resultados e conclusões não podem ser simplesmente transportados para uma realidade clínica. Porém, esta metodologia não é possível de ser testada *in vivo*. Há necessidade de mais pesquisas clínicas quanto à presença de ramificações apicais remanescentes em dentes apicetomizados e nas porções radiculares apicais eliminadas na cirurgia.

7 Conclusões

7 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, mas relevando as limitações metodológicas, podemos concluir que:

1. A posição cêntrica do forame apical foi a mais frequente nos incisivos centrais e laterais, e nos caninos foi a posição distovestibular.
2. A média da distância do forame apical ao ápice anatômico foi 0,97 mm nos incisivos centrais, 0,81 mm nos incisivos laterais e 0,77 mm nos caninos.
3. A média do maior e menor diâmetro do forame apical foi 0,43 e 0,33 mm nos incisivos centrais, 0,42 e 0,32 mm nos incisivos laterais e 0,35 e 0,25 mm nos caninos.
4. O formato do forame apical mais prevalente foi o oval para incisivos centrais e caninos, e oval e circular foi igualmente distribuído nos incisivos laterais.
5. As foraminas acessórias foram mais prevalentes nos caninos (23 foraminas), seguido dos incisivos laterais (12 foraminas) e incisivo centrais (2 foraminas). Todas localizaram-se em até 1,5 mm do ápice anatômico e a média do menor e maior diâmetro variou entre 0,06 e 0,17 mm. O formato do contorno periférico mais frequente foi o circular.
6. A apicetomia a 1 mm foi suficiente para a eliminação de 100% das foraminas acessórias nos incisivos centrais, enquanto nos incisivos laterais e caninos foi a extensão de 3 mm.
7. O uso do microscópio clínico foi capaz de identificar 77% dos forames e foraminas presentes.

Referências

REFERÊNCIAS

Altman M, Guttuso J, Seidberg BH, Langeland K. Apical root canal anatomy of human maxillary central incisors. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1970 Nov;30(5):694-9.

Andreasen JO, Rud J. A histobacteriologic study of dental and periapical structures after endodontic surgery. *Int J Oral Surg.* 1972;1(5):272-81.

Arens DE, Adams WR, DeCastro RA. *Endodontic Surgery.* Philadelphia: Harper-Row;1981.

Baker OS, Oguntebi BR. Effect of apical resections and reverse fillings on Thermafil root canal obturations. *J Endod.* 1990 May;16(5):227-9.

Barkhordar RA, Stewart GG. The potential of periodontal pocket formation associated with untreated accessory root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1990;70(6):769-72.

Barnes IE. *Surgical Endodontics.* Littleton: PSG; 1984.

Beling KL, Marshall JG, Morgan LA, Baumgartner JC. Evaluation for cracks associated with ultrasonic root-end preparation of gutta-percha filled canals. *J Endod.* 1997 May;23(5):323-6.

Bellizzi R, Loushine R. Adjuncts to posterior endodontic surgery. *J Endod.* 1990 Dec;16(12):604-6.

Blaskovic-Subat V, Maricic B, Sutalo J. Asymmetry of the root canal foramen. *Int Endod J.* 1992 May;25(3):158-64.

Blaskovic-Subat V, Smojver B, Maricic B, Sutalo J. A computerized method for the evaluation of root canal morphology. *Int Endod J.* 1995 Nov;28(6):290-6.

Bramante CM, Berbert A. *Cirurgia Parendôntica.* São Paulo: Santos; 2000.

Burch JG, Hulen S. The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1972 Aug;34(2):262-8.

Carr GB. Surgical Endodontics. In: Cohen S and Burns RC, eds. *Pathways of the Pulp*. 6 ed. St. Louis: Mosby; 1994:531-67.

Chapman CE. A microscopic study of the apical region of human anterior teeth. *J Br Endod Soc*. 1969 Oct-Dec;3(4):52-8.

Cohen S, Burns RC. *Pathways of the Pulp*. 6 ed. St. Louis: Mosby; 1994.

Coolidge E. Anatomy of the root apex in relation to treatment problems. *J. Am. Dent. Assoc*. 1929;16(8):1456-65.

Cummings, RR. The rationale of apical resection in retrofilling procedures. Master's thesis. Loma Linda University, 1970. In: Ingle J, Bakland L. *Endodontics*. 4 ed. Philadelphia: Williams & Wilkins, 1994.

Cutright DE, Bhaskar SN. Pulpal vasculature as demonstrated by a new method. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1969 May;27(5):678-83.

Danin J, Linder LE, Lundqvist G, Ohlsson L, Ramskold LO, Stromberg T. Outcomes of periradicular surgery in cases with apical pathosis and untreated canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1999 Feb;87(2):227-32.

De Bruyne MA, De Moor RJ. SEM analysis of the integrity of resected root apices of cadaver and extracted teeth after ultrasonic root-end preparation at different intensities. *Int Endod J*. 2005 May;38(5):310-9.

De Deus QD. Frequency, location, and direction of the lateral, secondary, and accessory canals. *J Endod*. 1975 Nov;1(11):361-6.

Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *Int Endod J*. 1984 Oct;17(4):192-8.

el-Swiah JM, Walker RT. Reasons for apicectomies. A retrospective study. *Endod Dent Traumatol*. 1996 Aug;12(4):185-91.

Endodontists AAE. Glossary of Endodontic Terms. 7 ed. Chicago: American Association of Endodontists; 2003.

Fabricius L, Dahlen G, Ohman AE, Moller AJ. Predominant indigenous oral bacteria isolated from infected root canals after varied times of closure. Scand J Dent Res. 1982 Apr;90(2):134-44.

Friedman S. Considerations and concepts of case selection in the management of post-treatment endodontic disease (treatment failure). Endod Topics. 2002 March;1(1):54-78.

Friedman S. The prognosis and expected outcome of apical surgery. Endodontic Topics. 2005 July;1(11):219-62.

Friedman S, Rotstein I, Koren L, Trope M. Dye leakage in retrofilled dog teeth and its correlation with radiographic healing. J Endod. 1991 Aug;17(8):392-5.

Fukushima H, Yamamoto K, Hirohata K, Sagawa H, Leung KP, Walker CB. Localization and identification of root canal bacteria in clinically asymptomatic periapical pathosis. J Endod. 1990 Nov;16(11):534-8.

Gagliani MM, Gorni FG, Strohmenger L. Periapical resurgery versus periapical surgery: a 5-year longitudinal comparison. Int Endod J. 2005 May;38(5):320-7.

Gilheany PA, Figdor D, Tyas MJ. Apical dentin permeability and microleakage associated with root end resection and retrograde filling. J Endod. 1994 Jan;20(1):22-6.

Green D. A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1956 Nov;9(11):1224-32.

Gutierrez JH, Aguayo P. Apical foraminal openings in human teeth. Number and location. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1995 Jun;79(6):769-77.

Gutmann JL, Harrison JW. Surgical Endodontics. St. Louis: Ishiyaku EuroAmerica 1994.

Gutmann JL, Pitt Ford TR. Management of the resected root end: a clinical review. Int Endod J. 1993 Sep;26(5):273-83.

Haapasalo M, Qian W, Portenier I, Waltimo T. Effects of dentin on the antimicrobial properties of endodontic medicaments. *J Endod.* 2007 Aug;33(8):917-25.

Harrison JW, Todd MJ. The effect of root resection on the sealing property of root canal obturations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1980 Sep;50(3):264-72.

Hess JC, Culieras MJ, Lambiabile N. A scanning electron microscopic investigation of principal and accessory foramina on the root surfaces of human teeth: thoughts about endodontic pathology and therapeutics. *J Endod.* 1983 Jul;9(7):275-81.

Hess W. *Anatomy of Root Canals of the Teeth of the Permanent Dentition.* Nova Iorque: Willian Wood and Co. 1925.

Hsu YY, Kim S. The resected root surface. The issue of canal isthmuses. *Dent Clin North Am.* 1997 Jul;41(3):529-40.

Iqbal MK, Gartenberg J, Kratchman SI, Karabucak B, Bui B. The clinical significance and management of apical accessory canals in maxillary central incisors. *J Am Dent Assoc.* 2005 Mar;136(3):331-5; quiz 79-81.

Jensen SS, Nattestad A, Egdo P, Sewerin I, Munksgaard EC, Schou S. A prospective, randomized, comparative clinical study of resin composite and glass ionomer cement for retrograde root filling. *Clin Oral Investig.* 2002 Dec;6(4):236-43.

Takehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The Effects of Surgical Exposures of Dental Pulp in Germ-Free and Conventional Laboratory Rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1965;20:340-9.

Kaplan SD, Tanzilli JP, Raphael D, Moodnik RM. A comparison of the marginal leakage of retrograde techniques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982 Nov;54(5):583-5.

Kasahara E, Yasuda E, Yamamoto A, Anzai M. Root canal system of the maxillary central incisor. *J Endod.* 1990 Apr;16(4):158-61.

Kerekes K, Tronstad L. Morphometric observations on root canals of human anterior teeth. *J Endod.* 1977 Jan;3(1):24-9.

Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. *J Endod*. 2006 Jul;32(7):601-23.

Kim S, Pecora G, Rubinstein RA. Color atlas of microsurgery in endodontics. Filadélfia: W.B. Saunders; 2001.

Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. *J Am Dent Assoc*. 1955 May;50(5):544-52.

Kvist T, Reit C. Results of endodontic retreatment: a randomized clinical study comparing surgical and nonsurgical procedures. *J Endod*. 1999 Dec;25(12):814-7.

Layton CA, Marshall JG, Morgan LA, Baumgartner JC. Evaluation of cracks associated with ultrasonic root-end preparation. *J Endod*. 1996 Apr;22(4):157-60.

Lin LM, Gaengler P, Langeland K. Periradicular curettage. *Int Endod J*. 1996 Jul;29(4):220-7.

Lin S, Platner O, Metzger Z, Tsesis I. Residual bacteria in root apices removed by a diagonal root-end resection: a histopathological evaluation. *Int Endod J*. 2008 Jun;41(6):469-75.

Luebke RG. Surgical endodontics. *Dent Clin North Am*. 1974 Apr;18(2):379-91.

Lundy FT, Linden GJ. Neuropeptides and Neurogenic Mechanisms in Oral and Periodontal Inflammation. *Crit Rev Oral Biol Med*. 2004;15(2):82-98.

Marroquin BB, El-Sayed MA, Willershausen-Zonnchen B. Morphology of the physiological foramen: I. Maxillary and mandibular molars. *J Endod*. 2004 May;30(5):321-8.

Martos J, Ferrer-Luque CM, Gonzalez-Rodriguez MP, Castro LA. Topographical evaluation of the major apical foramen in permanent human teeth. *Int Endod J*. 2009 Feb 7.

Matsura S. A simplified root-end filling technic. *J Mich State Dent Assoc*. 1962 Feb;44:40.

Milano NF, Werner SM, Kapczinski M. [Location of the principal foramen. True location versus methods using conductometry]. *Rgo*. 1983 Jul-Sep;31(3):220-4.

Min MM, Brown CE, Jr., Legan JJ, Kafrawy AH. In vitro evaluation of effects of ultrasonic root-end preparation on resected root surfaces. *J Endod*. 1997 Oct;23(10):624-8.

Miyashita M, Kasahara E, Yasuda E, Yamamoto A, Sekizawa T. Root canal system of the mandibular incisor. *J Endod*. 1997 Aug;23(8):479-84.

Mizutani T, Ohno N, Nakamura H. Anatomical study of the root apex in the maxillary anterior teeth. *J Endod*. 1992 Jul;18(7):344-7.

Molven O, Halse A, Fristad I, MacDonald-Jankowski D. Periapical changes following root-canal treatment observed 20-27 years postoperatively. *Int Endod J*. 2002 Sep;35(9):784-90.

Molven O, Halse A, Grung B. Surgical management of endodontic failures: indications and treatment results. *Int Dent J*. 1991 Feb;41(1):33-42.

Morfis A, Sylaras SN, Georgopoulou M, Kernani M, Prountzos F. Study of the apices of human permanent teeth with the use of a scanning electron microscope. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1994 Feb;77(2):172-6.

Morgan LA, Marshall JG. A scanning electron microscopic study of in vivo ultrasonic root-end preparations. *J Endod*. 1999 Aug;25(8):567-70.

Nair PN. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Int Endod J*. 2006 Apr;39(4):249-81.

Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2005 Feb;99(2):231-52.

Nair PN, Sjogren U, Krey G, Kahnberg KE, Sundqvist G. Intraradicular bacteria and fungi in root-filled, asymptomatic human teeth with therapy-resistant periapical lesions: a long-term light and electron microscopic follow-up study. *J Endod*. 1990 Dec;16(12):580-8.

Nicholls E. Retrograde filling of the root canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1962 Apr;15:463-73.

Okumura T. Anatomy of the root canals. *J. Am. Dent. Assoc.* 1927; 14(4):632-6.

Orstavik D, Pitt Ford TR. *Fundamentos da Endodontia: Prevenção e Tratamento da Periodontite Apical.* São Paulo: Santos; 2004.

Palmer MJ, Weine FS, Healey HJ. Position of the apical foramen in relation to endodontic therapy. *J Can Dent Assoc.* 1971 Aug;37(8):305-8.

Pecora G, Andreana S. Use of dental operating microscope in endodontic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1993 Jun;75(6):751-8.

Penarrocha M, Marti E, Garcia B, Gay C. Relationship of periapical lesion radiologic size, apical resection, and retrograde filling with the prognosis of periapical surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007 Aug;65(8):1526-9.

Peters OA, Laib A, Ruegsegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *J Dent Res.* 2000 Jun;79(6):1405-9.

Pineda F, Kuttler Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1972 Jan;33(1):101-10.

Ponce EH, Vilar Fernandez JA. The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen, and the apical constriction: evaluation by optical microscopy. *J Endod.* 2003 Mar;29(3):214-9.

Pucci FM, Reig G. *Conductos radiculares.* Montevideo: Barreiro y Ramos; 1944.

Rainwater A, Jeansonne BG, Sarkar N. Effects of ultrasonic root-end preparation on microcrack formation and leakage. *J Endod.* 2000 Feb;26(2):72-5.

Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *Int Endod J.* 1998 Nov;31(6):384-93.

- Ricucci D, Siqueira JF, Jr. Anatomic and microbiologic challenges to achieving success with endodontic treatment: a case report. *J Endod*. 2008 Oct;34(10):1249-54.
- Rubach WC, Mitchell DF. Periodontal Disease, Accessory Canals and Pulp Pathosis. *J Periodontol*. 1965 Jan-Feb;36:34-8.
- Rubinstein R. Magnification and illumination in apical surgery. *Endodontic Topics*. 2005 July;11(1):56-77.
- Rubinstein RA, Kim S. Long-term follow-up of cases considered healed one year after apical microsurgery. *J Endod*. 2002 May;28(5):378-83.
- Rud J, Andreasen JO. A study of failures after endodontic surgery by radiographic, histologic and stereomicroscopic methods. *Int J Oral Surg*. 1972;1(6):311-28.
- Salehrabi R, Rotstein I. Endodontic treatment outcomes in a large patient population in the USA: an epidemiological study. *J Endod*. 2004 Dec;30(12):846-50.
- Seltzer S, Bender IB, Nazimov H, Sinai I. Pulpitis-induced interradicular periodontal changes in experimental animals. *J Periodontol*. 1967 Mar-Apr;38(2):124-9.
- Simon JH. The apex: how critical is it? *Gen Dent*. 1994 Jul-Aug;42(4):330-4.
- Siqueira JF, Jr. Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *Int Endod J*. 2001 Jan;34(1):1-10.
- Siqueira JF, Jr., Rocas IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod*. 2008 Nov;34(11):1291-301 e3.
- Sjogren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J*. 1997 Sep;30(5):297-306.
- Stein TJ, Corcoran JF. Anatomy of the root apex and its histologic changes with age. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1990;69(2):238-42.

Stropko JJ, Doyson GE, Gutmann JL. Root-end management: resection, cavity preparation, and material placement. *Endo Topics*. 2005;11:131-151

Szajkis S, Tagger M. Periapical healing in spite of incomplete root canal debridement and filling. *J Endod*. 1983 May;9(5):203-9.

Tam A, Yu DC. Location of canal isthmus and accessory canals in the mesiobuccal root of maxillary first permanent molars. *J Can Dent Assoc*. 2002 Jan;68(1):28-33.

Tamarut T, Kovacevic M, Glavicic S. Influence of the length of instrumentation and canal obturation on the success of endodontic therapy. A 10-year clinical follow-up. *Am J Dent*. 2006 Aug;19(4):211-6.

Tanzilli JP, Raphael D, Moodnik RM. A comparison of the marginal adaptation of retrograde techniques: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1980 Jul;50(1):74-80.

Taylor RG, Doku HC. Root resection with amalgam apical seal. *Aust Dent J*. 1961 October;6(5):239-42.

Teo CS, Chan NC, Loh HS. The position of the apical foramen of the permanent incisors. *Aust Dent J*. 1988 Feb;33(1):51-5.

Tidmarsh BG, Arrowsmith MG. Dentinal tubules at the root ends of apicected teeth: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J*. 1989 Jul;22(4):184-9.

Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1984 Nov;58(5):589-99.

von Arx T, Montagne D, Zwinggi C, Lussi A. Diagnostic accuracy of endoscopy in periradicular surgery - a comparison with scanning electron microscopy. *Int Endod J*. 2003 Oct;36(10):691-9.

Wada M, Takase T, Nakanuma K, Arisue K, Nagahama F, Yamazaki M. Clinical study of refractory apical periodontitis treated by apicectomy. Part 1. Root canal morphology of resected apex. *Int Endod J*. 1998 Jan;31(1):53-6.

Weine FS. The enigma of the lateral canal. Dent Clin North Am. 1984 Oct;28(4):833-52.

Weller RN, Niemczyk SP, Kim S. Incidence and position of the canal isthmus. Part 1. Mesio Buccal root of the maxillary first molar. J Endod. 1995 Jul;21(7):380-3.

Wu MK, R'Oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2000 Jun;89(6):739-43.

Zuolo ML, Ferreira MO, Gutmann JL. Prognosis in periradicular surgery: a clinical prospective study. Int Endod J. 2000 Mar;33(2):91-8.