



EFICÁCIA E ACURÁCIA DE DIFERENTES LOCALIZADORES APICAIS

Janus Micael Targa Ferreira¹, Viviane de Oliveira Limeira Ferreira², Gabriela Cristina Santin³, Joana Yumi Teruya Uchimura⁴

¹Doutorando, Discente no Programa de Pós Graduação em Odontologia, Campus Maringá-PR, Universidade Estadual de Maringá - UEM. janustarga@gmail.com

² Acadêmica do Curso de Odontologia, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar - UNICESUMAR. vivianelimeira9913@gmail.com

³Coorientadora, Doutora, Docente no Curso de Odontologia, Campus Maringá-Pr, Universidade Estadual de Maringá – UEM. gabsantin1310@gmail.com

⁴Orientadora, Doutora, Docente no Curso de Odontologia, Campus Maringá-Pr, Universidade Estadual de Maringá – UEM. joanayumi@gmail.com

RESUMO

Delimitar o comprimento real de trabalho (CRT) durante o tratamento endodôntico trata-se de uma etapa crucial para o sucesso dessa intervenção. Com o avanço tecnológico, essa etapa pode ser mensurada por meio de localizadores eletrônicos apicais (LEAs). Com a diversidade de localizadores, muitos cirurgiões dentistas e endodontistas optam por comprar aparelhos com preços mais acessíveis em relação aos localizadores internacionais padrão-ouro como Root ZX®, que apresenta uma precisão excepcional, porém alto custo. Este trabalho teve como objetivo de avaliar se a eficácia e acurácia de localizadores apicais disponíveis no mercado nacional, são de alta precisão na determinação do CRT, comparados com a determinação do CRT real que foi mensurado por meio do auxílio de magnificação. Foram selecionados 20 dentes unirradiculados, adquiridos de doações de cirurgiões dentistas, na qual foram preparados e determinado o CRT real comparado ao método radiográfico e as mensurações eletrônicas dos LEAs. Para análise estatística utilizamos o método de Bland-Altman com o complemento do método de Lin. No presente estudo, a comparação estatística por meio do método de Bland-Altman e do coeficiente de correlação de Lin demonstrou que o Root ZX® apresentou melhor acurácia na determinação do CRT. Outros dispositivos analisados, como Novapex®, Propex Pixi® e Finepex®, R-Smart Plus®, Endus Duo Saevo®, E-Pex Pro MK Life® e DTE DPEX III® também mostraram alta concordância com o padrão-ouro, mas com pequenas variações.

PALAVRAS-CHAVE: Acurácia; Eficácia; Localizadores eletrônicos apicais; Odontometria.

1 INTRODUÇÃO

A revolução na determinação do comprimento real de trabalho (CRT) ocorreu com o advento dos localizadores eletrônicos apicais. Essa etapa operatória é de grande importância dentro do tratamento endodôntico. A mensuração do CRT estabelece o limite da instrumentação e obturação do canal radicular. (LÓPEZ-MAEKAWA & RUPAY, 2022; VENANTE et al., 2017). Desde 1918, Cluster (CLUSTER, 1918) idealizou o uso de corrente elétrica para realizar a medição do comprimento do canal radicular por meio de um dispositivo eletrônico, porém só em 1942, Suzuki investigou as propriedades de resistência elétrica dos tecidos orais favorecendo o surgimento do primeiro aparelho eletrônico foramina, desenvolvido por Sunada em 1962 (SUZUKI, 1942; SUNADA, 1962). Os localizadores eletrônicos apicais (LEAs) tornaram-se um instrumento de amplo uso na determinação do limite apical da instrumentação endodôntica, superando as limitações enfrentadas pelas imagens radiográficas. Estes dispositivos identificam a transição da polpa para os tecidos periodontais, que são próximos à constrição apical, por meio de mecanismos de resistência, frequência ou impedância (RICUCCI; LANGELAND., 1998).

Diversos localizadores apicais vendidos no mercado odontológico nacional não apresentam estudos que demonstrem sua eficácia e acurácia. Com essa grande variedade de LEAs, avaliar a eficácia e acurácia desses dispositivos disponíveis foi de suma importância, a fim de proporcionar tratamentos endodônticos precisos e de alta qualidade. Localizadores apicais internacionais padrão-ouro como Root ZX® (J. Morita Corporation,



Tóquio, Japão) apresentam inúmeros trabalhos científicos e uma precisão excepcional, porém seu custo é alto. Com a diversidade de localizadores foraminais, muitos cirurgiões dentistas optam por comprar aparelhos com preços mais acessíveis, porém não possuem estudos científicos que avaliam a eficácia e acurácia desses LEAs. Este trabalho teve como objetivo avaliar oito marcas de localizadores apicais disponíveis no mercado nacional quanto à eficácia e acurácia. Os aparelhos Endus Duo Saevo®, R-Smart Plus® e DTE DPEX II®, não apresentam dados na literatura, e este trabalho também apresentou o desempenho destes dispositivos. Dentre os LEAs avaliados neste estudo estão: Root ZX® (J. Morita Corporation, Tóquio, Japão), Novapex® (Forum Technologies, Israel), Finepex® (Schuster, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil), Endus Duo Saevo® (Saevo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil), R-Smart Plus® (Seasky, China), DTE DPEX III® (Guilin Woodpecker Medical Instrument, China), Propex Pixi® (Dentsply-Malleifer, Ballaigues, Suíça), E-Pex Pro® (Mk Life, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) verificando se são de alta precisão na determinação do CRT, comparado com o CRT real, a fim de validar a qualidade desses equipamentos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo in-vitro foi aprovado pelo Comitê de ética em Pesquisa envolvendo Seres humanos da Universidade Estadual de Maringá (UEM), sob CAAE de número 75949423.2.0000.0104.

Os critérios de inclusão são dentes permanentes (superiores e inferiores), hígidos, anteriores e pré-molares unirradiculados adquiridos por meio de doações de cirurgiões-dentistas. Como critérios de exclusão os dentes que apresentaram restaurações de amálgama, próteses metálicas, dentes que não obtiverem patência, tratamento endodôntico, canais calcificados/obliterados (calcificações pulpares), raízes dilaceradas, trincas, cáries extensas e fraturas foram excluídos. Os dentes selecionados foram radiografados por meio de um aparelho de raio x Kavo Focus® (Kavo Kerr, Joinville, Santa Catarina, Brasil) e a exposição realizada em um sensor digital Eagle S® - tamanho 1 (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil) para assim analisar os critérios de inclusão e exclusão.

A amostra é composta de 20 dentes unirradiculados, extraídos com indicação terapêutica, adquiridos através de doações de cirurgiões-dentistas. Os dentes ficaram armazenados em solução de hipoclorito de sódio a 2,5% (Soda Clorada, Asfer, São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil) por 2 horas. Para remoção de detritos e restos de ligamento periodontal da superfície radicular, raspamos os dentes com curetas de Gracey 5-6 (Hu-friedy, Chicago, EUA). Os espécimes ficaram inseridos em solução fisiológica a 0,9% em temperatura ambiente (25-30°C), para manter a hidratação até o momento da sua utilização (VENANTE et al., 2017). Acessamos os dentes endodonticamente, através do acesso convencional, utilizando brocas 1012 (KG Sorensen, Cotia, Brasil) e confeccionamos uma forma de conveniência de acordo com o grupo dentário, com a utilização de brocas 3081 (KG Sorensen, Cotia, Brasil).

Irrigamos abundantemente os condutos com hipoclorito de sódio 2,5% (Soda Clorada, Asfer, São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil), seringa de irrigação endodôntica (Ultradent, Indaiatuba, São Paulo, Brasil) e Endo-eze irrigators (27 ga, Ø 0,40 mm) (Ultradent, Indaiatuba, São Paulo, Brasil) e localizamos o canal com a sonda endodôntica. Para aspiração dos canais utilizamos com sugador endodôntico Angelus com pontas de aspiração Endo Tips 0.06 (Angelus, Londrina, Paraná, Brasil). Com a finalidade do terço apical ficar mais acessível, as limas orifice shapper #17.08 de 19 mm (Mk Life, Porto Alegre,



Rio Grande do Sul, Brasil) com velocidade de 350 rotações por minutos (RPM) e torque de 2 newtons (N) foram utilizadas para o preparo do terço cervical e médio dos canais radiculares. Realizamos a patência apical com uma lima tipo K #15 (Dentsply-Malleifer, Ballaigues-Suíça) de 21 mm, 25 mm ou 31 mm dependendo do comprimento do dente. Para se obter o comprimento real de trabalho real (CRTr), introduzimos uma lima no interior do conduto radicular até que sua ponta fosse vista no forame apical, com o auxílio de uma lupa de magnificação 3,5x Head Spot II MMO (MMOptics, São Carlos, São Paulo, Brasil) e um raio x digital com sensor Eagle S® - tamanho 1 (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil) foi realizado para comprovar que se encontrava no ápice. Após essa visualização, posicionamos o cursor de borracha precisamente, e a distância entre a ponta da lima e o cursor de borracha foi mensurada utilizando um paquímetro digital (Mitutoyo, Tóquio, Japão), recuando 1 mm. Essa medida foi considerada padrão-ouro, onde determinamos com precisão o CRT dos elementos dentários. Os valores obtidos foram tabulados no Excel (Microsoft Excel) para posterior comparação aos resultados obtidos pelo método eletrônico através dos localizadores apicais e pelo método radiográfico. As medidas eletrônicas foram determinadas tendo como critério a localização do forame, de acordo com a marcação de ápice nos aparelhos Root ZX® (J. Morita Corporation, Tóquio, Japão), Novapex® (Forum Technologies, Israel), Finepex® (Schuster, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil), Endus Duo Saevo® (Saevo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil), R-Smart Plus® (Seasky, China), DTE DPEX III® (Guilin Woodpecker Medical Instrument, China), Propex Pixi® (Dentsply-Malleifer, Ballaigues, Suíça), E-Pex Pro® (Mk Life, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil), comparando com o CRT real e o CRT determinado pelo método radiográfico. As mensurações foram realizadas por um endodontista experiente e calibrado.

Os dentes selecionados foram incluídos em alginato (Jeltrate II, Dentsply) e utilizamos um recipiente plástico com solução fisiológica de 0,9% (Frenesius Kabi, Barueri, São Paulo, Brasil) para fixação dos espécimes e da alça labial. O alginato foi escolhido como meio condutor por ser considerado eletro condutor adequado para a finalidade do estudo, permitindo a realização de quantas medidas forem necessárias. (ELAYOUTI, A.; LÖST, C., 2006; PIASECKI, Lucila et al., 2016). Os canais radiculares dos dentes selecionados foram irrigados com solução de hipoclorito de sódio 2,5% (Soda Clorada, Asfer, São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil) e as mensurações dos canais realizadas com os diferentes localizadores. A lima inserida no conduto chegava até o forame apical, em que os localizadores detectavam em seu visor a marca "0" ou "apex". A leitura que permaneceu por pelo menos 5 segundos foi considerada válida. O stop de borracha devidamente posicionado na borda incisal dos dentes selecionados foi mensurado com um paquímetro digital (Mitutoyo, Tóquio, Japão). Os valores obtidos, recuaram 1 mm e foram registrados em planilhas do Excel (Microsoft Excel).

Os localizadores analisados foram divididos em três grupos:

Grupo 1 - Controle: Comprimento real de trabalho real (CRTr).

Grupo 2 - Localizador junto ao motor endodôntico: Endus Duo Saevo® (Saevo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil), R-Smart Plus® (Seasky, China).

Grupo 3 - Apenas Localizador: Root ZX® (J. Morita Corporation, Tóquio, Japão), Novapex® (Forum Technologies, Israel), Finepex® (Schuster, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil), Propex Pixi® (Dentsply-Malleifer, Ballaigues, Suíça), E-Pex Pro® (Mk Life, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) e DTE DPEX III® (Guilin Woodpecker Medical Instrument, China). A tabela a seguir especifica os localizadores que foram usados na pesquisa:

Tabela 1 - Localizadores eletrônicos apicais utilizados no estudo:



LEA	Marca	Modelo	Nº de Série
Root ZX®	J. Morita Corporation	RCM-1	NL2594
Endus Duo Saevo®	Saevo	Endus Duo R	500001454819
Endo Motor R-Smart Plus®	Seasky	R-Smart Plus	EMP19031360
Novapex®	Forum Technologies	N-21	N-146169
Finepex®	Shuster	Finepex Link	R2161567W3
Propex Pixi®	Dentsply-Malleifer	Propex Pixi	PX2021061802
E-Pex Pro®	Mk Life	E-Pex Pro	EA1D0906A071
DTE DPEX III®	DTE	DPEX III	R2160692D3
Fonte: Tabela do autor			

Os 20 dentes selecionados, após preparados, passaram por uma aferição de sua odontometria nos diferentes localizadores apicais. Foram realizadas 3 mensurações, em diferentes momentos, nos 20 dentes. Após essa determinação do comprimento de trabalho (CRT) os dados foram computados em uma tabela em Excel (Microsoft Excel), foi realizada uma média dos CRTs obtidos e comparados a precisão desses diferentes localizadores periapicais com a medida padrão-ouro, o CRT real.

Coletamos os dados em uma planilha no Microsoft Excel (2020). A análise estatística dos dados foi realizada através do software R Core Team (R CORE TEAM Software® Version 4.4.2). Para análise estatística utilizamos o método de Bland-Altman com o complemento do método de Lin.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o intuito de avaliar a precisão e eficiência dos diferentes localizadores apicais atualmente disponíveis, comparou-se as medidas coletadas dos aparelhos. Para a comparação, foi aplicado o método estatístico que investiga a concordância entre dois métodos de medição que medem a mesma variável contínua, amplamente usado em estudos médicos e laboratoriais, denominado de método de Bland-Altman. Para investigar as concordâncias, considerou-se como padrão ouro as mensurações CRT Real, assim, as medidas dos demais aparelhos foram comparadas, duas a duas, com as medidas padrão-ouro, sendo que todos os aparelhos apresentaram excelente concordância com o padrão-ouro, embora o método de Bland-Altman indica se as diferenças entre os métodos (aparelhos) são aceitáveis do ponto de vista prático, não pode inferir sobre a eficiência dos



aparelhos em relação ao aparelho padrão ouro. Dessa forma, recorreu-se ao coeficiente de correlação de concordância de Lin (CCC) que é usado como uma complementação ao método de Bland-Altman, esse método mede a força da correlação e concordância considerando viés e precisão. O coeficiente de correlação e concordância de Lin varia de 1 a 1, onde os valores de CCC igual a 1 representa concordância perfeita entre os métodos, valor igual a 0 não possui concordância nenhuma e valores negativos possuem discordância sistemática entre os métodos. McBride (2005) sugere uma escala descritiva para valores do coeficiente de correlação de concordância (para variáveis contínuas) apresentado na Tabela 1. Embora, as medidas do CRT Raio X, CRT Root ZX, CRT Novapex, CRT Propex Pixi, CRT Finepex, CRT R-Smart Plus, CRT Endus Duo Saevo, CRT E-Pex Pro MK Life e CRT DTE DPEX III não são significativamente diferentes, ao nível de significância de 5%, das medidas do CRT Real de acordo com método de Bland-Altman, pelo coeficiente de correlação e concordância de Lin verificou-se que as mensurações do CRT Raio X e CRT Root ZX são as mais eficazes, ou seja, as medidas de ambos, são as que mais se aproximam do padrão ouro. A Figura 1 apresenta os gráficos de Bland-Altman referentes aos aparelhos CRT Raio X versus CRT Real e CRT Root ZX versus CRT Real e os valores estimados dos coeficientes de correlação e concordância de Lin estão apresentados na Tabela 1.

Figura 1: Bland-Altman: CRT Real versus CRT RaioX e CRT Real versus CRT RootZX.

Gráfico 1: CRT Real versus CRT Raio X

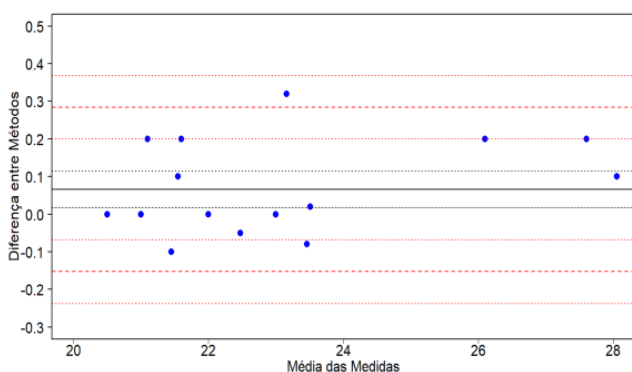
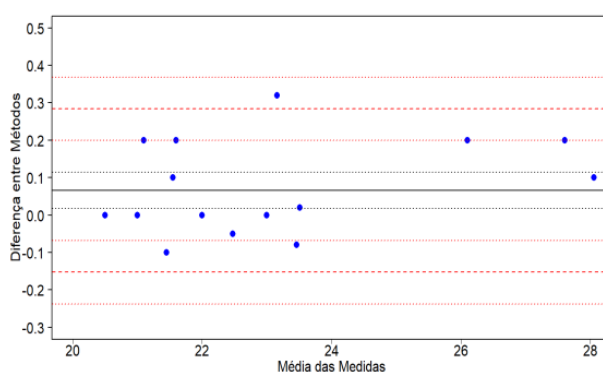


Gráfico 2: CRT Real versus CRT Root Zx



Fonte: Elaboração própria

Tabela 2: Valores estimados pela Coeficiente de Correlação de Concordância de Lin:

Aparelhos	Estimativas	Int. Conf. Inferior	Int. Conf. Superior	Valor de ρ	Força de Concordância
CRT RaioX	0.99876	0.99707	0.99948	< 0.90	Fraca
CRT RootZX	0.99876	0.99707	0.99948		
CRT Novapex	0.98829	0.97082	0.99532	0.90 – 0.95	Moderada
CRT Propex Pixi	0.98641	0.96742	0.99437		
CRT Finepex	0.98670	0.96725	0.99463	0.95 – 0.99	Substancial
CRT R-SmartPlus	0.97298	0.93969	0.98801		
CRT Endus Duo Saevo	0.98755	0.96917	0.99500	>0.99	Quase Perfeito
CRT E -Pex Pro MK Life	0.98531	0.96406	0.99403		
CRT DTE DPEX III	0.98616	0.96601	0.99439		

FONTE: McBride GB (2005) A proposal for strength-of-agreement criteria for Lin's Concordance Correlation Coefficient. NIWA Client Report: HAM2005-062.



Este trabalho compara os CRT dos localizadores e do Raio X com o CRT real dos elementos dentários, utilizando-se do método de Bland-Altman e do coeficiente de correlação de concordância de Lin.

Hoje, disponibilizamos de diversas técnicas para determinar o CRT do dente, desde o uso da radiografia convencional, radiografia digital e a utilização dos localizadores apicais para mensuração. A radiografia, por ser um meio de fácil acesso e baixo custo, é amplamente empregada a fim de estabelecer a odontometria. Porém, esse método apresenta uma desvantagem pois demonstra uma imagem bidimensional de uma estrutura tridimensional, com possibilidade de distorções e aumentando a margem de erro na determinação precisa do ápice, principalmente em dentes com forames apicais laterais (ABDELSALAM & HASHEM, 2020; RAMEZANI et al., 2022). Outra desvantagem da radiografia está relacionada às distorções que podem ocorrer na imagem, como por exemplo, a posição da lima não pode ser determinada com precisão e isso pode acarretar uma sobreinstrumentação e outras complicações subsequentes (RAMEZANI et al., 2022).

Essa pesquisa demonstrou alta precisão da determinação do CRT pelo método radiográfico devido à metodologia utilizada, na qual utilizou dentes unirradiculados, com forames apicais centralizados e devido a calibração utilizada na mensuração do CRT radiográfico.

Apesar dos estudos laboratoriais não serem similares à realidade clínica, é muito importante que diversos LEAs, já consolidados e novos aparelhos, sejam testados em condições controladas. Esse estudo comprova a tão precisa eficácia e acurácia do aparelho Root Zx® descrito na literatura, que apresentou medidas mais próximas do CRT real (DURAN-SINDREU, Fernando et al., 2012; KIM, Euseong et al., 2008;).

Os aparelhos Novapex®, Propex Pixi®, Finepex®, R-Smart Plus, Endus Duo Saevo®, CRT E-Pex Pro MK Life® e CRT DTE DPEX III não apresentaram mensurações significativamente diferentes, ao nível de significância de 5%, das medidas do CRT Real de acordo com método de Bland-Altman, pelo coeficiente de correlação e concordância de Lin. Isso demonstra que esses aparelhos apresentam o mesmo grau de concordância das mensurações do CRT real dos elementos dentários, sendo, portanto, localizadores apicais validados e precisos.

O localizador Finepex® apresentou um grau de concordância substancial, com estimativas 0,98670 de acordo com o coeficiente de correlação e concordância de Lin, demonstrando que sua concordância de mensuração está dentro dos limites aceitáveis. De acordo com um estudo de Pedrozo e colaboradores, o aparelho Finepex® mostrou-se ser de fácil operação, boa estabilização das leituras e mostrou 97% de precisão em seus resultados (PEDROZO, Rebeca Villarreal et al., 2023). Os demais aparelhos Novapex®, Propex Pixi®, R-Smart Plus, Endus Duo Saevo®, E-Pex Pro MK Life® e DTE DPEX III também apresentaram grau de concordância substancial, com variações de 0,97 a 0,98 de acordo com o coeficiente de correlação e concordância de Lin. Segundo Morais et. al. (MORAIS, Carlos Alberto Herrero de et al., 2016) apresentou em seu estudo que os LEAs Root ZX e Novapex são eficazes e semelhantes na mensuração do CRT, corroborando com os dados desta pesquisa, contrastando em uma única informação, na qual Morais et. al. conclui que o Novapex apresenta melhor acurácia e esse estudo aponta melhor acurácia do LEA Root Zx. Estas diferenças estão relacionadas às distintas metodologias aplicadas nos dois estudos.

4 CONCLUSÃO



No presente estudo, a comparação estatística por meio do método de Bland-Altman e do coeficiente de correlação de Lin demonstrou que o Root ZX® apresentou melhor acurácia na determinação do CRT.

Outros dispositivos analisados, como Novapex®, Propex Pixi® e Finepex®, R-Smart Plus, Endus Duo Saevo®, CRT E-Pex Pro MK Life® e CRT DTE DPEX III também mostraram alta concordância com o padrão-ouro, mas com pequenas variações.

Apesar da alta acurácia do Root ZX®, seu custo elevado pode limitar sua acessibilidade para profissionais da odontologia.

Os LEAs de menores custos disponíveis no mercado nacional podem representar alternativas viáveis, pois apresentam precisão comparável ao padrão-ouro.

Estudos como este são fundamentais para validar a confiabilidade de novos dispositivos como o Endus Duo Saevo, DTE DPEX III e R-Smart Plus, a fim de auxiliar na escolha do equipamento adequado com base em evidências científicas, porém mais estudos são necessários.

REFERÊNCIAS

ABDELSALAM, N.; HASHEM, N. Impact of apical patency on accuracy of electronic apex locators: *in vitro* study. **Journal of Endodontics**, v. 46, n. 4, p. 509-514, 2020.

ALTUNBAŞ, D.; KUŞTARCI, A.; TOYOĞLU, M. The influence of various irrigants on the accuracy of 2 electronic apex locators in locating simulated root perforations. **Journal of Endodontics**, v. 43, n. 3, p. 439-442, 2017.

BERNARDO, R. C. F. D. et al. The accuracy of electronic apex locators for determining working length: an *in vitro* study with artificial teeth. **Australian Endodontic Journal**, v. 47, n. 2, p. 217-221, 2021.

BILAIYA, S. et al. Comparative evaluation of accuracy of Ipex, Root Zx Mini, and Epex Pro apex locators in teeth with artificially created root perforations in presence of various intracanal irrigants. **European Endodontic Journal**, v. 5, n. 1, p. 6, 2020.

CESÁRIO, F. et al. Avaliação da precisão de três localizadores foraminais na determinação do comprimento de trabalho: um estudo *in vitro*. **Salusvita**, v. 33, n. 2, p. 169-179, 2004.

CORRÊA, A. C. P. et al. Eficácia de localizadores apicais na identificação de perfurações de diferentes diâmetros. **Revista da Faculdade de Odontologia-UPF**, v. 16, n. 2, 2011.

COUTINHO FILHO, T.; SIQUEIRA, N. L. Avaliação qualitativa *in vivo* da eficiência do localizador apical elétrico-APIT. **Revista Brasileira de Odontologia**, p. 50-54, 1994.

CUSTER, L. E. Exact method of locating the apical foramen. **The Dental Register**, v. 72, n. 9, p. 420, 1918.

DA SILVA, T. M.; ALVES, F. R. F. Localizadores apicais na determinação do comprimento de trabalho: a evolução através das gerações. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 68, n. 2, p. 180, 2012.



- D'ASSUNÇÃO, F. L. C. et al. Accuracy and repeatability of 3 apex locators in locating root canal perforations: an *ex vivo* study. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 8, p. 1241-1244, 2014.
- DONNELLY, J. C. A simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. **Journal of Endodontics**, v. 19, n. 11, p. 579-580, 1993.
- DURAN-SINDREU, F. et al. Comparison of *in vivo* and *in vitro* readings when testing the accuracy of the Root ZX apex locator. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 2, p. 236-239, 2012.
- EBRAHIM, A. K. et al. 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**, v. 51, n. 2, p. 153-157, 2006.
- ELAYOUTI, A.; LÖST, C. A simple mounting model for consistent determination of the accuracy and repeatability of apex locators. **International Endodontic Journal**, v. 39, n. 2, p. 108-112, 2006.
- ESTRELA, C. **Metodologia científica: ciência, ensino, pesquisa**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2018.
- FOUAD, A. F.; KRELL, K. V. An *in vitro* comparison of five root canal length measuring instruments. **Journal of Endodontics**, v. 15, n. 12, p. 573-577, 1989.
- FOUAD, A. F.; REID, L. C. Effect of using electronic apex locators on selected endodontic treatment parameters. **Journal of Endodontics**, v. 26, n. 6, p. 364-367, 2000.
- GORDON, M. P. J.; CHANDLER, N. P. Electronic apex locators. **International Endodontic Journal**, v. 37, n. 7, p. 425-437, 2004.
- GUIMARÃES, B. M. et al. O uso dos localizadores foraminais na endodontia: revisão de literatura. **Revista Odontológica do Brasil Central**, v. 23, n. 64, 2014.
- JADHAV, G. R. et al. Accuracy of different apex locators in teeth with simulated apical root resorption: an *in vitro* study. **Folia Medica (Plovdiv)**, v. 60, n. 4, p. 624-631, 2018.
- KAUFMAN, A. Y. et al. Reliability of different electronic apex locators to detect root perforations *in vitro*. **International Endodontic Journal**, v. 30, n. 6, p. 403-407, 1997.
- KAUR, G. et al. Efficacy of electronic apex locators in comparison with intraoral radiographs in working length determination: a systematic review and meta-analysis. **BMC Oral Health**, v. 24, n. 1, p. 1-17, 2024.
- KIM, E. et al. 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**, v. 105, n. 4, p. e79-e83, 2008.



KIM, E.; LEE, S. J. Electronic apex locator. **Dental Clinics**, v. 48, n. 1, p. 35-54, 2004.

LEONARDO, M. R. et al. *Ex vivo* evaluation of the accuracy of two electronic apex locators during root canal length determination in primary teeth. **International Endodontic Journal**, v. 41, n. 4, p. 317-321, 2008.

LÓPEZ-MAEKAWA, A.; RUPAY, C. R. G. Accuracy of four apex locators in premolars with root resorption: an *in vitro* study. **Iranian Endodontic Journal**, v. 17, n. 1, p. 20, 2022.

MAHMOUD, O. et al. Comparative evaluation of accuracy of different apex locators: Propex IQ, Raypex 6, Root ZX, and Apex ID with CBCT and periapical radiograph—*in vitro* study. **International Journal of Dentistry**, v. 2021, p. 1-7, 2021.

MARTINS, J. N. R. et al. Clinical efficacy of electronic apex locators: systematic review. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 6, p. 759-777, 2014.

MORAIS, C. A. H. de et al. Análise, *ex vivo*, da eficácia e da acurácia de localizadores apicais eletrônicos na determinação do comprimento de trabalho. **Dental Press Endodontics**, p. 15-19, 2016.

PEDROZO, R. V. et al. Análise comparativa da precisão de dois localizadores foraminais eletrônicos: Root ZX e Finepex. **Revista Gestão & Saúde**, v. 25, n. 1, 2023.

PIASECKI, L. et al. The use of micro-computed tomography to determine the accuracy of 2 electronic apex locators and anatomic variations affecting their precision. **Journal of Endodontics**, v. 42, n. 8, p. 1263-1267, 2016.

PRATTEN, D. H.; MCDONALD, N. J. Comparison of radiographic and electronic working lengths. **Journal of Endodontics**, v. 22, n. 4, p. 173-176, 1996.

RAMEZANI, M. et al. Accuracy of three types of apex locators versus digital periapical radiography for working length determination in maxillary premolars: an *in vitro* study. **Clinics and Practice**, v. 12, n. 6, p. 1043-1053, 2022.

RICUCCI, D.; LANGELAND, K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2: a histological study. **International Endodontic Journal**, v. 31, n. 6, p. 394-409, 1998.

SANDRINI VENANTE, H. et al. Análise da acurácia de dois localizadores apicais eletrônicos: um estudo *in vitro*. **Brazilian Journal of Surgery & Clinical Research**, v. 19, n. 3, 2017.

SARITHA, V. et al. The accuracy of two electronic apex locators on effect of preflaring and file size: an *in vitro* study. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 24, n. 1, p. 46, 2021.

SIDDIQUI, A. Y.; ALOTHMANI, O. S. Influence of hand file size on the accuracy of Root ZX and iPex electronic apex locators: an *in vitro* study. **Cureus**, v. 15, n. 5, 2023.

SUNADA, I. New method for measuring the length of the root canal. **Journal of Dental Research**, v. 41, n. 2, p. 375-387, 1962.



SUZUKI, K. Experimental study on iontophoresis. *Japanese Journal of Stomatology*, v. 16, p. 411-429, 1942.

TROPE, M.; RABIE, G.; TRONSTAD, L. Accuracy of electronic measuring devices in endodontic therapy. *Endodontics & Dental Traumatology*, v. 1, n. 4, p. 142-145, 1985.

TSELNIK, M.; BAUMGARTNER, J. C.; MARSHALL, J. G. An evaluation of Root ZX and Elements diagnostic apex locators. *Journal of Endodontics*, v. 31, n. 7, p. 507-509, 2005.