

JULIANA DE MENDONÇA INVERNICI

**ANÁLISE “EX VIVO” DA CAPACIDADE DE TRÊS LOCALIZADORES
FORAMINAIS ELETRÔNICOS EM DETERMINAR A POSIÇÃO DO FORAME
APICAL**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de especialista em Endodontia.

Orientador: Prof. Antonio Batista

Co-Orientador: Prof. Alexandre Kowalkzuk

CURITIBA

2011

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Alexandre e Jane Invernici por todo sacrifício realizado em prol da minha formação, pelo amor e carinho incondicional, por seus valores que me foram passados; minha eterna gratidão.

Ao meu namorado, Henrique Oliva por seu apoio, dedicação, amor e compreensão sem os quais não teria atingido minha meta.

Aos meus irmãos, Sabrina e Marcos Invernici pela atenção, ajuda e infinitas caronas.

Ao Prof. Antonio Batista, meu orientador, pelo tempo, atenção e colaboração a mim dispensada.

Ao Prof. Gilson Sydney, minha admiração, respeito e carinho.

A Prof^a. Marili Doro, minha gratidão e carinho por ser uma professora nota dez.

Ao Prof. Alexandre, minhas sinceras gratidões por sua paciência e disposição em esclarecer minhas dúvidas inesgotáveis.

Aos meus colegas de curso, pela ajuda nos momentos de dificuldades, risadas, conversas e amizade.

RESUMO

A presente pesquisa teve por finalidade avaliar, “*ex vivo*”, a eficácia dos localizadores foraminais eletrônicos Smarpex, Root ZX II e Romiapex A-15 na determinação do comprimento do canal radicular até o forame apical comparando-os com a real media de trabalho até o forame apical em dentes extraídos. Para tal foram utilizados 15 pré-molares humanos uniradiculares, com rizogênese completa e sem sinais de fratura apical. Após acesso coronário e radicular com brocas de Gates-Glidden # 1, 2 e 3, limas tipo K # 15 foram introduzidas no interior do canal radicular até a ponta ser visível na constrição apical sob auxílio do microscópio clínico com aumento de 20X. O comprimento de trabalho foi anotado e os dentes inseridos em um recipiente plástico contendo esponja floral embebida em solução fisiológica, e verificado qual comprimento cada aparelho acusava quando marcava o ponto zero. Os dados foram anotados e os resultados submetidos á análise estatística de Kuskal-Wallis ANOVA adotando-se variação de 0,05% ($p>0,05$). Os resultados mostraram que o aparelho Root ZX II foi mais preciso, porém sem diferença estatística significativa entre os outros aparelhos. Considerando-se uma variação de $\pm 0,5$ mm, todos os aparelhos foram eficientes em 100% das amostras em localizar o forame apical.

Palavras chave: Localizadores foraminais eletrônicos, odontometria eletrônica, determinação da medida e trabalho.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate, "ex vivo", the measurement efficiency of the apex locator SmarPex, Root ZX II and Romiapex A-15, in the measurement of the root canal length until the apical foramen comparing with the real length of the root canal until the apical foramen. For this, 15 extract human single mandibular premolars presenting complete root formation and no signs of apical fracture were selected. After coronal access and preflaring using the Gattes-Glidden drills # 1, 2 and 3, a # 15 K-file were insert into the canal until its tip was visible at the apical constriction under a clinical microscope at 20X magnification. The length was recorded and the teeth were inserting into the plastic box container floral sponge soaked with saline solution, and the measurement of the working length wich each electronic foramen locator verified until its show the zero point. Data were recorded and the results submitted to statistical analysis of Kuskal-Wallis ANOVA by adopting a variation of 0.05% ($p > 0.05$). The results showed that the Root ZX II apex locator was more accurate, but not statistically significant differences were found among other devices. Considering a range of ± 0.5 mm, all the apex locators were effective in 100% of the samples in locating the apical foramen.

Key words: Eletronic apex locator, eletronic working lenght, working length.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fotografia 1	Aparelho Smarpex (META BIOMED).....	41
Fotografia 2	Aparelho Root ZX II (J MORITA).....	41
Fotografia 3	Aparelho Romiapex A-15 (ROMIDAN).....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NaOCL	Hipoclorito de sódio
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
JEC	Junção-esmalte-cimento
CDC	Canal-dentina-cimento

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Percentuais de coincidência do ponto zero dos aparelhos com a medida real dos dentes.....	43
Tabela 2	Comparativo entre os aparelhos para determinar o forame apical.....	43
Tabela 3	Percentuais de coincidência do ponto zero dos aparelhos com o comprimento real dos dentes após a correção das medidas acorde recomendação dos fabricantes.....	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DA LITERATURA	11
3	PROPOSIÇÃO	38
4	MATERIAL E MÉTODOS	39
5	RESULTADOS	43
6	DISCUSSÃO	44
6.1	QUANTO A METODOLOGIA.....	45
6.2	QUANTO AOS RESULTADOS.....	48
7	CONCLUSÕES	51
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
	ANEXOS	57
	Anexo – A.....	58
	Anexo – B.....	59
	Anexo – C.....	60

1 INTRODUÇÃO

A endodontia tem como objetivo a manutenção de dentes acometidos por processos inflamatórios e/ou infecciosos visando à correta limpeza e modelagem do sistema de canais radiculares. Para isso, um ponto fundamental é a correta determinação do comprimento de trabalho, que se constitui uma das etapas fundamentais de sustentação do sucesso da terapia endodôntica, respeitando sempre os princípios anatômicos e fisiológicos (KUTLLER, 1955).

O ponto que a obturação do canal deve atingir será guiado pela definição do comprimento de trabalho estabelecido durante os procedimentos de limpeza e modelagem, o qual pode ser obtido pelo método radiográfico e/ou eletrônico. Para esta etapa, aparelhos localizadores foraminais eletrônicos foram introduzidos por Sunada (1962), utilizando conceitos preconizados por Suzuki (1942).

Suzuki (1942) ao realizar um estudo em cães, verificou que a resistência elétrica obtida em mucosa oral com um eletrodo acoplado a um instrumento inserido no interior do canal radicular era constante, próxima a $6,5K\Omega$. Sunada (1958) avaliou, in vivo, em 124 dentes, um método para determinação do comprimento de trabalho, sem uso de radiografias. O autor verificou que a resistência à passagem de corrente elétrica pela membrana periodontal era constante e igual a $6,5K\Omega$ ($40\mu A$), sendo coincidente com a mucosa oral. Constatou ainda que, era possível determinar o comprimento real do canal quando o amperímetro registrava $40\mu A$. Baseado neste valor, o autor sugeriu a teoria de que haveria uma relação constante entre a resistência elétrica da mucosa e do ligamento periodontal, independente do sexo, idade ou tipo de dente. A partir de então, aparelhos eletrônicos utilizando este princípio foram desenvolvidos e sua eficiência avaliada por diversas metodologias.

Desde então, os localizadores foraminais eletrônicos vêm apresentando alterações com o intuito de melhorar a sua eficiência. Em 1994 surgiram os localizadores denominados de 3ª geração, que utilizam corrente alternada com mais de uma frequência, o que diminui o índice de erros (KOBAYASHI & SUDA, 1994).

Diferentes aparelhos têm sido introduzidos no mercado com o intuito de facilitar os procedimentos clínicos, pela indicação no visor, da posição da ponta da lima em relação ao ponto em que se encontra no canal radicular, se dentro, na constrição, ou fora do canal.

No entanto, aparelhos diferentes podem indicar a mesma medida, sem, contudo serem efetivamente coincidentes. Devem-se buscar procedimentos em que todos os aparelhos demonstrem as mesmas medidas eletrônicas e nos quais essas medidas sejam coincidentes na mensuração real. Se isto não ocorrer, se faz necessário testar se as discrepâncias encontradas pelas diversas marcas comerciais não comprometem a qualidade da definição do comprimento de trabalho e por conseqüência, da terapia endodôntica.

A importância dos aparelhos eletrônicos faz-se cada dia mais necessário visto que o sucesso do tratamento endodôntico é dependente do correto comprimento da limpeza, modelagem e obturação do canal radicular. Tradicionalmente tem sido utilizado o método radiográfico para esta etapa, porém as radiografias nos mostram apenas o término do dente (ápice), e isto pode não significar o término do canal radicular. Diferentes trabalhos têm mostrado que o forame apical é o marco do término do canal radicular (DING et al., 2010);(WILLIAMS et al., 2006), e as radiografias por serem imagens bidimensionais de objetos tridimensionais, não mostram este local, o forame apical.

Ricucci (1998) realizou uma extensa revisão de literatura acerca dos conhecimentos relacionados à anatomia apical e da reação histológica da polpa e tecidos periapicais aos materiais endodônticos, além de revisar conceitos de forame apical, constrição apical e limite Canal-Cemento-Dentina. Segundo o autor, há consenso quando a evidência que uma obturação homogênea, mantidas nos limites anatômicos do canal radicular favorece a obtenção de índices de sucesso de 94% e que, neste processo, o grande desafio seria a determinação precisa da constrição apical, ponto histológico considerado pelo autor como limite ideal de instrumentação e obturação.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Kutler (1955) em um trabalho intitulado investigação microscópica dos ápices radiculares, utilizou duzentos e sessenta e oito dentes humanos extraídos, dos quais 95% foram obtidos de cadáveres. Os dentes não tinham lesão apical e apresentavam oclusão normal, sendo que alguns apresentavam cárie superficial. Foram divididos em dois grupos, baseados na idade dos indivíduos: de 18 a 25 anos e acima de 58 anos. Dentre várias observações, o autor encontrou uma distância média da linha demarcatória do limite CDC até o forame apical que foi de 524 microns do primeiro grupo e 659 microns no segundo grupo.

Dummer et al. (1984) estudaram 270 dentes extraídos de pacientes com idade desconhecida avaliando a relação do forame com o ápice e a distância do forame à constrição apical. Além disso, os autores estudaram a topografia da região apical sob um aumento de 20x. A média da distância ápice-forame foi de 0,38mm e a média de distância ápice-constrição foi de 0,89mm. O estudo confirma que a visão precisa da constrição é impossível durante a terapia endodôntica, mas indica que uma combinação de métodos pode ser mais produtiva que um procedimento isolado.

Kobayashi & Suda (1994) relataram o desenvolvimento de um dispositivo eletrônico que realizava o cálculo do comprimento do canal a partir da razão de duas impedâncias obtidas por meio de duas diferentes frequências, de forma simultânea. O quociente desta relação é mostrado no visor do dispositivo e representa a posição da lima no canal. Os autores concluíram que este quociente não era influenciado significativamente pela presença de eletrólitos no canal e diminuía consideravelmente quando da aproximação da ponta da lima em relação à saída foraminal.

Kobayashi (1995) afirmou que a mais importante vantagem do método eletrônico é que o comprimento do canal pode ser medido no final do forame apical, e não do ápice radiográfico. Relatou também que a maior desvantagem é que os eletrólitos pesados que estão no canal, tornam a medida muito alta, obtendo medidas muito curtas ou as vezes se torna impossível realizá-las. Destacou que novos aparelhos estavam sendo desenvolvidos, e que poderiam realizar medidas mais precisas, mesmo na presença de eletrólitos pesados. Relatou que os dentes

poderiam ser preparados na porção apical com mais segurança, do que utilizando apenas o método radiográfico para obter as medidas.

Pagavino et al. (1998), utilizaram vinte e nove dentes vitais para testar a precisão do aparelho Root ZX em localizar o forame apical. Depois da extração, um microscópio foi utilizado para analisar a relação da ponta da lima com o forame. As amostras foram divididas em dois grupos (A e B) de acordo com a presença de um forame apical normal (no longo eixo do dente) ou de um forame lateral (desviado do longo eixo). Com uma tolerância de ± 0.5 milímetros, uma precisão clínica média de 82,75% foi determinada no total da amostra. Com uma tolerância de ± 1.0 milímetro, foi encontrada uma precisão de 100%. Erros de localização do ápice foram significativamente menos nos casos com forame apical normal do que nos casos com forame lateral. Uma precisão de 100% foi registrada no grupo A, com tolerância de ± 0.5 milímetros.

Ibarrola et al. (1999) avaliaram o efeito do pré-alargamento na resposta do localizador foraminal Root ZX. Segundo os autores, este aparelho é um exemplo de uma geração de localizadores foraminais que identifica o término do canal através de duas impedâncias elétricas. Trinta e dois dentes foram divididos em dois grupos. No grupo 1, não foi manipulado antes do uso do localizador foraminal e serviu como controle. No grupo 2, os canais foram alargados antes do uso do localizador. No comprimento de trabalho, a lima foi mantida em posição e realizada uma medida linear utilizando o programa visilog 5. Os resultados sugerem que o pré-alargamento do canal determinou comprimentos de trabalho mais consistentes ao atingir o forame apical, aumentando a eficácia do localizador Root ZX.

Fouad et al. (2000) avaliaram o efeito do uso de localizador foraminal no número de radiografias feitas e da adequação no comprimento final da obturação. Cinquenta e oito canais após acesso endodôntico tiveram o comprimento de trabalho determinado utilizando dois métodos: radiografia e com o aparelho root ZX. A radiografia foi obtida usando a técnica do paralelismo diminuindo-se 2.0 milímetros da distância da parte incisal mais visível até o ápice e, quando o aparelho foi utilizado, a lima era posicionada na marca de 1.0 milímetro aquém do ápice. Foi pedido a um grupo de estudantes que marcassem o comprimento de trabalho com alguma das duas técnicas e fizessem uma radiografia no comprimento de 1.0 milímetro aquém do ápice. Uma vez que o tratamento estava completo, o número

total de radiografias era contado. A técnica eletrônica melhorou a qualidade de comprimento da obturação final que foi considerada aceitável de 0-2 milímetros aquém do ápice. O número de radiografias foi menor nos pré-molares, mas não nos molares.

Lee et al. (2002) avaliaram a precisão de um novo aparelho com circuito de compensação automático para os possíveis erros nas medidas dos localizadores foraminais frente aos vários tipos de soluções eletrolíticas. Foram testados clinicamente trinta e um canais de pacientes que tinham extração indicada por motivos periodontais ou ortodônticos. As limas endodônticas foram inseridas nos canais até que o aparelho indicasse o sinal "apex". As limas foram, então, imobilizadas com cimento de ionômero de vidro e os dentes extraídos. Após a extração, a porção apical da raiz foi desgastada para a observação da posição da ponta da lima em relação ao forame e à junção canal-cimento-dentina com auxílio de um microscópio clínico. Essas distâncias foram medidas e avaliadas estatisticamente. Os resultados mostraram que as distâncias estavam, em média, 0,13 milímetros aquém do forame (com uma variação de -1,28 e +0,46 milímetros) e, quando a união canal-cimento-dentina foi detectada, a distância média foi de +0,18 milímetros (com uma variação de -0,98 e +0,65 milímetros) da união CDC. Dos 31 espécimes, apenas em 14 podiam-se, ao microscópio eletrônico, detectar o limite CDC. Os autores não observaram diferenças significativas nas leituras realizadas entre forames apicais amplos e forames apicais com diâmetros menores e, dentes vitais e não vitais.

Tinaz et al. (2002) estudaram a precisão do Root ZX com diferentes concentrações de NaOCL e observaram os efeitos do modelo de alginato quando NaOCL era usado durante estas medições. Cinquenta dentes extraídos com único canal, foram usados em 5 grupos experimentais. A coroa era cortada a 2.0 milímetros da JCE. O acesso de cada canal foi realizado e o conteúdo foi removido. Então o clip labial e 10 raízes foram incorporados no alginato o qual se repetiu nos 5 grupos. NaOCL nas concentrações de 5,25%, 2,65%, 1,0% e 0,5% foram utilizados nos grupos 1, 2, 3 e 4 respectivamente. O grupo 5 era o controle no qual foi utilizado água destilada. As medidas com o aparelho Root ZX eram feitas de acordo com as indicações do fabricante. A lima era introduzida no canal até chegar a 0,5 milímetros. Após a determinação da posição, era fixada com resina autopolimerizável. A seguir

os dentes eram removidos do alginato e o terço apical era cortado verticalmente até que a lima ficasse visível. Eram então examinados sob aumento de 10x e as distâncias entre a ponta da lima e o forame maior e menor, medidas. Concluiu-se que o aparelho Root ZX pode ser usado em qualquer concentração de NaOCL, e o modelo de alginato também.

EI Ayouti et al. (2002) avaliaram a utilização do Root ZX de evitar instrumentação além do forame apical em pré-molares após determinar o comprimento de trabalho com radiografia utilizando 43 canais. Os dentes eram limpos e um plano oclusal era preparado para definir o ponto de referência. Acesso cavitário era feito e a porção cervical era preparada com Gates glidden #2 e #3, e a irrigação era feita com NaOCL 1,0%. O comprimento real do dente era medido com uma lima #6, e assim que a ponta ficasse visível na porção apical, o cursor era ajustado e a medida era conferida com microscópio estereoscópico num aumento de 15X. A medida radiográfica também era realizada com um modelo fixo para assegurar a posição do filme. Na primeira radiografia era usada técnica do paralelismo para determinar o comprimento do dente. Subseqüente era feita uma radiografia da medida de trabalho com a lima em posição, e se necessário, correção de medida com uma terceira radiografia, para que a ponta ficasse na distância entre 0 e 2 milímetros do ápice. A medida era obtida com uma régua milimetrada com um aumento de 3,6X. Para a medida eletrônica, o dente era embebido em NaOCL 0,9% e mantido por 24hs. O dente e o aparelho foram conectados, a medida realizada com lima #6 e #8, que era introduzida até que o aparelho indicasse 0,5 milímetros. Os resultados mostraram que a medida eletrônica com o Root ZX reduziu a porcentagem de sobre instrumentação em 21%. Em 14% dos casos ambos levaram a sobre instrumentação.

Oishi et al. (2002) investigaram a possibilidade de detectar a constrição do canal usando um localizador foraminal. Setecentos e setenta e um dentes foram examinados, sendo que as coroas foram removidas na JCE com um disco diamantado. Sob um microscópio estereoscópico a dentina cobrindo o orifício do canal era removida com uma ponta de ultrassom. Por primeiro um instrumento profile #1 serie 29 era empurrada apicalmente sem rotação. Quando a lima encontrava resistência era manipulada com movimento de cateterismo. Quando necessário o terço coronário era alargado com Gates glidden #1 a #4. Então o canal era

novamente trabalhado com movimento de cateterismo. Se a patência ainda não fosse obtida, o canal era trabalhado mais, com um instrumento pré-curvado. Se após todos estes procedimentos o canal não era penetrado, era considerado impenetrável. Havia 70 canais impenetráveis. Cada raiz foi fixada na borda de um frasco usando resina auto polimerizável. Um fio de aço inoxidável foi parafusado no corpo do frasco para ser usada como eletrodo neutro. Os canais eram preenchidos com NaOCL 6%. A impedância eletrônica entre a lima e o fio era medida usando um analisador de impedância. A lima era fixada na posição mais profunda do canal. A seguir o Root ZX era conectado e a leitura da medida era gravada na mesma condição usada para análise da impedância. Após cada lima ser fixada o canal era virado mesiodistal ou bucolingual para obter uma foto precisa numa espessura de 1.5 milímetros sem expor o canal. A distância entre o ápice radiográfico e a ponta da lima foi medida em um programa de computador. Dependendo da morfologia do canal e da posição da ponta da lima os canais foram divididos em três grupos. Grupo A (constrito com 3.0 milímetros do ápice radiográfico), grupo B (sem constrição com 3.0 milímetros do ápice), grupo C (constrito mais de 3.0 milímetros aquém do ápice). Os resultados mostraram que houve diferença entre o grupo A e B, sugerindo que o aparelho Root ZX pode ser útil para localizar constrições de canais.

Meares & Steiman (2002) pesquisaram a influência do NaOCL na precisão do aparelho Root ZX. Quarenta dentes extraídos, com preparo cervical com Gates glidden e patência feita com lima FF #10 foram montados em um aparato de plástico contendo soro 0,9%. Após a realização da primeira medida, o dente era irrigado com NaOCL 2,5% e realida nova medição. Por último era irrigado com NaOCL 5% e repetido a medição. As medidas eram subtraídas do comprimento real do dente, que foi determinado por uma lima antes que a ponta fosse vizualizada no forame apical. Não houve diferenças significativas.

Kaufman et al (2002) testaram, in vitro, a precisão do localizador foraminal Bingo 1020, comparando os resultados com o Root ZX, bem como com o método radiográfico de odontometria. Foram utilizados 120 dentes unirradiculares ou raízes com um canal escolhidas aleatoriamente de dentes multirradiculares. As raízes foram divididas em 12 grupos de 10 dentes cada. Após o acesso foi realizada a medida real dos dentes, que foram incluídos em alginato. Foram realizadas três medidas em cada aparelho e a média computada; na terceira medida, foi realizada

uma tomada radiográfica. Cada canal foi preparado até a lima #40 e irrigado com solução salina. Após o término de cada preparo, a medida eletrônica foi realizada por cada aparelho com o canal seco e com várias substâncias químicas (NaOCL, EDTA, Solução Salina, Clorexidina e Xilol). Cada medida foi realizada três vezes e o comprimento radiográfico foi a última medida da série. Os resultados mostraram que houve uma significativa diferença estatística entre o Bingo 1020 e o Root ZX. Ambos os aparelhos mediram o dente com bastante precisão sem serem influenciados pela substância química. Os autores concluíram que o Bingo 1020 provou ser tão confiável quanto o Root ZX e foi usado facilmente. Sob as condições experimentais, as medidas eletrônicas foram mais confiáveis que as radiográficas.

Welk et al. (2003) comparam a precisão de um localizador de duas frequências (Root ZX) com um de cinco frequências (Endo Analyzer Model 8005). Trinta e dois dentes com indicação para extração foram utilizados. A porção coronária foi alargada com brocas Gates Glidden #2 e #4 e orifice shapers nº50 e nº30, sendo que os canais foram irrigados com NaOCL 2,6%. Foram utilizadas limas tipo K para determinar o comprimento dos dentes com cada localizador foraminal. Os dentes foram extraídos e 4.0 milímetros da porção apical de cada dente foi exposta. Fotografia de cada dente foi projetada e a posição da lima em relação ao menor diâmetro foi determinada por dois avaliadores. A média de distância entre o comprimento de trabalho e a constrição apical foi de 1.03 milímetros para o Endo Analyzer e 0.19 milímetros para o Root ZX. Concluíram que o Root ZX localizou a constrição apical em 90,7% dos casos e o endo Analyzer modelo 8005 em 34,4%.

Lucena-Martín et al. (2004) pesquisaram se a precisão do Justy II, Root ZX, Neosono Ultima EZ são válidas, junto com a concordância de medidas obtidas por 2 diferentes operadores. Foram utilizados 20 canais com a coroa seccionada, irrigados com NaOCl 2,5%. Antes das medidas um operador A inseriu uma lima FF #15 antes de a ponta ser visualizada pelo forame. O comprimento real foi medido com magnificação 2.5x em régua milimetrada. Os dentes foram inseridos em alginato e, utilizado uma Lima K #15 para os operadores B e C realizarem as medidas individualmente. O comprimento obtido por eles era então comparado com os encontrados pelo operador A. A análise estatística dos resultados mostrou que os localizadores são confiáveis em detectar o ápice numa variação de 80% a 85% para

o Justy II e 85% a 90% para o Neosono dependendo do operador, considerando que a confiabilidade foi encontrada em 85 % para o Root ZX.

Kim & Lee (2004) fizeram uma revisão sobre os localizadores foraminais eletrônicos desde o surgimento, até a evolução de vários tipos de aparelhos. Descreveram trabalhos correlacionando a influência dos vários tipos de substâncias química sobre a precisão dos localizadores, assim como o efeito das condições pulpares sobre a leitura dos mesmos. Dentre os trabalhos citados os autores fizeram, também, uma revisão onde avaliaram o efeito da influência de reabsorções apicais presentes em alguns dentes, sobre estas leituras. Os autores explanaram também, sobre os trabalhos que consideram a capacidade de detecção de perfurações radiculares. Trabalhos relatados neste artigo demonstram que a leitura realizada pelos localizadores foraminais, com instrumentos endodônticos fabricados com vários tipos de ligas metálicas não sofrem interferência. Dentre as condições clínicas, os autores relataram que a tomada radiográfica não deve ser eliminada durante a odontometria, principalmente nos casos onde existir uma instabilidade no sinal do aparelho, como em casos de ápices incompletos, cáries muito extensas e grandes restaurações metálicas.

Gordon & Chandler (2004) realizaram uma revisão em 113 artigos escritos na língua inglesa sobre localizadores foraminais eletrônicos, descrevendo seu desenvolvimento, sua forma de utilização, além da descrição dos diversos tipos. Os autores relataram que nenhuma técnica individual era satisfatória na determinação do comprimento do canal; que a constrição apical seria o limite anatômico ideal para instrumentação e obturação do canal; que sua distância até a saída do forame não poderia ser determinada radiograficamente; que os localizadores foraminais eletrônicos poderiam determinar essa posição com exatidão de 90%, no entanto, com limitações. Os autores concluíram que a conjugação entre o conhecimento da anatomia apical, o exame radiográfico e o uso correto dos localizadores redundaria em resultados mais precisos, clinicamente.

Dos Santos (2005), avaliou a eficácia dos localizadores foraminais Bingo 1020, Novapex e Root ZX. Compararam a odontometria eletrônica na posição 0 (zero) com a medida real dos dentes, e a odontometria radiográfica com a odontometria eletrônica na posição 1.0 milímetro aquém do ápice e na posição 0 (zero). Foram utilizadas 71 raízes de molares extraídos, sendo raízes vestibulares

dos molares superiores e raízes mesiais dos molares inferiores, os quais foram colocados em uma plataforma cuja finalidade era de manter os dentes em posição com os respectivos ápices em contato com uma solução salina. Após realização de cavidade de acesso, foram explorados com limas tipo K #10 e #15. A odontometria foi realizada com a lima # 20, sendo que a medida real foi obtida com lupa de aumento de 2,5X, considerando a posição em que a lima emergia da constrição apical. Inicialmente, realizou-se esse procedimento nos dez dentes presentes no suporte; o procedimento foi repetido com os demais dentes até completar essa verificação em todo o grupo da amostragem. Uma vez realizada a patência dos canais com a lima #15, partiu-se para a odontometria eletrônica com a lima #20. A lima foi penetrada até as proximidades da região apical e o excesso de soro fisiológico presente na câmara foi removido. Nesse ponto foi conectado na lima um dos localizadores foraminais. A alça labial foi mantida no interior do soro fisiológico presente no recipiente que recebia o suporte com os dentes. A lima foi penetrada até o ponto definido pelo localizador em 1.0 milímetro aquém do ápice. A lima foi mantida nesse ponto, o cursor posicionado na referência e a posição conferida novamente no localizador. Retirou-se a lima do interior do canal e realizou-se a primeira medida com o paquímetro digital até duas casas decimais. Nesse mesmo canal, penetrou-se com a lima até as proximidades da região apical, conectou-se o localizador e continuou-se o movimento em direção à região apical até a posição que o aparelho indicava que havia passado da constrição apical. Realizou-se o recuo até a posição definida como ponto zero ou constrição apical na odontometria eletrônica. O cursor foi novamente posicionado, seguindo a mesma referência inicial, e a localização da ponta da lima conferida no posicionador. Realizou-se a segunda medida com o paquímetro digital. Esse procedimento foi realizado com os três aparelhos. Para o localizador foraminal Bingo 1020, a cada odontometria eletrônica, o dente era colocada no suporte para radiografias e realizada uma tomada radiográfica. Nesse caso, a posição do dente foi a mesma da radiografia inicial para a análise radiográfica dos espécimes. A radiografia foi processada automaticamente perfazendo um tempo total de 6 minutos. As radiografias foram realizadas tanto na posição definida pelo localizador em 1.0 milímetro como na posição zero; foram montadas em suporte plástico adequado e codificadas. Foram analisadas por 3 especialistas, de maneira individual sob as mesmas condições ambientais. Os

resultados mostraram que os localizadores foraminais Bingo 1020, Novapex e Root ZX não apresentaram diferenças significativas entre si nas medidas 1.0 milímetro aquém do ápice e na posição 0 (zero). Na comparação com a medida real, o Root ZX apresentou uma maior porcentagem de aproximação, embora não significativa. Na odontometria radiográfica, considerando os três avaliadores, houve diferença estatística significativa em dois em relação à odontometria eletrônica com o localizador Bingo 1020.

Real et al. (2006) avaliaram, em dentes extraídos, a acuracidade dos localizadores foraminais eletrônicos Just II e Root ZX. Utilizaram 20 dentes pré-molares superiores que após abertura coronária, uma lima tipo K # 10 foi inserida no canal até que sua ponta pudesse ser visível em nível de forame apical, conferindo com lupa com aumentos de 4X. O comprimento de trabalho foi obtido recuando-se 1,0 milímetro desta medida. A seguir os dentes foram posicionados em uma esponja contida dentro de um recipiente plástico contendo soro fisiológico. Os canais foram preenchidos com a solução de hipoclorito de sódio a 1,0% e três examinadores, utilizando-se dos aparelhos Root ZX e Just II, verificaram a medida real a 1.0 milímetro aquém do forame, com as medidas que os aparelhos marcam na sua tela 1.0 milímetro aquém. Os resultados mostraram que o aparelho Just II obteve 64,86% de medidas aquém de 1.0 milímetro 24,33% além e somente 10,81% de medidas iguais. Para o aparelho Root ZX, obteve-se 35,14% de medidas aquém, 51,35% além e 13,51% iguais. Concluíram que ambos os aparelhos foram imprecisos em estabelecer a medida 1.0 milímetro aquém do forame.

Ebrahim et al (2006) avaliaram o efeito do calibre da lima na precisão do aparelho Root ZX em uma solução de Agar na presença de NaOCL e sangue em canais alargados. Trinta e seis dentes sem coroa com preparo cervical com Gates Glidden e as porções média e apical preparadas com limas K #10 a #80 na medida apex do localizador, foram irrigados com NaOCL 6% e explorados com limas #10 e #15. O comprimento real do dente foi verificado com lima K #10 antes que a ponta ficasse visível no forame maior com ajuda de magnificação 10x. Primeiramente os dentes foram preparados com limas de #10 a # 40, separados em dois grupos e preenchidos com sangue ou NaOCL. Eram feitas as medidas no apex, e então os dentes eram preparados até a lima #60 e depois até a # 80. Da mesma maneira eram separados em dois grupos preenchidos com sangue ou NaOCL e feitas as medidas.

Os resultados mostraram que tanto o calibre do instrumento, o estágio do preparo e tipos de solução tinham influencia significativa nos erros de medidas. Quanto mais o diâmetro do canal aumentava, a medida com instrumentos finos se tornava curta. Uma lima de tamanho próxima ao diâmetro do canal deve ser usada na presença de sangue. Na presença de NaOCL, o root ZX foi altamente preciso mesmo quando a lima tinha um calibre menor que o diâmetro do canal.

Willians et al. (2006) compararam a diferença entre o comprimento de trabalho “*in vivo*” estabelecido pela radiografia periapical e a medida “*in vitro*” da ponta da lima até o forame apical de dentes extraídos. Vinte e seis canais de dentes que tiveram como planos de tratamento extração foram acessados após anestesia e isolamento de borracha. As cúspides foram reduzidas para criar um ponto de referência. A porção coronal foi alargada usando brocas de Gates-Gidden #2 e #4, os canais irrigados com hipoclorito de sódio 5,25% e o excesso removido com pontas de papel. Uma lima K #15 foi inserida no canal até o localizador foraminal Root ZX indicasse que a lima atingiu o ápice. Uma lima K #20 foi presa no comprimento de trabalho com cimento de ionômero de vidro. A lima era cortada, o isolamento removido e uma radiografia feita com posicionador. O dente era extraído, colocado em contacto com o NaOCL 5,25% por 10 minutos para remover todo o tecido orgânico e conservado. Cada dente foi analisado com um microscópio com aumento de 8x para observar se houve modificações durante a extração. Novamente era analisado usando um videomicrometro com aumento de 30x e a distância entre a ponta da lima e a porção mais coronária do forame maior era medida 3 vezes. Seis examinadores olharam cada radiografia e avaliaram o comprimento de trabalho de cada canal. Os resultados mostraram que quando a lima parece estar curta na radiografia, na verdade ela está próxima do forame, e quando está além do forame, está mais além do que a radiografia mostra.

Plotino et al. (2006) compararam “*ex vivo*” a precisão de três localizadores foraminais: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator e Propex. Quarenta canais de dentes permanentes sem cárie ou restauração foram selecionados. Raízes com reabsorção, fratura, ápice aberto ou canais invisíveis na radiografia foram excluídos. Os dentes foram embebidos em solução de formalina a 10 % e colocados em NaOCL a 5,25% por duas horas para remoção do ligamento periodontal. Depois de enxaguados com água, foram tranferidos novamente para solução de formalina,

com exame cuidadoso com um microscópio estereoscópico em um aumento de 30x para conferir se havia fraturas e completa formação do ápice. Duas radiografias preliminares foram feitas em direção mesiodistal e bucolingual para estudar a anatomia. O acesso foi realizado e uma broca de Batt foi utilizada para suavizar as paredes da câmara pulpar. Após os canais serem localizados, 5,0 ml de NaOCl foram utilizados para irrigação e com uma lima K #10 a patência era realizada. Após esse preparo, um primeiro operador inseriu uma lima K #15 no canal até a ponta se tornar visível pelo forame sob um aumento de 20x. A ponta era então retirada quando se encontrava tangencial ao forame. O cursor era ajustado, e a distância entre a ponta da lima e o cursor era medida sob um aumento de 4,5X com uma régua milimetrada. Então 0.5 milímetros eram diminuídos da medida, esse era o comprimento real do dente, sendo então incorporado em um modelo de alginato. Para as medidas eletrônicas, uma lima K#15 foi utilizada. Em primeiro, os canais foram irrigados com NaOCL a 5,25% colocado com agulha endodôntica e a camara pulpar seca com jato de ar. Usando o aparelho Root ZX a lima era introduzida até o apex do aparelho, então recuava até aparecer no visor que a lima estava entre apex e a medida 1.0. Com o aparelho Elements a lima avançava até o aparelho indicar 0,0 no visor, e recuava-se até o símbolo de 0.5 milímetros. Usando o Propex, a lima avançava no canal até aparecer a luz vermelha e o sinal sonoro indicando que se encontrava no ponto 0. O cursor era ajustado e as medições feitas com auxílio de uma régua milimetrada sob magnificação de 4,5X. A porcentagem de medidas com ± 0.5 milímetros foi 97,37% (84,22% dentro de 0.5 milímetros aquém do localizador foraminal) para o Root ZX, 94,28% (88,57% dentro de 0.5 milímetros aquém do Localizador foraminal) para o Elements 100% (35,9% dentro de 0.5 milímetros aquém do localizador foraminal) para o ProPex. A diferença significativa entre os aparelhos e as medidas de comprimento pelo Root ZX, Elements e Propex fora, respectivamente 0.157 ± 0.228 , 0.103 ± 0.359 e 0.307 ± 0.271 milímetros.

Nekoofar et al. (2006) fez uma extensa revisão de literatura para clarificar os princípios de funcionamento de diferentes tipos de sistemas eletrônicos que pretendem medir o comprimento do canal. Há um consenso que os procedimentos de canal radicular devem estar limitados dentro do canal, com o lógico ponto final para preparo e obturação sendo a parte mais estreita. Sabe-se que não é possível previsivelmente detectar a posição da constrição apical clinicamente, na verdade, a

constricção não é uniformemente presente ou pode ser irregular. Igualmente, não é lógico basear o ponto final dos procedimentos endodônticos em uma distância arbitrária desde o ápice radiográfico, pois a posição do forame apical não está relacionada com o “apex” do canal. Dispositivos de medição eletrônica do comprimento do canal oferecem um meio de localizar o ponto final mais apropriado para procedimentos de canal. O princípio por trás da maioria dos localizadores foraminais é que o tecido humano tem certas características que podem ser modeladas por meios de combinação de componentes eletrônicos. Então, medindo as propriedades eletrônicas do modelo é possível detectar o término do canal. Assim, localizadores foraminais mais modernos são capazes de gravar o ponto onde o tecido do ligamento periodontal começa fora do canal, e daqui a fórmula pode ser aplicada para assegurar que o preparo está confinado dentro do canal. Muitos artigos sugerem que 0,5 milímetros devem ser subtraídos do comprimento da lima, do ponto em que o dispositivo sugere que a lima está em contato com o ligamento periodontal (ponto zero). Isto não significa que a constricção foi localizada, isto significa que o instrumento está dentro do canal e próximo ao ligamento periodontal. Concluiu-se que não é apropriado confiar em qualquer leitura 0,5 milímetros aquém do forame, pois esta muitas vezes será imprecisa.

Goel et al. (2006) avaliaram a precisão do Root ZX em determinar o comprimento de trabalho na presença de solução salina normal, clorexidina 0,2 % e NaOCL 2,5%. Trinta dentes com único canal, ápices maduros e sem reabsorção foram seccionados na junção esmalte dentina. A patência apical era verificada com uma lima K #10 e o comprimento real do dente foi determinado introduzindo uma lima k#15 no canal até que a ponta ficasse visível no forame apical usando magnificação de 3X. Então o terço coronário foi alargado com brocas Gates Glidden na técnica crown down. Durante o acesso, os canais eram irrigados com água destilada. Após estes procedimentos a ponta do conector de metal foi adaptada na gelatina e estabilizada. Para cada dente o canal era seco com pontas de papel. Os espécimes foram divididos em 3 grupos. No primeiro grupo os dentes eram irrigados com cloreto de sódio 0,9%. Para o segundo grupo era clorexidina 0,2 % e para o terceiro grupo era NaOCL a 2,5%. A região apical do dente foi introduzida na gelatina e as medidas com o Root ZX foram realizadas. Uma lima K #10 era introduzida no canal até que o aparelho indica-se apex. Os resultados mostraram

que não houve diferença estatística significativa na presença de salina normal e clorexidina 0,2%. Alta diferença significativa apareceu com NaOCL a 2,5%, entretanto todas as medidas estavam dentro de 0.5 milímetros do comprimento real 100% do tempo.

Brito Júnior et al. (2007) avaliaram “*in vitro*” a precisão e confiabilidade do localizador Novapex em medidas odontométricas de vinte molares inferiores. Os critérios de seleção foram dentes com ápices completamente formados e coroas íntegras sendo excluídos aqueles que apresentaram coroas destruídas, raiz dilacerada, canais radiculares obliterados ou reabsorções. Depois de adequado acesso endodôntico e manobras iniciais de exploração em 20 dentes, para as mensurações obtidas pelo método foram inseridas limas K #10 nos canais mésiovestibulares (MV) e distais (D) no comprimento de patência do canal (CPC) até a saída foraminal tendo como referência externa as pontas das cúspides mésio-vestibulares e disto-vestibulares. Posteriormente as limas foram retiradas dos canais radiculares sendo obtidos os comprimentos com auxílio de uma régua milimetrada a partir da borda inferior dos cursores até a ponta de cada lima. Subtraiu-se 1.0 milímetro do Comprimento de Patência do Canal (CPC) obtendo-se o comprimento de trabalho real (CT1). Os valores foram tabulados para serem comparados com os comprimentos obtidos pelo método eletrônico. A obtenção das mensurações pelo método eletrônico em cada canal radicular foi baseada na metodologia proposta por Kaufman et al. (2002). A amostra foi fixada em recipientes plásticos contendo alginato. As mensurações foram realizadas por dois operadores previamente calibrados: um estudante de graduação (CT2) e um especialista em endodontia (CT3) empregando-se o localizador foraminal eletrônico Novapex. Para tanto, foi acoplado uma lima K # 10 à alça do aparelho durante a sua inserção nos canais MV e D. A obtenção das medidas foi monitorada no visor do aparelho até que o instrumento atingisse a marca zero e posteriormente realizava-se o recuo até a marca 1.0 aquém do ápice radicular. Neste momento os cursores eram ajustados nas mesmas referências externas do CT1. Os canais radiculares foram irrigados com solução de hipoclorito de sódio a 1%. As mensurações foram realizadas em triplicata, obtendo-se a média das medidas. Não houve diferenças significativas entre todas as medidas odontométricas para os canais radiculares MV ($p = 0,22$) e D ($p = 0,94$). Portanto, o Novapex mostrou-se preciso e confiável.

D'Assunção et al. (2007) compararam a capacidade do Root ZX II e do localizador Mini Apex em prevenir sobre medida de trabalho. Quarenta dentes humanos extraídos com rizogênese completa e condições normais de raiz, foram numerados e mantidos em solução de hipoclorito de sódio a 2,5% por duas horas para remoção de remanescentes periodontais. Feito isso foram estocados em solução de soro fisiológico esterilizado até o uso. O dente foi cortado na junção-esmalte-cemento. Após acesso coronário e exploração, o preparo cervical foi realizado utilizando-se brocas Gates-Glidden #5 e #6 e a patência apical foi verificada utilizando uma lima K #15. Os canais foram irrigados com solução salina. O clip labial era colocado em contato com alginato e os dentes posicionados. Durante as medições os canais foram irrigados com hipoclorito de sódio 2,5%. Primeiramente eram realizadas as medidas eletrônicas, a lima era introduzida até que o aparelho acusa-se o ponto 0 que seria a 0.5 milímetros do ápice, e então as medidas eram anotadas. Subseqüentemente o comprimento real era medido com ajuda de magnificação de 5X introduzindo uma lima K #15 antes que a ponta aparecesse no forame apical, após a marcação com o stop a lima era retirada e o stop era recuado 0.5 milímetros, essa era a medida real do dente. As medidas de comprimento real e do comprimento eletrônico foram feitas com uma lima tipo K #15 e os resultados obtidos com cada localizador foram comparados com o comprimento real. Análise estatística mostrou confiabilidade de 100% no mini Apex locator e 97,44% para o Root ZX II, com uma tolerância de 0.5 milímetros. Os resultados indicaram que ambos são precisos em prevenir sobre medida de trabalho.

Bernardes et al. (2007) compararam a precisão de determinar o comprimento do Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, and RomiApex D-30. Em 40 canais, depois de adequado acesso endodôntico e com auxílio de uma lima K #10, foram visualizadas as medidas do comprimento anatômico. A lima era introduzida antes que a ponta pudesse ser observada no forame apical com a ajuda de um microscópio com magnificação 8X. Os canais eram irrigados com 1% NaOCL. Sequentemente os dentes eram colocados em uma caixa plástica com alginato e as medições eletrônicas eram feitas a 1.0 milímetro aquém do forame. Os resultados mostraram uma taxa de precisão de 97.5% para o Root ZX, 95% para o Elements Diagnostic Unit and Apex Locator e 92.5% para o RomiApex D-30. Não houve diferenças estatísticas significantes.

Shanmugaraj et al. (2007) determinaram “*ex vivo*”, a precisão na medição do comprimento de trabalho com método táctil, radiográfico e com localizador foraminal. Determinaram também as mesmas medidas “*in vivo*”, após os dentes serem extraídos era feito novamente as medições e comparadas. Primeiramente com uma lima K #15 determinou-se o comprimento de trabalho pelo método táctil. A lima era introduzida até sentir uma resistência. Durante este procedimento os dentes eram irrigados com NaOCL 3%. Pelo método radiográfico de Ingle, uma lima era colocada a 1.0 milímetro do comprimento aparente do dente e era realizada uma tomada radiográfica, a medida era obtida da ponta da lima até o ápice radiográfico. Com o auxílio do Foramatron-IV digital apex locator, uma lima K #15 era introduzida até o aparelho indicar Apex. O dente era extraído e o comprimento real do dente era determinado, com auxílio de uma lima que era introduzida até que a ponta ficasse visível no forame. O comprimento de trabalho era determinado deduzindo 0.5 milímetros deste comprimento. Os resultados mostraram que o localizador foraminal Foraatron-IV é altamente preciso e confiável para determinar o comprimento de trabalho.

Herrera et al. (2007) estudaram a influência do diâmetro da constrição apical na precisão do Root ZX usando limas de diferentes diâmetros em dentes com 3 graus de alargamento apical: 0,37 ,0.62 e 1,02 milímetros . Dez dentes com canal único foram armazenados em solução salina. Após a coroa ser removida na junção-cimento-esmalte para obter um ponto fixo de referência, os dentes eram incorporados em modelo de alginato. O comprimento de trabalho inicial (L0) era rotineiramente determinado com o Root ZX usando uma lima K #10. A lima avançava até que o aparelho indicasse apex, então era recuada até que chegasse a constrição. Para avaliar a habilidade do localizador em identificar a menor área do canal enquanto aumentava o diâmetro da constrição, o canal era progressivamente alargado com a inserção de limas com diâmetro aumentado (10-100) no ponto L0 + 1. Após cada alargamento o comprimento de trabalho era redefinido com limas de #10 a acima da lima usada para alargamento. Os resultados mostraram que na constrição apical as larguras de 0.37 e 0.62 milímetros, não houve diferença significativa entre o comprimento inicial quando determinado por uma lima K#10 e comprimento final após alargamento com lima maior que #60. Nos dentes cujas larguras foram aumentadas para 1.02 milímetros, não houve diferença significativa

entre o comprimento inicial medidos com lima #10-#25, entretanto diferenças significativas foram aparentes entre #10 e #30, #35 ou #40. O degrau de significância aumentou consideravelmente para limas #45 ou maior. Esses resultados sugeriram que a precisão do Root ZX varia de acordo com o diâmetro da constrição apical.

Kim et al (2008) compararam, in vivo, a precisão do Root ZX na determinação do comprimento de trabalho contra o Root ZX ajustado após obter um comprimento de trabalho radiográfico. Foram verificados 25 canais de pré-molares clínica e radiograficamente, para garantir vitalidade pulpar e integridade do ligamento periodontal. Os dentes foram acessados e o terço cervical foi alargado com Gates glidden #2, #3 e #4. Para as medidas realizadas com o Root ZX, uma lima avançava em direção ao ápice até o aparelho indicar apex, era então recuada até a marca de 0,5 milímetros. Um endodontista fez todas as medidas deste grupo, somente Root ZX. Cimento de ionômero de vidro foi injetado no canal até cercado o eixo da lima K, permitindo ficar definido. Sequencialmente, radiografias usando a técnica do paralelismo foram realizadas, e o posicionamento da lima foi confirmado com o Root ZX. Após análise das radiografias e para determinação dos comprimentos de trabalho, as limas eram ajustadas de 0.5 a 1.0 milímetro aquém do ápice radiográfico e avaliado por outro endodontista, essa nova medida de comprimento de trabalho ficou como o grupo, combinação do Root ZX e radiografia. Os dentes eram extraídos e armazenados por 4 horas em NaOCL 5,25%. Os ápices foram examinados sob microscópio estereoscópico com magnificação de 20X, e os canais divididos em duas categorias. Na categoria A uma moldagem da ponta do ápice, em torno de 3.0 milímetros, foi realizada. Sob um microscópio estereoscópico, a moldagem foi verticalmente cortada para analisar a relação entre a ponta da lima e a estrutura apical. As distâncias entre a ponta da lima para a constrição e o forame maior foram medidas. No grupo B, o qual a ponta da lima não podia ser visualizada, o dente era incorporado em acrílico que era gasto e polido até que a estrutura apical pudesse ser vista. As mesmas distâncias do grupo A eram feitas. O Root ZX sozinho detectou a constrição apical dentre de \pm 0.5 milímetros em 84% das amostras (21 de 25 canais). Entretanto, 96% (24 de 25 canais) estavam dentro desta média quando combinavam o aparelho e a radiografia, não havendo diferença estatística significativa.

Krajczár et al. (2008) comparam a precisão dos localizadores eletrônicos ProPex e electronic apex locator com método radiográfico em 20 dentes molares extraídos e sem coroa. A primeira medida era obtida com a radiografia. Uma lima K #08 era inserida nos canais mesio lingual e palatino e a medição eram feitas entre a ponta do instrumento e o apex radiográfico. Na sequência os dentes eram submersos em soro 0,9% e as medições com os localizadores foraminais eram realizadas com uma lima K #08. Uma radiografia era feita para determinar a posição da ponta da lima. Os resultados mostraram que a média de distância entre a ponta da lima e o apex radiográfico nos canais méso-lingual foi 0.46 milímetros com o método radiográfico e 0.23 milímetros com os localizadores. Com o electronic apex locator 0.43 e 0.31 milímetros no palatino, respectivamente. A diferença dos canais méso-lingual foi significativa. O número de sobre medidas foi alto nos localizadores. A posição desejada da lima pelos localizadores provou ser mais precisa nos canais méso-lingual, do que somente pelo método radiográfico.

Pereira et al. (2008) compararam ex vivo, os localizadores foraminais eletrônicos Root ZX II e FIT. Utilizaram 15 canais de pré-molares, armazenados em solução de formol 10%. Exame radiográfico inicial foi realizado no sentido de detectar perfurações, dilacerações, tratamento endodôntico prévio, linhas de fratura, presença de objetos estranhos ou fragmentos de instrumentos fraturados no interior do canal radicular, calcificações e formação completa do ápice radicular. As coroas foram removidas e os preparos dos terços cervical e médio realizados com brocas Gates glidden. O comprimento real dos dentes era determinado pelo método visual com lima tipo K # 20, sob auxílio de magnificação de 20X, onde se pode visualizar a saída do forame maior ajustando a ponta do instrumento nessa região. O cursor de silicone do instrumento foi adaptado a superfície plana coronária. Após, o instrumento foi medido em paquímetro digital e o comprimento real dos dentes anotados. Os canais radiculares foram irrigados e inundados com NaOCL 1% até o terço cervical. Os dentes foram fixados em um recipiente plástico, de forma que o terço apical radicular ficasse exposto para que fosse imerso em solução salina a 0,9 %. O instrumento foi inserido no sentido apical até aparecer a palavra “apex” piscando. Ao chegar nessa medida, o operador procedeu à marcação do comprimento de trabalho, deslizando o cursor até o ponto de referência escolhido. Após, o instrumento foi retirado e seu comprimento medido por um paquímetro

digital. Para obtenção do comprimento real de trabalho foi subtraído 1.0 milímetro. Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre os aparelhos.

Briseño-marroquín et al. (2008) determinaram a precisão dos aparelhos Elements Apex Locator, Justy II, Raypex 5, and ProPex II com limas # 08, # 10 e #15. Cento e quarenta e seis dentes sem coroa, com patência feita por uma lima K# 06, foram colocados em um tubo plástico contendo Agar-agar. Cada instrumento era introduzido até o aparelho indicar apex, juntamente com o sinal sonoro, significando que o instrumento estava no comprimento de trabalho. O comprimento real do dente foi feito com limas K#10 e microscópio estereoscópico 30x. Os resultados dos comprimentos eletrônicos eram comparados com o comprimento real. Medições instáveis foram descartadas. Medidas exatas do forame foram feitas com o Elements Apex Locator, 36.99%, 39.04% e 44.93%; Justy II, 38.62%, 32.41% e 43.41%; Raypex 5, 42.76%, 39.31%, and 39.06%; ProPex II, 38.62%, 43.45%, e 40.63% com limas K #08, #10, e #15, respectivamente. Os resultados mostraram que não houve diferenças significativas entre o comprimento real de trabalho e os localizadores foraminais.

Hassanien et al. (2008) fizeram um estudo histomorfométrico do ápice dos canais de pré-molares, em uma tentativa de correlacionar medidas de comprimento de trabalho com métodos eletrônicos e radiográficos em várias posições anatômicas na porção apical do canal. Este trabalho foi realizado em duas partes: "*In vivo*" e "*In vitro*". "*In vivo*", 20 pacientes entre 30-45 anos que tinham extrações marcadas, foram selecionados. O acesso endodôntico era realizado, durante este procedimento os dentes eram irrigados com NaOCL 2,5%. Os pacientes eram divididos em 2 grupos de 10, os quais era determinado o comprimento do canal. No grupo 1 com o Root ZX, de acordo com o fabricante, com a lima mais calibrosa que chegasse ao ápice. O instrumento avançava até o aparelho indicar "apex" e recuava até indicar que estivesse na constrição. A lima era cimentada com ionômero de vidro, e então o dente era extraído. No grupo 2, o ponto radiográfico final para cada canal foi determinado por radiografias padronizadas usando técnica paralela do cone. Após o ápice radiográfico ser localizado, 0.5 milímetros era subtraído, sendo a lima reposicionada neste ponto, cimentada e o dente extraído. Após as extrações, ambos os grupos tiveram 4-5 milímetros da parede lingual cortadas até expor o instrumento, então era analisado sob microscópio estereoscópico e fotos eram capturadas. As

medidas eram feitas no computador. Após remover o ionômero de vidro, a JCD e a constrição apical eram identificadas, e a distância do forame apical era gravada. “*In Vitro*”, 30 dentes pré-molares, tiveram suas coroas removidas e patência realizada com lima K #10. Dependendo do tamanho do canal limas K #10, #15 e #20 foram utilizadas. Todos os dentes foram cortados 4-5 milímetros até expor a lima. A Junção-Cemento-Dentina era identificada, e a distância até o forame apical era medida. Além disso, o diâmetro do canal na Junção-Cemento-Dentina, 0, 0.5, 1.0 e 1.5 milímetros também eram medidos. A constrição apical era identificada e com medidas tomadas destes diâmetros, a distância do forame apical era definida. Os resultados mostraram que a Junção-Cemento-Dentina foi detectada numa distância média de 0.3 milímetros forame apical com o diâmetro médio do canal de 0.32 milímetros, considerando que a constrição apical foi detectada numa distância média do forame apical de 1.2 milímetros com o diâmetro do canal de 0.22 milímetros. Houve uma significativa diferença estatística entre posição da ponta da lima do forame apical no grupo 1 e no grupo 2. Também foi encontrada diferenças significantes entre posição da ponta da lima em ambos os grupos e Junção-Cemento-Dentina e constrição apical. A média de diâmetro do canal a 0.5, 1 e 1.5 milímetros do forame apical foi 0.33_0.11, 0.28_0.06 e 0.25_0.05 milímetros, respectivamente.

Kang & Kim (2008) avaliaram a eficácia de sete localizadores foraminais sob diferentes condições. Após seleção, 40 dentes foram imersos em NaOCL 5,25% por 15 minutos para remoção de remanescentes de tecido, então foram enxaguados com água e a coroa foi cortada na Junção-Esmalte-Cemento. Após o acesso, a entrada dos canais foi alargada com Gates glidden #2 e #4 e a patência verificada com uma lima K # 10. Dois terços coronários foram instrumentados com protaper S1 e S2. Os dentes foram divididos em 4 tamanhos de calibre #15, #30, #50 e #70, sendo 10 em cada grupo. Foram irrigados com NaOCL 5,25% usando uma agulha 25 G e depois com água destilada. As medidas foram realizadas com a lima K mais larga que avancasse pelo canal até que sua ponta estivesse no forame maior, com o auxílio de um microscópio com magnificação de 25X, o dente era então incorporado ao modelo de alginato. Os aparelhos usados foram Apex Finder, Orange, Apit, Bingo 1020, e-Magic Finder, Propex e Smarpex. A medida era determinada do ponto de referência ao apex ou 0 do aparelho, analisada com um paquímetro digital sob

magnificação de 25X. Para cada aparelho as medidas foram feitas com o canal seco ou variadas solução irrigante (solução salina, NaOCL 5,25%, Clorexidina 0,1%, EDTA 15%). A cada troca de líquido o dente era enxaguado abundantemente com água destilada. Não houve diferenças estáticas significantes. Todos os aparelhos foram menos precisos quando o forame apical estava alargado.

Camargo et al. (2009) compararam a influência do preparo cervical na precisão de 4 localizadores foraminais: Root ZX, Elements Diagnostic Unit, mini apex locator e Apex DSP. Quarenta dentes extraídos, explorados com lima k #15 foram utilizados. Para obtenção do comprimento real, as bordas incisais foram aplainadas e uma lima k#15 era introduzida no canal até a ponta aparecer no forame, sob magnificação de 8X era obtida a medida. O comprimento de trabalho foi obtido reduzindo 1.0 milímetro do comprimento total do dente. Para a medição eletrônica os dentes foram imersos em alginato. Os dentes foram preparados cervicalmente com pro taper S1 e SX. A capacidade de detectar medidas, precisamente a 1.0 milímetro e aceitavelmente entre 1.0 e 0.5 milímetros em dentes sem preparo cervical e com preparo foi determinada. A precisão e leituras aceitáveis em canais sem o preparo para o Root ZX, Elements, mini apex e Apex DSP foram 50%/97.5%, 47.5%/95%, 50%/97.5% e 45%/67.5%, respectivamente. Para canais com preparo foram 75%/97.5%, 55%/95%, 75%/97.5% e 60%/87.5%. Para critérios precisos, o preparo aumentou a porcentagem para o Root ZX e mini apex. Para aceitáveis não houve diferenças significativas.

Pascón et al. (2009) compararam a precisão do Dentaport ZX, Raypex 5, e Elements Diag.Unit e Apex locator em estabelecer o comprimento de trabalho. Sessenta dentes (100 canais) foram inseridos em um modelo de alginato e medidos eletronicamente. O comprimento de trabalho foi calculado 1.0 milímetro aquém da medida real do dente. Houve o preparo com brocas Gates glidden, e patência com lima k #08. O comprimento real foi obtido com lima #10 e magnificação 15x antes que a ponta da lima chegasse ao forame maior. As medidas foram tomadas seguindo as orientações do fabricante dentro de 0.5 e 1.0 milímetro, usando uma lima k #15, após irrigação do canal com 1% NaOCL. A precisão foi 39% e 90% dentaport, 31% e 82% Raypex 5 e 37% e 73% elements, com diferença estatística significativa entre o elements e os outros aparelhos. Nenhum teve precisão de

100%. Com as limitações deste presente estudo o Elements provou ser menos confiável do que o dentaport ZX e o Raypex 5.

Versiani et al. (2009) compararam a precisão do Root ZX II em localizar a constrição apical quando o display marcava 0.5 e 1.0 milímetro. Setenta canais foram colocados em um modelo de alginato e distribuídos em dois grupos. As medidas eram obtidas após irrigação com NaOCL 1%. O comprimento foi obtido com uma lima k #20 em 0.5 e 1.0 milímetro após o aparelho acusar que estava no 0. Então a lima era fixada no dente que era retirado do alginato. A porção apical era raspada antes que a ponta da lima pudesse ser observada, a distância da constrição apical foi observada com um microscópio estereoscópico e as medidas foram 0.23 _ 0.39 milímetros e 0.42 _ 0.45 for para oas grupos 1 e 2 respectivamente, sem diferenças comparadas. A precisão foi de 90,5% e 83,78% para o root ZX II, 0.5 e 1.0 milímetro, respectivamente.

Ding et al. (2010) investigou a capacidade do Root ZX, Justy II e Elements Apex Locator em detectar o menor forame e a influência de fatores morfológicos em determinar o comprimento de trabalho. Trezentos e cinquenta e seis dentes sem coroa e com preparo cervical realizados com brocas Gates glidden, foram irrigados com soro fisiológico 0,9% e a patência mantida por uma lima K #10. Um micrometro digital conectado em uma lima K #10 foi usado para realizar as medidas. A lima era introduzida no canal até que a ponta se tornasse visível no máximo da fronteira coronal do forame maior com a ajuda de magnificação 20X, sendo esta a medida Lo. Na seqüência os ápices eram imersos em um plástico com soro e as medidas eletrônicas realizadas (Le). O calculo era feito Le-Lo e indicava a distância entre a ponta da lima e o forame maior (DMFF). Valores positivos indicavam que a lima estava aquém do forame maior e valores negativos estava além. Seqüencialmente, a anatomia apical do dente, incluindo a localização do menor forame e maior forame era identificado e medidos com a ajuda de um microscópio estereoscópico. Os resultados mostraram que a média DMFFs foram 0.261, 0.376, and 0.383 milímetros para o Root ZX, Raypex 5, e Elements, respectivamente. Os localizadores determinaram que as pontas das limas estivessem mais perto do forame maior em dentes com um “forame maior lateral”. A área e o diâmetro do menor forame foram significativamente relacionados à variação da DMFFs determinada pelos Localizadores.

De Vasconcellos et al. (2010) avaliaram a precisão no comprimento de trabalho determinado por três localizadores foraminais: Root ZX, Romipex D-30 e Ipex no forame apical, 0.0 e 1.0 milímetro aquém do forame apical. Trinta e oito dentes pré-molares, extraídos por motivos periodontais ou ortodônticos foram utilizados. Os espécimes foram imersos em 2,5% NaOCL por 4 horas. Acesso coronário foi realizado com brocas #1013, e acabamento com brocas Endo Z. Os canais eram inicialmente explorados com lima K #15, e então definido o comprimento real, sob magnificação 20x. A lima era introduzida até que a ponta ficasse visível no forame. O preparo do canal, iniciava com Gates-Glidden #5, #4, #3, #2 no terço cervical e médio, era irrigado com 1.0 milímetro de NaOCL 2,5%. Após essa fase inicial, alginato era manipulado e colocado em um recipiente plástico, o dente era então inserido até o terço apical. A partir deste ponto, as limas que melhor se adaptassem ao canal foram selecionadas. Para cada grupo de 5 espécimes, as limas eram introduzidas até que o dispositivo indicasse 1.0 milímetro do forame apical, eram então removidas e medidas. A 0.0 milímetro a lima era introduzida e removida após o dispositivo indicar “apex” ou “0.0”. A margem de tolerância era de ± 0.5 e ± 1.0 milímetro. A precisão dos aparelhos a 1.0 milímetro e 0.0 milímetro foi: 94.7% e 97.4%, respectivamente (Root ZX); 78.9% e 97.4% (Romipex D-30); e 76.3% e 97.4% (Ipex). Embora não houve diferenças estatísticas entre os localizadores foraminais a 0.0 e 1.0 milímetro, o Root ZX foi significante melhor do que os outros.

Guise et al. (2010) compararam a precisão do Root ZX II, Elements Apex Locator e Precision Apex Locator. Quarenta canais de dentes extraídos, sem coroa e com preparo cervical com brocas Gates glidden, eram irrigados com NaOCL 6% e soro. A patência foi mantida com uma lima FF #10. O comprimento real do dente era medido com uma lima FF#10 e duplo stop, antes que a ponta pudesse ser visualizada no forame, com ajuda da magnificação 12.8X. Os dentes foram montados em um meio condutor gelatinoso e aleatoriamente testados e as diferenças entre as medidas eram calculadas. Os resultados mostraram que diferenças significativas foram 0.02, 0.13 e 0.15 milímetros para o Root ZX, Precision Apex Locator, e Elements, respectivamente. O Root ZX foi o mais preciso em localizar o forame comparado com o ELE e PAL.

Cianconi et al. (2010) compararam a precisão de três localizadores foraminais com radiografia digital, “ex vivo”. Cento e um dentes humanos foram extraídos e

avaliados sob um microscópio estereoscópico com magnificação de 20X para análise de fraturas e reabsorção, foram armazenados em solução de timol 2% e usados dentro de uma semana. As coroas foram seccionadas no terço médio. O acesso endodôntico era realizado e os restos pulparem removidos com uma gates glidden #4. Três diferentes limas eram passadas no canal #06, #08 e #10 para verificar patência e o excesso de gel condutor era removido da câmara pulpar. Os espécimes então eram colocados em um pegador de dentes. Foram usadas três limas diferentes #10, #15, #20 com um stop de silicone, para realizar múltiplas leituras em cada canal usando os localizadores foraminais. As medidas eram feitas com um paquímetro digital. Foi utilizada a mesma sequência em todos os aparelhos, primeira leitura com a #10, depois #15 e #20. Os aparelhos usados foram o Propex , Endex e Root ZX. As radiografias digitais eram feitas com uma lima K e repetidas 3 vezes , a distância entre o final da lima e o ápice radiográfico eram medidas. Por último o comprimento real do dente era medido com um paquímetro digital da ponta da lima até o stop, com a mesma lima K, usando um microscopio em um aumento de 5X. A análise estatística mostrou que o Endex e o Propex foram mais precisos do que o Root ZX em determinar o comprimento de trabalho. Mas não houve diferença estatística significativa entre os três aparelhos usando as três limas diferentes.

Nazari Moghaddam et al. (2010) avaliaram a precisão de dois localizadores apicais em detectar perfuração apical. Dezesete dentes extraídos foram armazenados em solução formalina 10%. Dentes com reabsorção, fraturas, e canal calcificado foram excluídos. As cúspides eram achatadas para servir de plataforma estável para as medidas. Os canais foram irrigados com clorexidina 0,2% com uma agulha 27 G. A patência apical foi confirmada com uma lima K #8, inserida no canal mesiobucal. O comprimento real foi determinado com uma lima K #10, que era introduzida até que a ponta se tornasse visível no forame maior, com o auxílio de um microscópio estereoscópico com magnificação de 15X. O comprimento de trabalho era considerado 0.5 milímetros a menos. O alargamento coronal foi feito com Gates glidden #2 e #3 e o preparo apical com limas K #10, #15, #20. Entretanto, o tamanho da constrição apical foi definido em 0.2 milímetros. Enquanto uma lima #20 era ajustada no comprimento de trabalho, o dente era perfurado 45° de angulação ao longo eixo, a perfuração estava localizada a 3.0 milímetros do forame apical. Os dentes eram incorporados em um modelo de alginato. Os dois aparelhos usados

foram Novapex e Smarpex. Os resultados obtidos com cada aparelho foram comparados com o comprimento controle correspondentes. A análise estatística mostrou precisão na detecção de perfuração para os dois aparelhos (60% e 80% para o Novapex e Smarpex, respectivamente). Os resultados mostraram algumas diferenças na precisão entre os aparelhos, mas não houve diferença significativa. Todos os localizadores foraminais foram menos precisos quando o ápice estava alargado.

Prescinotti et al (2010) compararam in vitro a capacidade de localizar o forame apical usando Romiapex A-15 e Bingo 1020. Quarenta dentes extraídos e embebidos em NaOCL 5,25% por 15 minutos para remoção de restos de tecido, enxaguados com água, tiveram suas coroa cortadas na Junção-Esmalte-Cemento, 20 dentes foram usados em cada grupo. Após acesso cavitário, as entradas dos canais foram alargadas com Gates glidden #4, e patência apical foi conferida com uma lima 12CC, os dois terços coronários foram preparados com Intro flexmaster. Os dentes eram incorporados em modelo de alginato, e as medidas determinadas do ponto de referência até o ponto 0 de cada aparelho, com uma lima K que se ajustasse ao canal, a lima ultrapassava o forame e então recuava até o ponto 0 aparecer no visor. A irrigação era feita com NaOCL 2,5%. A lima era fixada usando cianoacrilato e 5.0 milímetros finais da raiz eram cortados. A visualização da distância da ponta da lima e do forame era visualizada usando um microscópio eletrônico e medida checada digitalmente. Os resultados mostraram uma média de 0.5 milímetros aquém para o Romiapex e 0.2 milímetros para o Bingo, não apresentando diferença significativa.

Al-Sharer et al. (2011) compararam in vivo a precisão de cinco localizadores foraminais eletrônicos a 1.0mm do ápice radiográfico. Cem dentes (232 canais) com ápices formados e sem sinais de reabsorção, fratura, esclerose, curvatura severa, lesão visível e anatomia incomum detectados em radiografia, participaram deste trabalho. Apenas um operador usou os aparelhos, de acordo com as orientações dos fabricantes. Foram divididos dois grupos de pacientes com o mesmo número de canais (116). O primeiro grupo consistia no Root ZX II, Elements Diagnostic Unit and Apex locator e Apex D.S.P., enquanto o outro grupo era composto pelo NaviRoot e SiroEndo Pocket. As porções coronal e média de cada canal foram alargadas com brocas Gates Glidden #1, #2 e #3, então eram irrigados com 2,5ml de NaOCL

seguido de 2,5ml de solução salina para remoção de debris. As cúspides eram suavizadas para criar um ponto de referência estável. O status da polpa com sangramento ou pus era gravado. Tanto as medidas radiográficas como as medidas com o localizador foraminal foram obtidas com uma lima K #20 com duplo stop de borracha. As medidas de comprimento foram determinadas usando uma régua metálica milimetrada, nos 0.5 milímetros mais próximos. As medidas radiográficas foram determinadas antes das medidas eletrônicas. A radiografia era realizada com a lima na cúspide pré-determinada, então o comprimento era ajustado a 1.0 milímetro do ápice radiográfico. Para as medidas eletrônicas, cada aparelho foi utilizado de acordo com as orientações do fabricante para detecção do forame menor. Para o Root ZX a lima chegava ao ápice, então, era recuada entre 0 e 1.0 milímetro; no Elements Diagnostic Unit and Apex Locator a lima avançava até a marca 0.0, então a lima era recuada 0.5 milímetros; usando o Apex D.S.P, a lima avançava até marca “apex”, então recuava-se até que a marca “apex ”parasse de piscar e som mudasse, indicando o ápice biológico; usando o NaviRoot a lima chegava ao ápice, e então a lima era recuada 0.5 milímetros; para o SiroEndo Pocket a lima avançava até o aparelho indicar -1 , a lima então era recuada até que o aparelho indicasse “a”, indicando o forame menor. Todos os aparelhos testados tiveram resultados aceitáveis com margem de ± 0.5 milímetros do ponto de referência em 75% a 95% dos casos.

Vieyra et al. (2011) compararam a determinação do comprimento de trabalho com radiografias e quatro localizadores foraminais eletrônicos. Seiscentos e noventa e três canais com ápices formados e sem reabsorção apical foram utilizados para este trabalho. Para todos os dentes o planejamento era a extração. Após abertura, os canais foram alargados com orifice shappers 1 e 2, utilizando NaOCL á 3,0 % para irrigação. A constrição apical foi localizada primeiro com os 4 aparelhos, de acordo com as orientações do fabricante, e então os dentes eram radiografados. Com o Root ZX uma lima K #15 avançava até que o aparelho mostrasse a barra no visor entre Apex e 0.5 milímetros correspondendo a constrição apical, a lima era então retirada e o comprimento medido em um paquímetro digital; com o Elements Diagnostic a lima era introduzida até 0.0 e então recuada até indicar 0.5 milímetros; com o Raypex 5 quando todas as barras verdes fossem alcançadas; com o Precision apex locator a constrição era localizada quando estivesse marcando 0.5 milímetros

no visor. Após isso, a constrição apical era localizada radiograficamente até que a ponta da lima estivesse a 1.0 milímetro do ápice radiográfico, então a lima era cimentada com ionômero de vidro. O dente era extraído e colocado por 20 minutos em 6,0% NaOCL e estocado em timol 1,0%. Após o dente ser removido do timol, 5.0 milímetros apicais foram removidos ao longo eixo do dente, até que a lima pudesse ser vista sob um microscópio com magnificação de 20X. Uma foto era feita e armazenada. As distâncias da ponta da lima até a constrição apical eram medidas e armazenadas como -0.5 ou +0.5 milímetros, -0.1 ou +0.1 milímetros. As distâncias obtidas com o aparelho eram comparadas com as radiográficas. Os resultados mostraram que para dentes anteriores o Root ZX, Elements, Precision AL, Raypex 5 e radiografias localizaram a constrição apical 89.09%, 83.63%, 85.45%, 81.81% e 32.72% , respectivamente. Para dentes pré-molares Root ZX, Elements, Precision AL, Raypex 5 e radiografias localizaram a constrição 75%,61.60%, 64.28%, 61.60% e 32.14% respectivamente. Para dentes molares o Root ZX, Elements, Precision AL, Raypex 5 e radiografias localizaram a constrição 69.01%, 50.49%, 65.40%, 43.93% e 14.59%, respectivamente. Não houve diferenças significativas entre os aparelhos.

Ardesna et al. (2011) investigaram a possível relação entre a impedância do canal e sua anatomia. Vinte e três canais de dentes extraídos, com suas coroas removidas e patência mantida com lima FF #10 foram utilizados neste trabalho. Uma determinação da complexidade da anatomia apical foi feita. A porção final do canal foi examinada com estereomicroscópio para determinar o número de saídas. Dentes com forame único foram agrupados em “simples anatomia” e aqueles com dois ou mais na “complexa anatomia”. As medidas de impedância foram tiradas usando um analisador de resposta de frequência. Dos dois eletrodos um estava em um disco de placa de ouro, situado na parte inferior de um copo de têmpera contendo solução de KCL; e o outro estava em uma lima FF #10, anexado a um indicador de parafuso micrômetro. Isto permitiu a lima avançar dentro do canal para uma posição conhecida, relacionada com o término apical, de maneira controlada. A posição “0” foi estabelecida avançando a lima além da saída do canal e lentamente recuando até que a ponta da lima desaparecesse da visão; a leitura em micrômetro e impedância era gravada. As medidas de impedância eram tomadas na posição “0”, e 0.5, 1, 2, 3, 4 e 5 milímetros em 14 diferentes frequências para cada posição. A anatomia do canal teve um significativo efeito com o modelo de circuito equivalente. Um circuito

(modelo 10) ocorreu significativamente mais comumente nos canais simples. As probabilidades de selecionar o circuito modelo 10 foram 2.2 vezes maiores em canais simples do que com canais complexos.

Beltrame et al (2011) avaliaram “*in vivo*” e “*ex vivo*” a precisão do Root ZX em primeiros molares com ou sem reabsorção, *in vivo* e *ex vivo*. Quinze dentes (30 canais) com extração prevista foram selecionados. “*In vivo*”, os canais foram acessados com broca carbide 2 e o refinamento da cavidade foi realizado com broca Endo Z. Os canais eram irrigados com solução salina. As medidas eram realizadas com o Root ZX de acordo com o manual do fabricante. Uma lima K #15 era introduzida até que o visor do aparelho indicasse “0.0”, a lima era removida a medida era feita com um paquímetro digital e gravada. Essa medida era realizada três vezes e uma média era calculada. Os dentes eram extraídos e dois grupos eram estabelecidos: com ou sem perfuração. “*Ex vivo*”, o dente era introduzido em espuma de flor previamente umidificada com solução salina. As medidas foram realizadas da mesma maneira acima relatadas. A medida real foi obtida usando uma lima K #15, até que a ponta da lima chegasse na borda do forame apical ou da reabsorção. O localizador foraminal foi preciso em 69% e 65% dos casos com ou sem reabsorção, respectivamente quando a tolerância foi de $\pm 0,5$ milímetros), “*in vivo*” e 69% e 77% “*ex vivo*”. Quando a tolerância foi ± 1 milímetro, entretanto, aumenta para 92% e 94% para canais com ou sem reabsorção, respectivamente, *in vivo* e *ex vivo*. Não houve diferenças significativas entre raízes com ou sem reabsorção usando Root ZX.

3. PROPOSIÇÃO

O objetivo deste trabalho é avaliar a precisão de três aparelhos localizadores foraminais eletrônicos em determinar a posição do forame apical, comparando-os com as medidas reais até o forame apical.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionados 15 dentes pré-molares, com idade, sexo, raça e tempo de armazenagem desconhecida, pertencentes ao Banco de Dentes Humanos da Universidade Federal do Paraná.

Radiografias foram realizadas utilizando o aparelho Spectro 70 X (Dabi-Atlante, Ribeirão Preto, Brasil), para observar a presença de mineralizações, ápice radicular incompleto ou presença de tratamento endodôntico. Foram descartados e substituídos caso apresentassem algumas destas características. Tecido cariado foi removido com auxílio de broca esférica # 4 (KG Sorensen, Brasil) em alta-rotação (Kavo do Brasil S.A. Indústria e Comércio. Joinville, SC, Br) e complementada com brocas esféricas # 4 (KG Sorensen, Brasil), em baixa rotação (Kavo do Brasil S.A. Indústria e Comércio. Joinville, SC, Br).

As cavidades de acesso foram realizadas com auxílio de brocas esféricas diamantadas nº 1012 e nº 1014 em alta rotação para a forma de contorno e forma de conveniência realizada com broca diamantada tronco-cônica nº 3205. Brocas Gates-Glidden #1, #2 e #3 em baixa-rotação complementaram o preparo da entrada dos canais.

A seguir, de posse de uma seringa plástica de 5,0 ml (Ultradent Products INC, USA) que foi preenchida com solução de hipoclorito de sódio 1,0% (Farmácia de Manipulação Substância, Joaçaba - SC), preencheu-se os canais, e de posse de uma lima tipo K # 10 (Dentsply/Maillefer) iniciou-se o esvaziamento. Esta foi introduzida gentilmente, ora realizando movimentos de entrada e saída, ora de ¼ de volta a direita e esquerda, até atingir o forame apical. Durante este procedimento, a solução NaOCl 1,0% exerceu tanto a função de substância química auxiliar quanto de substância irrigadora, em um volume de 10 ml por canal.

Com esta mesma lima era realizada a patência apical, a qual consistia em ultrapassar o forame apical em 1.0 milímetro para que houvesse a desobstrução de raspas dentinárias e de tecido orgânico. Em todos os dentes foi confeccionado, com broca tronco-cônica 3205 um platô perpendicular na cúspide vestibular para que a borda de referência fosse estável. Os dentes foram acondicionados aleatoriamente em frascos numerados de 1 a 15 contendo solução de timol 0,1% (Farmácia de

manipulação Substância, Joaçaba - SC) e armazenados em temperatura ambiente para re-hidratação, os quais permaneceram por período superior a 72 horas.

Com o auxílio do microscópio óptico (D.F.Vasconcellos) em um aumento de 12X, a medida real do canal foi determinada, introduzindo limas tipo k #15 até a ponta ser visível no forame apical.

Na sequência, os dentes foram inseridos em frascos plásticos contendo esponja floral embebida em solução fisiológica. Os canais foram preenchidos com solução de NaOCL 2,5% e foram realizadas as medidas eletrônicas com os aparelhos Root ZX II (J MORITA), Smarpex (Meta Biomed Co. Ltda) e Romiapex A-15 (Romidan). Para este fim a alça labial foi presa na esponja próximo a borda do frasco plástico, e o outro conector preso no intermediário entre o cursor e a lima endodôntica. Para que não houvesse interferência da posição do conector com a do cursor, foram utilizadas limas de 31 milímetro de comprimento.

Os instrumentos eram inseridos até atingirem 2.0 milímetros aquém do comprimento de trabalho e, então gentilmente avançava-se até os aparelhos marcarem a posição zero. Neste instante o cursor era ajustado ao bordo de referência coronário e a medida anotada.

Iniciou-se a determinação utilizando-se um instrumento tipo K # 15 e, caso não apresentasse a sensação de estar ajustado, inseria-se outro de calibre imediatamente superior. Nestas adaptações foram utilizados os instrumentos # 15, # 20 e # 25.

Para o aparelho Smarpex e o Romiapex A-15 a posição zero adotada foi a que o visor do painel mostrava, e para o Root ZX II, a última barra verde.

As medidas da posição do instrumento na medida real com aquela obtida com os diferentes aparelhos foram anotadas e encontram-se expressas nos Anexos A, B e C.

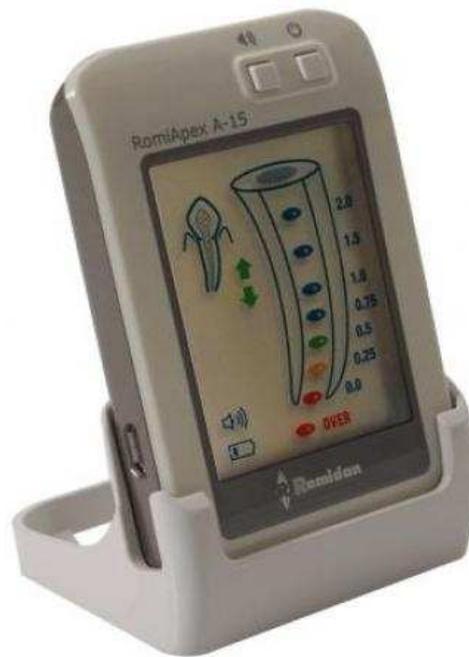
Os resultados foram submetidos ao teste estatístico de Kruskal-Wallis ANOVA adotando-se significância de 0,05 % ($p > 0,05$).



Fotografia 1: Aparelho Smarpex (META BIOMED)
Fonte: Arquivo pessoal da autora



Fotografia 2: Aparelho Root-ZX II (J. MORITA)
Fonte: Arquivo pessoal da autora



Fotografia 3: Aparelho Romiapex A-15 (ROMIDAN)
Fonte: Arquivo pessoal da autora

5 RESULTADOS

Os resultados estão expressos nas Tabelas 1 e 2.

Na Tabela 1 pode-se observar o percentual em que cada aparelho coincidiu com o real comprimento do canal até o forame apical, quando determinou com medida -0.5 milímetro e com +0.5 milímetro do comprimento real do canal radicular. Pode-se observar que o aparelho Root ZX II foi o que apresentou o maior percentual de coincidências (73,33%), seguindo-se do RomiApex A-15 (66,66%) e do Smarpex (40%).

Tabela 1: Percentuais de coincidência do ponto zero dos aparelhos com a medida real dos dentes

Aparelho	Ponto zero		+ 0,5 mm		- 0,5 mm		Total
	%	número	%	Número	%	número	
Root ZX II	73,33	11	13,33	2	13,33	2	15
SmarPex	40	6	46,66	7	13,33	2	15
A-15	66,66	10	20	3	13,33	2	15

Fonte: o autor

A Tabela 2 mostra os resultados após análise estatística de Kruskal-Wallis ANOVA, onde podem ser observados as médias, o desvio padrão, a soma dos ranks e o valor de p calculado. Não houve diferenças estatísticas significativas entre as medidas aferidas com os 3 aparelhos ($p=0,25$), mostrando que todos são confiáveis em determinar a posição do forame apical.

Tabela 2- Comparativo entre os aparelhos para determinar o forame apical

Localizador Foraminal	n	Médias	Desvio Padrão	Soma dos Ranks	P valor calculado
Smarpex	15	0,166667	0,361873	403,5	P=0,2597
Root ZX II	15	-8,3E ⁻¹⁸	0,267261	306	
RomiApex A-165	15	0,033333	0,296808	325,5	

Fonte: o autor

Nota: ns = não significante $p>0,05$

6 DISCUSSÃO

Os localizadores foraminais eletrônicos têm sido estudados desde o século passado com o objetivo de dar mais precisão, rapidez e confiabilidade na mensuração do comprimento do trabalho, substituindo ou complementando o método radiográfico, o qual pode apresentar inúmeras interferências devidas às distorções das radiografias e a real posição do forame apical, o qual, na maioria das vezes não se localiza no ápice radicular (PEREIRA et al., 2008; BRITO JUNIOR et al., 2007; WILLIAMS, 2006).

Devido a estas as dificuldades encontradas, os localizadores foraminais eletrônicos de última-geração se apresentam como recurso importante para determinar o comprimento de trabalho de forma mais segura (GORDON & CHANDLER, 2004; KIM & LEE, 2004). Esses localizadores do tipo frequência dependente, podem ser utilizados na presença de inúmeras substâncias comumente encontradas nos canais radiculares, como hipoclorito de sódio, solução salina, EDTA, clorexidina e também com secreções, sem interferir nas mensurações. (KAUFMAN, 2002); (BRITO-JÚNIOR et al., 2007).

Dentre as inúmeras vantagens do localizadores foraminais eletrônicos, está a redução do número de tomadas radiográficas com conseqüente diminuição das doses de radiação durante a terapia endodôntica (FOUAD & REID, 2000), e também a possibilidade de determinação da localização da constrição apical e não do ápice radiográfico (KOBAYASHI, 1995).

A junção cimento-dentina onde o tecido pulpar muda para tecido do ligamento periodontal apical, é o limite apical fisiológico para o comprimento de trabalho. Também tem sido referido como o menor diâmetro ou constrição apical. Entretanto, a junção cimento-dentina e a constrição apical nem sempre coincidem, particularmente em dentes senis, como resultado da deposição de cimento, o que altera a sua posição. (RICUCCI, 1998).

Estudos da anatomia do ápice do canal radicular mostraram que a distância entre o forame apical maior e o forame apical menor varia de 0.5 milímetro a 1.0 mm para dentes de diferentes idades (KUTTLER, 1955); (DUMMER, 1984).

6.1 QUANTO A METODOLOGIA

O presente estudo utilizou um modelo *ex vivo* para avaliar a precisão dos aparelhos localizadores foraminais eletrônicos Root ZX II, SmarPex e RomiApex A-15 para determinar o comprimento real do canal radicular. A vantagem deste modelo experimental é que se podem conhecer melhor os aparelhos antes do uso *in vivo*.

Foram selecionados dentes pré-molares monoradiculares devido a facilidade de manipulação e por apresentarem canais relativamente retos. Ao inserir os dentes em uma esponja com um pouco de rigidez, criou-se um adequado alvéolo artificial que permitiu a manutenção dos dentes em posição fixa e similiar para que todos os espécimes pudessem ser trabalhados com os diferentes aparelhos. Esta esponja já foi utilizada por Real et al (2005); Beltrame et al (2011) e apresentou-se adequada para o presente estudo.

O soro fisiológico utilizado como meio que permitisse a condução de corrente elétrica também já foi utilizado por Kaufman et al (2002); Goel et al (2006) e mostrou-se adequado. Assim, criou-se um modelo experimental que permitiu a reprodução do mesmo meio que é encontrado durante a terapia endodôntica.

Antes da utilização dos aparelhos os canais foram esvaziados em toda extensão e realizado acesso radicular, o que tem sido demonstrado por Ibarrola (1999); de Camargo et al. (2009); Meares & Steiman (2002); D'Assunção et al. (2007); Versiani et al. (2009); Pereira et al. (2008); Ding et al. (2010); Ebrahim et al. (2006); Plotino et al. (2006); Cianconi et al. (2006); Prescinotti et al. (2010); Pascon et al. (2009); Guise et al. (2010), ElAyouti et al. (2002); Kim et al. (2008); Moghaddam et al. (2010); Kang & Kim (2008); Vieyra et al. (2011), Al-Sharer et al. (2011), como etapas importantes antes de utilizar os aparelhos.

Diferentes estudos “*ex vivo*” são utilizados para investigar a precisão de localizadores foraminais entre os autores estão Gordon & Chandler (2004); Pereira et al. (2008); Cianconi et al. (2006); Meares & Steiman (2002); Versiani et al. (2009); Krajczár et al. (2008); de Vasconcelos et al. (2010); Oishi et al. (2002); Akisue et al. (2007); Kim et al. (2008); Plotino et al. (2006); Pascon et al. (2009). Alguns destes estudos cortam a porção mais apical da raiz no longo eixo, determinando a melhor relação do menor diâmetro com a ponta da lima, como Lee et al. (2002); Tinaz et al. (2002); WELK et al. (2003); VERSIANI et al. (2009); Vieyra et al. (2011). Se a porção

apical não é cortada essa relação não poder ser definida (VERSIANI et al. 2009). A explicação para este procedimento deve-se pelo fato de que a parede do canal radicular se tornar menos espessa, diminuindo sua capacidade de isolamento elétrico. Esta diminuição gradativa é interpretada eletricamente como diminuição da impedância do meio sendo mensurado (RAMOS, 2005). No presente estudo esse método não foi utilizado o que poderia não reproduzir a dinâmica do que ocorre na clínica.

A presença da constrição apical delimita o isolamento elétrico do canal radicular em relação ao tecido periodontal e sua continuidade com os demais tecidos bucais. Este limite norteia a leitura dos aparelhos de medição eletrônica, proporcionando uma variação sensível de impedância. Essa variação é traduzida pela diminuição dos valores na escala do visor do aparelho (RAMOS, 2005).

Antes da utilização dos aparelhos, os instrumentos foram inseridos no canal até a ponta ser visível em nível foraminal. Com o uso de magnificação proporcionada pelo uso do microscópio clínico, verificou-se onde a ponta da lima aparecia, o que foi considerado a posição do forame (limite zero). Com esta observação foi possível avaliar que a ponta da lima não se encontrava em nível da maior constrição, porém não se sabia se era na constrição ou dentro do canal cementário.

Os resultados de inúmeras publicações têm demonstrado que os localizadores foraminais eletrônicos podem ser precisos em determinar o comprimento de trabalho em 75% a 96,5% dos canais de dentes maduros (GORDON & CHANDLER, 2004) Essa larga discrepância pode não ser resultado apenas de protocolos de experimentos diferentes, mas também na dificuldade em reproduzir um mesmo ponto de referência; alguns autores ElAyouti et al. (2002); Meares & Steiman. (2002); Oishi et al. (2002); Welk et al. (2003); Plotino et al. (2006); D'Assunção et al. (2007); Herrera et al. (2007); Shanmugaraj et al. (2007); Bernardes et al. (2007) medem o menor diâmetro(constrição apical) e outros medem o maior diâmetro (forame maior) Pagavino et al. (1998); Lee et al. (2002); Lucena-Martin et al. (2004); Ebrahim et al., (2006); Kang & Kim (2008); Ding et al. (2010); Guise et al. (2010); Prescinotti et al., (2010). Pagavino et al. (1998) também relatou que em dentes com saída lateral do forame a ponta da lima fica mais próxima do forame maior.

Tem sido controverso se os localizadores foraminais eletrônicos são capazes de determinar a menor constrição ou o forame maior. De acordo com o fabricante a medida 0,5mm do Root ZX II indica que a ponta da lima está na constrição apical. (Root ZX, instruções de operação). Hassasien et al. (2008) recentemente encontrou que a Junção-Cemento-Dentina e a constrição apical não estão no mesmo ponto, a constrição apical está coronal a Junção-Cemento-Dentina, concluindo que quando usamos a medida indicada pelo aparelho Root ZX II estamos mais próximos da Junção-Cemento-Dentina do que da constrição apical. Lee et al. (2002) considera o fato de que o aparelho faz a leitura do maior gradiente de impedância, no ponto em que encontra o ligamento periodontal.

Independente onde o aparelho indica, se o que ele mostra é consistente, se nós sabemos onde estamos, e se sabemos a média da distância da ponta da lima e do JCD, então podemos obter um comprimento preciso subtraindo a média de distância da leitura do aparelho (LEE et al., 2002). Prescinotti et al.,(2010) utilizou a saída do forame e subtraiu 1.0 milimetro para definir o comprimento de trabalho. Entretanto é importante que os fabricantes dos localizadores foraminais definam o marco que os produtos dele estão tentando localizar (apical forame ou forame menor) (WELK et al., 2003).

Muitos estudos têm usado uma média de erro de ± 0.5 milímetros para verificar a precisão dos aparelhos. (PAGAVINO et al., 1998); (LEE et al., 2002); (MEARES & STEIMAN, 2002); (LUCENA-MARTÍN et al., 2004); (GOEL et al., 2006); (PLOTINO et al., 2006); (D'ASSUNÇÃO., et al 2007); (AKISUE et al., 2007); (BRISEÑO-MARROQUÍM., 2008); (KANG & KIM, et al 2008); (DE CAMARGO., et al 2009); (NAZARI MOGHADDHAM., et al 2010); (PRESCINOTTI., et al 2010). Medidas atingidas com essa tolerância são consideradas altamente precisas (EBRAHIM et al., 2006). Outros estudos confiam em uma média de 1.0 milimetro (PASCON et al., 2009); (DE VASCONCELLOS et al., 2010). Uma das razões na aceitação de ± 1.0 milimetro de margem de erro é a vasta gama vista na anatomia da zona apical (SHANMUGARAJ et al., 2007). Os canais nem sempre terminam com constrição apical ou bem delimitados diâmetros no maior e menor forame (DUMMER et al., 1984; RICUCCI, 1998).

O tamanho do forame apical e a influência do tamanho do instrumento são fatores que podem interferir na eficácia do aparelho. Herrera et al. (2007) encontrou

que, conforme aumentava o alargamento apical e aumentava o calibre das limas, diminuía a precisão dos aparelhos. Esses resultados foram similares com estudos de Kang & Kim (2008) e Nazari Moghaddam et al. (2010). Ebrahim et al. (2006) realocou o menor diâmetro do canal para forame maior e concluiu que o comprimento de trabalho era mais curto conforme aumentava o diâmetro do canal. Briseño-marroquim et al. (2008) não encontrou diferenças utilizando instrumentos #08, #10 e #15, assim como Cianconi et al. (2010). Ebrahim et al. (2006) concluiu em seu estudo que na presença de sangue devemos usar uma lima mais próxima ao diâmetro do canal.

Essa disparidade de resultados pode não ser apenas pela diferença do método utilizado, como também, os diferentes localizadores apicais e a anatomia do canal. Nekoofar et al. (2006) relatou que a impedância dentro do canal radicular varia de acordo com o formato do canal, também relatado por Ardeshtna et al. (2011). Entretanto, vale a pena investigar melhor, se a morfologia do canal poderia exercer influencia na impedância intra-canal, e então a performance dos localizadores foraminais eletrônicos (DING et al., 2010).

6.2 QUANTO AOS RESULTADOS

Na avaliação comparativa das medidas reais dos dentes em relação aos 3 localizadores foraminais, pudemos observar que o Root ZX II apresentou uma porcentagem de coincidências de 73,33% com o ponto zero, em 13,33% a medida estava +0.5 milímetros e em 13,33% estava -0.5 milímetros. Isso mostra que, independentemente de qual medida foi obtida, a lima estava dentro do canal em 86,66% dos casos. Essa constatação está abaixo do percentual encontrado por Lucena- Martín et al. (2004) que foi de 95% dos casos e acima ao encontrado por Cianconi et al. (2010) que foi de 65,3%. No entanto, em 100% das medidas de todos os aparelhos estavam dentro da média de ± 0.5 milímetros, a qual é considerada extremamente precisa (KANG & KIM, 2008; GOEL et al., 2006). Este resultado foi próximo ao encontrado por Guise et al. (2010) que foi de 97,5% para o Root ZX II e De Vasconcellos et al. (2010) de 97,4%.

Para os aparelhos Smarpex e RomiApex A-15 os percentuais de coincidência foram menores em relação ao Root ZX II, com 40% e 66,66% respectivamente. Ao

observarmos a análise estatística, não foram encontradas diferenças significativas (Tabela 2) visto que as variações foram de apenas 0.5 milímetros para menos ou para mais.

Um fato interessante ocorreu ao consultarmos o manual dos fabricantes dos três aparelhos. Os do Root ZX II (J Morita) e do SmarPex (Meta), existe uma recomendação de que, após a determinação do ponto zero, recue-se 0.5 milímetros para então determinar a medida do ponto zero. Quando é realizada esta correção das medidas de acordo com os fabricantes (Tabela 3) temos uma porcentagem de coincidência com o ponto zero de 86,66% para o Root ZX II e Smarpex. O fabricante do RomiApex não faz nenhuma citação com relação à algum tipo de ajuste de medida.

Tabela 3: Percentual de coincidência do ponto zero dos aparelhos com o comprimento real dos canais radiculares após correção ds medidas acorde recomendação dos fabricantes.

Aparelho	Ponto zero		+ 0,5 mm		- 0,5 mm		Total
	%	n	%	n	%	n	
Root ZX II *	86,66	13	0	0	13,33	2	15
SmarPex *	86,66	13	0	0	13,33	2	15
A-15	66,66	10	20	3	13,33	2	15

Fonte: o autor

Nota: *os fabricantes dos aparelhos Root ZX II e Smarpex recomendam reduzir em 0,5 mm quando o aparelho indicar o ponto zero

Assim, analisando estes dados, verifica-se que os aparelhos Smarpex e Root Zx II se equivalem na habilidade em localizar o forame apical, sendo mais precisos que o RomiApex A-15. Porém, partindo-se da regra de que, a partir da determinação do comprimento do canal até o forame apical, deve-se recuar 1.0 milímetro (PRESCINOTTI ET AL. 2010) para estabelecer a medida de trabalho, todos os aparelhos localizadores foraminais eletrônicos mostram-se adequados.

Desta maneira, acorde os resultados aqui encontrados, com os ajustes dos fabricantes ou não, poderia-se utilizar qualquer um dos três aparelhos localizadores foraminais eletrônicos para estabelecer a medida de trabalho, que em nenhum momento, estaria trabalhando fora dos limites do canal radicular.

Este fato é importante visto que, se não for observada a recomendação do fabricante, poderemos estar considerando um determinado aparelho mais ou menos eficiente, como é o caso do Smarpex. Porém, uma vez observado que existe uma

tendência dos aparelhos em determinar a medida para mais ou para menos, esta variação é muito pequena, e acorde este trabalho, foi de apenas $\pm 0,5$ milímetros, o que é considerado muito preciso.

7 CONCLUSÕES

1. O localizador foraminal eletrônico Root XZ II foi mais preciso em determinar o ponto zero quando comparado ao Smarpex e RomiApex A-15, porém sem diferenças estatísticas significativas.
2. Após os ajustes de medidas recomendados pelos fabricantes, os aparelhos Root ZX II e Smarpex apresentaram comportamento similar.
3. Considerando-se uma margem de erro de ± 0.5 milímetros, todos os aparelhos localizadores foraminais eletrônicos foram confiáveis em determinar a medida até o forame apical.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al- SHARER, A., MADI, S. An in vivo comparison of five different electronic apex locators. **ENDO - Endodontic Practice Today**. v. 5, n. 1, p. 17-25, 2011.
- ARDESHNA, S. M., FLANAGAN, M., NG, Y.L., GULABIVALA, K. An ex vivo investigation of the relationship between apical root impedance and canal anatomy. **International Endodontics Journal**, Reino Unido, v. 44, n. 6, p. 525-533, 2011.
- BELTRAME, A., TRICHES, T.C., SARTORI, N., BOLAN, M. Electronic determination of root canal working length in primary molar teeth: an in vivo and ex vivo study. **International Endodontics Journal**, Reino Unido, v. 44, n. 5, p. 402-406, 2011.
- BERNARDES, R.A., DUARTE, M.A.H., VASCONCELOS, B.C., MORAES, I.G., BERDINELI, N., GARCIA, R.B., BALDI, J.V., VICTORINO, F.R., BRAMANTE, C.M. Evaluation of precision of length determination with 3 electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, and RomiAPEX D-30. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology**, Philadelphia, v. 1044, n. 4, p. e91-e94, 2007.
- BRISEÑO-MARROQUÍN, B., FRAJLICH, S., GOLDBERG, F., WILLERSHAUSEN, B. Influence of instrument size on the accuracy of different apex locators: an in vitro study. **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v. 34, n. 6, p. 698-702, 2008.
- BRITO JÚNIOR, M., SOARES, J.A., CAMILO, C.C., OLIVEIRA, A.M. Precisão e confiabilidade de um localizador apical na odontometria de molares inferiores: estudo in vitro; Accuracy and reliability of an apex locator for working length determination of lower molars: an in vitro study. **Revista Odonto Ciência**, Porto Alegre, v. 22, n. 58, p. 293-298, 2007.
- D'ASSUNÇÃO, F.L., de ALBUQUERQUE, D.S., SALAZAR-SILVA, J.R., de QUEIROZ, F.L.C., BEZERRA, P.M. The accuracy of root canal measurements using the Mini Apex Locator and Root ZX-II: an evaluation in vitro. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology**, Reino Unido, v. 104, n. 6, p. e50-e53, 2007.
- CIANCONI, L., ANGOTTI, V., FELICI, R., CONTE, G., MANCINI, M. Accuracy of Three Electronic Apex Locators Compared with Digital Radiography: An Ex Vivo Study. **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v. 36, n. 12, p. 2003-2007, 2010.
- DE CAMARGO, É.J., ZAPATA, R.O., MEDEIROS, P.L., BRAMANTE, C.M., BERNARDINELI, N., GARCIA, R.B., de MORAES, I.G., DUARTE, M.A.H. Influence of preflaring on the accuracy of length determination with four electronic apex locators. **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v. 35, n. 9, p. 1300-1302, 2009.
- DE VASCONCELOS, B.C., do VALE, T. M., de MENEZES, A.S. T., PINHEIRO-JÚNIOR, E.C., VIVACQUA-GOMES, N., BERNARDES, R. A., HUNGARO DUARTE, M. A. An ex vivo comparison of root canal length determination by three electronic

apex locators at positions short of the apical forâmen. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology**, Reino Unido, v. 110, n. 2, p. e57-e61, 2010.

DING, J., GUTMANN, J.L., FAN, B., LU, Y., CHEN, H. Investigation of Apex Locators and Related Morphological Factors. **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v.36, n. 8, p. 1399-1403, 2010.

DOS SANTOS, J. C. **Análise comparativa, in vitro, da eficácia na odontometria de três localizadores apicais (Root ZX, Bingo 1020 e Novapex)**. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações, Dissertação (Doutorado em Clínica Odontológica, área de endodontia) Unicamp, 2005. Disponível em: <<http://oai.ibict.br/oai/myoai/oai2.php>>. Acesso em: 12 SET.2010.

DUMMER, P.M.H., MCGINN, J., REES, D.G. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. **International Endodontic Journal**, Reino Unido, v 17, n. 4, p. 192-198, 1984.

EBRAHIM, A.K., YOSHIOKA, T., KOBAYASHI, C., SUDA, H. The effects of file size, sodium hypochlorite and blood on the accuracy of Root ZX apex locator in enlarged root canals: an in vitro study. **Australian Dental Journal**, Reino Unido, v. 51, n. 2, p. 153-157, 2006.

ELAYOUTI, A., WEIGER, R., LOST, C. The ability of root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v. 28, n. 2, p. 116-119, 2002.

FOUAD, A.F., REID, L.C. Effect of using electronic apex locators on selected endodontic treatment parameters. **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v. 26, n. 6, p. 364-367, 2000.

GOEL, Y., ACHARYA, S.R., BALLAL, V. A comparative evaluation of the accuracy of third generation electronic apex locator (Root ZX) in presence of various intracanal irrigants. **Pub. Ind. Endodon. Soc**, v. 18, n.1, p. 28-33, 2006 .

GORDON, M.P.J., CHANDLER, N.P. Electronic apex locators. **International Endodontic Journal**, Reino Unido, v.37, n. 7, p. 425-437, 2004.

GUISE, G.M., GOODELL, G.G., IMAMURA, G.M. In vitro comparison of three electronic apex locators. **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v. 36, n. 2, p. 279-281, 2010.

HASSANIEN, E.E., HASHEM, A., CHALFIN, H. Histomorphometric study of the root apex of mandibular premolar teeth: an attempt to correlate working length measured with electronic and radiograph methods to various anatomic positions in the apical portion of the canal. **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v. 34, n. 4, p. 408-412, 2008.

- HERRERA, M., ÁBALOS, C., PLANAS, A. J., LLAMAS, R. Influence of Apical Constriction Diameter on Root ZX Apex Locator Precision. **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v. 33, n. 8, p. 995-998, 2007.
- IBARROLA, J.L., CHAPMAN, B.L., HOWARD, J.H., KNOWLES, K.I., LUDLOW, M.O. Effect of preflaring on Root ZX apex locators. **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v. 25, n. 9, p. 625-626, 1999.
- KANG, J., KIM, S. K. Accuracies of seven different apex locators under various conditions. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, Philadelphia, v. 106, n. 4, p. e57-e62, 2008.
- KAUFMAN, A.Y., KEILA, S., YOSHPE, M. Accuracy of a new apex locator: an in vitro study. **International Endodontic Journal**, Reino Unido, v. 35, n. 2, p. 186-192, 2002.
- KIM, E., LEE, S.J. Electronic apex locator. **The Dental Clinics of North America**, Maryland Heights, v. 48, n. 1, p. 35-54, 2004
- KIM, E., MARMO, M., LEE, C., OH, N., KIM, I. An in vivo comparison of working length determination by only root-ZX apex locator versus combining root-ZX apex locator with radiographs using a new impression technique. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, Philadelphia, v.105, n. 4, p. e79-e83, 2008.
- KOBAYASHI, C., SUDA, H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v. 20, n. 3, p. 111-114, 1994.
- KOBAYASHI, C. Electronic canal length measurement. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, Philadelphia, v. 79, n. 2, p. 226-231, 1995.
- KRAJCZÁR, K., MARADA, G., GYULA, G., TÓTH, V. Comparison of radiographic and electronical working length determination on palatal and mesio-buccal root canals of extracted upper molars. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, Philadelphia, v. 106, n. 2, p. e90-e93, 2008.
- KUTTLER, Y. Microscopic investigation of root apices. **Journal of the American Dental Association**, Chicago, v. 50, n. 5, p. 544-552, 1955.
- LEE, S.J., NAM, K.C., KIM, Y.J, Kim, D.W. Clinical Accuracy of a New Apex Locator with an Automatic Compensation Circuit. **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v. 28, n. 10, p. 706-709, 2002.
- LUCENA-MARTIN, C., ROBLES-GIJON, V., FERRER-LUQUE, C.M, NAVAJAS-RODRIGUEZ DE MONDELO, J.M., In vitro evaluation of the accuracy of three electronic apex locators. **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v. 30, n. 4, p. 231-233, 2004.

MEARES, W.A., STEIMAN, H.R. The influence of sodium hypochlorite irrigation on the accuracy of the Root ZX electronic apex locator. **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v. 28, n. 8, p. 595-598, 2002.

NAZARI MOGHADDAM, K., NAZARI, S., SHAKERI, L., HONARDAR, K., MIRMOTALEBI, F. In vitro detection of simulated apical root perforation with two electronic apex locators. **Iranian Endodontic Journal**, Tehran, v. 5, n. 1, p. 23-26, 2010.

NEKOOOFAR, M.H., GHANDI, M.M., HAYES, S.J., DUMMER, P.M.H. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. **International Endodontic Journal**, Reino Unido, v. 39, n. 8, p. 595-609, 2006.

OISHI, A., YOSHIOKA, T., KOBAYASHI, C., SUDA, H. Electronic detection of root canal constrictions. **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v. 28, n. 5, p. 361-364, 2002.

PAGAVINO, G., PACE, R., BACCETTI, T. A SEM study of in vivo accuracy of the Root ZX electronic apex locator. **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v. 24, n. 6, p. 438-441, 1998.

PASCON, E.Á., MARRELLI, M., CONGI, O., CIANCIO, R., MICELI, F., VERSIANI, M.A. An ex vivo comparison of working length determination by 3 electronic apex locators. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, Philadelphia, v. 108, n. 3, p. e147-e151, 2009.

PEREIRA, K.F.S., GUERISOLI, D.M.Z., YOSHINARI, G.H., ARASHIRO, F.N., CHITA J.J., RAMOS C.A.S. Avaliação comparativa da precisão dos localizadores foraminais eletrônicos FIT e Root ZX II: Investição "ex vivo". **Revista Inpeo de Odontologia**, Cuiabá, v. 1, n. 2, p. 89-95, 2008.

PLOTINO, G., GRADE, NM, BRIGANTE, L., LESTI, B., SOMMA, F. Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and ProPex. **International Endodontic Journal**, Reino Unido, v. 32, n. 7, p. 408-414, 2006.

PRESCINOTTI, R., BROCHADO, V.H.D., RAMOS, C.A.S. **Comparison of electronic root canal measurements using Romiapex A-15 and Bingo 1020 foramen locators**: An in vitro evaluation. Londrina, 2010. Disponível em: <http://www.romidan.com/Media/Doc/Scientific_Articles/Romiapex_A-15_vs_Bingo.pdf>. Acesso em: 7 abr. 2011.

RAMOS, C.A.S., BRAMANTE, C.M. **Odontometria**: fundamentos e técnicas. São Paulo: Editora Santos, 2005.

REAL, D.G., DE CARVALHO, A.L.P., PALEARI, G.S.L., NETO, K.O., DE MOURA, A.A.M., DAVIDOWICZ, H. Análise comparativa "in vitro" entre os localizadores apicais eletrônicos Just II e Root ZX Comparative analysis "in vitro" of root apex

locators Just II and Root ZX. **Revista do Instituto de Ciências da Saúde**, v. 24, n. 3, p. 201-205, 2006.

RICUCCI, D. Apical limit of root-canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. **International Endodontic Journal**, Reino Unido, v. 31, n.6, p.384-393, 1998.

SHANMUGARAJ, M., NIVEDHA, R., MATHAN, R., BALAGOPAL, S. Evaluation of working length determination methods: An in vivo/ex vivo study. **Indian Journal of Dental Research**, India, v. 18, n. 2, p. 60-62, 2007.

SUNADA, I. New method for measuring the length of the root canal . **Journal of Japan Society of Stomatology**, Japan, v. 22, n. 11, p 161-171, 1958.

SUZUKI, K. Experimental study in iontophoresis. **Journal of Japan Society of Stomatology**, Japan, v.16, n. 6, p. 414-417, 1942.

TINAZ, A.C., SEVIMLI, L.S., GORGUL, G., TURKOZ, E.G. The effects of sodium hypochloride concentrations on the accuracy of an apex locating device . **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v. 28, n. 3, p. 160-162, 2002.

VERSIANI, M.A., SANTANA, B.P., CARAM, C.M., PASCON, E.Á., DE SOUZA, C.J.A., BIFFI, J.C.G. Ex vivo comparison of the accuracy of Root ZX II in detecting apical constriction using different meter's reading. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, Philadelphia, v. 108, n. 1, p. e41-e45, 2009.

VIEYRA, J. P., ACOSTA, J. Comparison of working length determination with radiographs and four electronic apex locators. **International Endodontics Journal**, Reino Unido, v. 44, n.6, p. 510-518, 2011.

WELK, A.R., BAUMGARTNER, J.C., MARSHALL, J.G. An in vivo comparison of two frequency-based electronic apex locators. **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v.29, n. 8, p. 497-500, 2003.

WILLIAMS, C.B., JOYCE, A.P., ROBERTS, S. A comparison between in vivo radiographic working length determination and measurement after extraction. **Journal of Endodontics**, Philadelphia, v.32, n.7, p. 624-627, 2006.

ANEXOS

Anexo A: Medidas obtidas com o aparelho Smarpex

Amostra	Medida real no forame (mm)	Ponto zero (mm)	Diferença (mm)
1	19,5	19	-0,5
2	22	22	0
3	22,5	22	-0,5
4	25	25	0
5	22	22	0
6	23	23,5	0,5
7	19,5	20	0,5
8	25,5	26	0,5
9	21	21,5	0,5
10	21	21,5	0,5
11	22,5	22,5	0
12	23,5	24	0,5
13	20	20	0
14	25	25,5	0,5
15	19,5	19,5	0

Anexo B: Medidas obtidas com o aparelho Root ZX II

Amostra	Medida real no forame (mm)	Medida no ponto zero (mm)	Diferença (mm)
1	19,5	19	-0,5
2	22	22	0
3	22,5	22,5	0
4	25	25	0
5	22	22	0
6	23	23	0
7	19,5	19,5	0
8	25,5	26	0,5
9	21	21	0
10	21	21	0
11	22,5	22,5	0
12	23,5	24	0,5
13	20	20	0
14	25	25	0
15	19,5	20	-0,5

Anexo C: Medidas obtidas com o aparelho RomiApex A-15

Amostra	Medida real no forame (mm)	Medida no ponto zero (mm)	Diferença (mm)
1	19,5	19	-0,5
2	22	22	0
3	22,5	22	-0,5
4	25	25	0
5	22	22	0
6	23	23,5	0,5
7	19,5	19,5	0
8	25,5	26	0,5
9	21	21	0
10	21	21	0
11	22,5	22,5	0
12	23,5	24	0,5
13	20	20	0
14	25	25	0
15	19,5	19,5	0