

Estudio in vivo de la exactitud de los localizadores electrónicos de ápice Root ZX® y Raypex 6® en las marcas “apex” y “0.5” e influencia del tamaño del diámetro de foramen mayor en la exactitud de las mediciones

Saddy Analí Moscoso Quijada

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

Índice

1. Justificación	8
2. Estado de la Cuestión	14
3. Hipótesis de trabajo	31
3.1 Hipótesis Nula	
3.2 Hipótesis Alternativa	
4. Objetivos	35
4.1 Objetivo general	
4.2 Objetivos específicos	
5. Materiales y método	38
6. Resultados	48
7. Discusión	60
8. Hipótesis aceptadas	70
9. Conclusiones	74
10. Perspectivas de futuro	78
11. Referencias bibliográficas	81
12. Anexos	
1. Aprobación del estudio por parte del CER	90
2. Documento de información para paciente	91

- | | |
|----------------------------------|----|
| 3. Consentimiento informado | 95 |
| 4. Artículo publicado en MEDORAL | 97 |

Índice de Figuras, Gráficos y Tablas

Figuras	Pág.
1. Fig. 1. Anatomía del foramen apical radicular.	8
2. Fig.2. Tratamientos endodónticos con sobreobturación.	15
3. Fig.3. Tipos de constricción apical.	16
4. Fig. 4. Anatomía ideal del tercio apical radicular.	16
5. Fig. 5. Diferencias entre foramen mayor y ápice radiográfico.	17
6. Fig. 6. Longitud de trabajo determinado radiográficamente.	18
7. Fig. 7. Determinación radiográfica de la longitud de trabajo.	18
8. Fig. 8. LEA Root Canal Meter.	20
9. Fig. 9. LEA Sono Explorer.	20
10. Fig.10. LEA Dentaport ZX.	22
11. Fig.11. LEA Raypex 6.	23
12. Fig.12. Guía para interpretar las barras de colores Raypex 6.	24
13. Fig.13. Radiografía inicial del diente con criterios de inclusión.	40
14. Fig.14. LEA Dentaport ZX® durante la medición “apex” y “0.5”.	41
15. Fig.15. LEA Raypex 6® durante la medición “apex” y “0.5”.	41
16. Fig.16. Procedimiento clínico para obtener mediciones.	42
17. Fig.17. Desgaste y pulido de tercio apical radicular.	43
18. Fig.18. Fotografías de mediciones con Dentaport ZX®.	44
19. Fig.19. Fotografías de mediciones con Raypex 6®.	44
Tablas	
1. Tabla 1. Mediciones con marcas “apex y “0.5” para LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6®	48
2. Tabla 2. Prueba de Wilcoxon de los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® con la marca “apex”	49

3. Tabla 3. Datos agrupados de la distancia de la lima a LT real con marca “apex” de los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6®	49
4. Tabla 4. Prueba de Wilcoxon de los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® con la marca “0.5”	50
5. Tabla 5. Datos agrupados de la distancia de la lima a LT real con marca “0.5” de los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6®	50
6. Tabla 6. Prueba de Wilcoxon del LEA Dentaport ZX® con las marcas “apex” y “0.5”	51
7. Tabla 7. Datos agrupados de la distancia de la lima a LT real con Marca “apex” y “0.5” del LEA Dentaport ZX®	51
8. Tabla 8. Prueba de Wilcoxon del LEA Raypex 6® con las marcas “apex” y “0.5”	52
9. Tabla 9. Datos agrupados de la distancia de la lima a LT real con Marca “apex” y “0.5” del LEA Raypex 6®	52
10. Tabla 10. Valores de tamaño de diámetro de FMa y mediciones del LEA Dentaport ZX® con la marca “apex”	53
11. Tabla 11. Estadística descriptiva del tamaño del diámetro de FMa y Mediciones de Dentaport ZX® con la marca “apex”	54
12. Tabla 12. Correlación de Pearson del tamaño del diámetro de FMa y Mediciones de Dentaport ZX® con la marca “apex”	54
13. Tabla 13. Valores de tamaño de diámetro de FMa y mediciones del LEA Raypex 6® con la marca “apex”	55
14. Tabla 14. Estadística descriptiva del tamaño del diámetro de FMa y Mediciones de Raypex 6® con la marca “apex”	56
15. Tabla 15. Correlación de Pearson del tamaño del diámetro de FMa y Mediciones de Raypex 6® con la marca “apex”	57

Gráficos

1. Gráfico 1. Dispersión de puntos simple del tamaño del diámetro de FMa y Las mediciones de Dentaport ZX® con la marca “apex”	55
2. Gráfico 2. Dispersión de puntos simple del tamaño del diámetro d/e FMa y Las mediciones de Raypex 6® con la marca “apex”	57

1. JUSTIFICACIÓN

1. Justificación

La correcta determinación de la longitud de trabajo (LT) es un factor clave para el éxito del tratamiento de conductos radiculares, debido a que reduce la posibilidad de una insuficiente limpieza del conducto o el daño a los tejidos perirradiculares por sobreinstrumentación (1-3). La curación de la infección endodóntica, tanto clínica como histológicamente depende de la correcta conformación, desinfección y obturación tridimensional de los conductos radiculares (4). Estos objetivos solamente se conseguirán determinando con precisión una correcta LT (4,5).

La LT se define como la distancia desde un punto de referencia en coronal al punto final de nuestra conformación y obturación (6,7). Actualmente uno de los mayores retos durante el tratamiento de conductos radiculares es establecer el punto de finalización apical de la LT (8).

Se considera la unión cemento-dentinaria (UCD), (Fig. 1) donde el tejido pulpar cambia a tejido periodontal, como el punto ideal para fijar el límite de la LT. La constricción apical (CA) o foramen menor (FM) es el punto con diámetro más estrecho del conducto en la parte apical, el cual es un límite favorable para crear una mínima herida de los tejidos y una óptima curación de los mismos (9). Ésta puede encontrarse a 0,5-0,75 mm coronal con respecto al foramen mayor (FMa) (10) y se ha establecido como el límite apical fisiológico para la instrumentación y obturación del sistema de conductos (1).

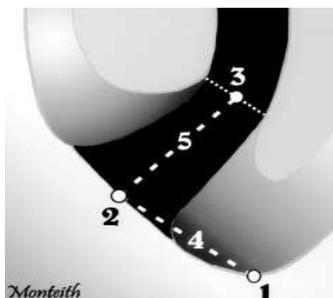


Fig. 1. Anatomía del foramen apical radicular. Gordon MPJ, Chandler NP. Electronic apex locators. Int Endod J 2004;37, 425–437 (1. Ápice radiográfico, 2. Foramen mayor, 3. UCD, 4. Distancia de ápice radiográfico al foramen mayor, 5. Distancia de UCD al foramen mayor).

Siendo el FM el punto ideal para establecer la LT, muchos autores (11-13) utilizaron la marca “0.5” en los LEAs para determinar la LT. No obstante, existe controversia en este punto debido a que la existencia de una CA podría ser más conceptual que real ya que menos de la mitad de los dientes estudiados tienen una única CA “tradicional” (14). Varios

autores han sugerido que la localización precisa del FM no puede ser establecida y han demostrado que no siempre existe (15,16). Además la marca “0.5” no indica FM, sino un área cercana a ella (11,12).

En términos de establecer un punto de medición Gulabivala y col. (17) sugiere que los LEAs se deben utilizar usando la lectura “zero” para una mayor exactitud, ya que las características de impedancia no son exactas en la región del conducto coronal al FMa. Algunos estudios han evaluado la exactitud de diferentes LEAs mediante el cálculo de la distancia de la punta de la lima a FMa usando las marcas “apex” o “0.5”. Pero únicamente algunos estudios *in vitro* han comparado la exactitud de las mediciones obtenidas según estas marcas en la pantalla de los LEAs con la posición real de la lima dentro del conducto radicular (18-22). Sin embargo, la precisión obtenida por las diferentes marcas en los LEAs no ha sido estudiada *in vivo*.

Existe poca evidencia que respalde las metodologías *in vitro* para evaluar la precisión de los LEAs (23,24). Los modelos *in vitro* utilizan materiales electroconductores para simular condiciones clínicas. El alginato, agar, suero salino y gelatina han demostrado obtener resultados predecibles cuando son utilizados como medio conductor para los LEAs (25). Sin embargo, algunos de estos materiales podrían proporcionar una mayor exactitud que la obtenida *in vivo* (26).

Una errónea determinación de la LT puede provocar insuficiente limpieza si la medición es corta. Las bacterias no removidas tienen un alto potencial de contribuir al fracaso endodóntico. Sin embargo, si la medición es excesiva puede provocar daño en los tejidos perirradiculares, comprometer el sellado apical, y dificultar mantener el material de obturación dentro de los límites del conducto radicular (27,28).

Existen varios métodos para la determinación de la LT. Entre éstos se puede mencionar el táctil, con puntas de papel, a través de la respuesta del paciente y radiográfico. El método basado en la interpretación radiográfica ha sido el más utilizado.

Las radiografías tienen ciertas limitaciones para establecer una correcta LT como pueden ser la superposición de estructuras anatómicas, imposibilidad de determinar la posición del FMa y FM, subjetividad de interpretación, angulación del tubo de rayos X, inclinación del diente, etc. Además implica mayor cantidad de radiación para el paciente.

Sin embargo, la utilización de los métodos anteriormente descritos para determinar el límite apical ideal (FM) no son suficientemente fiables (5).

El uso de LEAs para la determinar la LT fue propuesto por Custer (1918). En 1962, Sunada basándose en los estudios de Custer y Suzuki (29, 30) diseñó el primer LEA siguiendo el principio de las diferencias eléctricas entre el ligamento periodontal y la mucosa oral, debido a que ambos seguían una relación constante de 6,5 K Ω .

La primera generación de LEAs medían la resistencia y los de segunda generación medían impedancia. La principal desventaja de ambos tipos de LEAs era la pobre exactitud que tenían al estar en contacto con los electrolitos. Estas limitaciones fueron superadas con la introducción de los LEAs de tercera generación como el Root ZX® (J. Morita CO., Tustin, CA.).

El LEA Root ZX® fue desarrollado por Kobayashi y Suda, que está basado en el método de “ratio”. Este sistema consiste en la medición simultánea de la impedancia de dos frecuencias (8 KHz y 0,4 KHz) calculando el cociente de las mismas. Este dato es el que nos indica la posición de la lima dentro del conducto (31). Cuando la lima llega a FM se adquiere un cociente de 0.67. Esta constante es fiable en presencia de electrolitos y tejido pulpar. Este LEA, actualmente se encuentra en el mercado la última versión comercializado con el nombre Dentaport ZX®, es considerado el “Gold Standar” dentro de los LEAs (32).

Por tanto, los LEAs se han propuesto como la mejor alternativa para determinar de forma más exacta la LT. Dando como resultado en la práctica clínica, una mayor fiabilidad que con las radiografías (6) presentando un porcentaje de exactitud de entre el 75% y 95% (33-37).

La morfología de los conductos radiculares es un factor importante que podría afectar la exactitud de los LEAs. Existe poca literatura que evalúe los factores anatómicos que pueden afectar la exactitud de los LEAs, sin embargo un estudio llevado a cabo *ex vivo* por Ding y col. reporta que la morfología del FM y la localización del FMA son dos factores importantes que afectan la exactitud de los LEAs (5). Stein y col. afirman que cuanto mayor el diámetro de FMA menor la exactitud de los LEAs(38).

El LEA Raypex 6® (VDW GmbH, Munich, Alemania) es un dispositivo recientemente desarrollado y el fabricante lo describe como de última tecnología en multifrecuencia. A la

fecha únicamente hemos podido encontrar un estudio que evalúa la precisión de Raypex 6® *in vitro* comparando con la precisión de determinar la LT mediante Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Actualmente no existen estudios que evalúen la precisión de Raypex 6® comparado con LEAs de tercera y cuarta generación.

Se han llevado a cabo estudios *in vitro* para evaluar la influencia del tamaño del foramen mayor, pero aún existe controversia en cuanto a si los resultados de investigaciones *in vitro* son completamente extrapolables a las condiciones clínicas (23-26). Existe un estudio *in vivo* que evalúa la influencia del tamaño del FMa en la exactitud del LEA Neosono-D (38), pero debido al avance de los LEAs este dispositivo en la actualidad está obsoleto y en desuso. Debido a la falta de investigaciones *in vivo* en las que se obtengan resultados en condiciones clínicas reales, se decidió realizar un estudio *in vivo* con el objetivo de comparar la precisión de las lecturas del LEA considerado “Gold Standar” Dentaport ZX® y el Raypex 6 ® en las marcas “apex” y “0.5” comparado con la posición real de la punta de la lima dentro del conducto radicular y la relación entre el diámetro de FMa y la exactitud de los LEAs en la marca “apex” en dientes monorradiculares vitales con ápices maduros.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

2.1 Estado de la cuestión

2.1.1 Importancia de una correcta determinación de la longitud de trabajo

Para establecer un óptimo tratamiento de conductos radiculares se requiere la remoción del tejido pulpar, conformación, desinfección y obturación tridimensional del sistema de conductos radiculares. Esta serie de objetivos solamente se logrará determinando la finalización del conducto radicular con precisión (5).

Una errónea determinación de la LT podría provocar una insuficiente limpieza si la medición fuera corta. Las bacterias no removidas tienen potencial de contribuir al fracaso endodóntico (1-3). Si instrumentamos más allá del FMa (medida larga) se provoca daño en los tejidos perirradiculares, por el consiguiente trauma físico directo en el tejido periapical. Además el contenido necrótico del conducto radicular se extruye hacia la zona periapical (39-41). La sobreinstrumentación también puede provocar un sangrado en el interior del conducto radicular, sirviendo de aporte de nutrientes a las bacterias intrarradiculares que no se han podido eliminar durante la limpieza y conformación de los conductos radiculares (27,28, 39).

La extrusión apical de material necrótico, bacterias o chips de dentina ocasiona una mayor inflamación periapical, provocando dolor postoperatorio y retrasando la cicatrización de los tejidos perirradiculares (2,39). Disminuyendo considerablemente el éxito y pronóstico del tratamiento de conductos radiculares según varios autores (27, 28, 39-41).

En casos de tratamientos de conductos de pulpas vitales, si se mantiene la LT a 2mm o menos con respecto al ápice radiográfico, hay una mayor tasa de éxito del tratamiento de conductos (3,8,40,41). Sin embargo, en los casos de necrosis pulpar se observa que el riesgo de fracaso incrementa a medida que la LT disminuye, es decir, cuando se instrumentaba corto respecto al foramen apical (7). La pérdida de tan sólo 1 mm en la LT puede aumentar el fracaso del tratamiento en un 14% (8).

El potencial de riesgo de dolor post-operatorio y agudización del proceso patológico aumenta de forma considerable al producirse una sobreinstrumentación y/o sobreobturación en los casos de patología periapical (42). Esto se debe a la presencia de bacterias adheridas a las estrías de los instrumentos introducidos en los conductos

radiculares, así como también en los ápices radiculares, sobre todo, alrededor del foramen mayor principal (43,44).

En casos de patología periapical Sjögren y col. (3) reporta que el 86% mostraron curación apical y en los casos de reendodoncia el porcentaje de curación fue del 62%. Existen varios factores que afectan significativamente el pronóstico del tratamiento del sistema de conductos radiculares, entre ellos la instrumentación del conducto en toda su longitud y el nivel y calidad de la obturación (3). Al producirse una sobreobturación se produce una irritación tanto química, por la presencia de extrusión de material sellador y gutapercha; como mecánica de los tejidos perirradiculares (2,45) (Fig.2).



Fig.2. Tratamientos endodónticos realizados con sobreobturación de los conductos radiculares y extrusión de material a los tejidos perirradiculares. Máster endodoncia 2009-11 (Universitat Internacional de Catalunya, Barcelona, España).

2.1.1.2 Concepto de longitud de trabajo

Se entiende como LT, la distancia desde un punto de referencia coronal al punto final donde se realiza la preparación y obturación del conducto (11).

El punto ideal de la conformación de los conductos radiculares durante el tratamiento endodóntico es CA, que es la porción más estrecha del conducto radicular y también se puede referir como FM (2). Aunque la localización de la misma coincide en muchas situaciones con la UCD. La UCD es el punto en el cual el cemento se une la dentina del conducto radicular, en este lugar el tejido pulpar cambia a tejido periodontal (46, 47). En muchos conductos el FM no coincide con la UCD (46). Se considera que la localización del FM se encuentra generalmente entre 0.5-1mm respecto al FMa (11,46).

Entendemos como FM el punto más estrecho del conducto radicular; donde se encuentran los vasos sanguíneos más pequeños. Creando así, la herida más pequeña y las mejores condiciones para una correcta curación postratamiento de los tejidos perirradiculares (46,47).

Tras estudiar secciones de los últimos 3 mm de conductos radiculares de dientes anteriores se observó que la morfología de la CA era en un 83% de tipo circular (27). Sin embargo, la topografía de la CA, siempre que exista, nunca es constante, sino que pueden existir cuatro tipos diferentes (9) (Fig. 3).

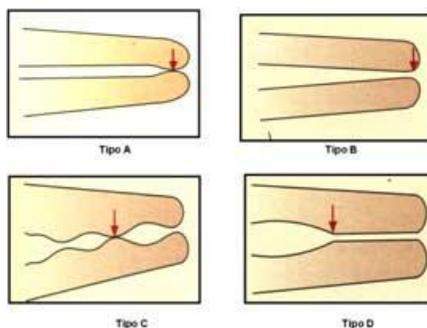


Fig.3. Tipos de Constricción: Tipo A Constricción tradicional o sencilla. Tipo B Constricción con la porción más estrecha cerca del ápice actual. Tipo C Tipo multiconstricción. Tipo D Constricción seguida de una porción estrecha paralela al conducto. Dummer, PM, McGinn JH. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. Int Endod J 1984;17:192-8.

Más allá de la CA el conducto se vuelve a ensanchar albergando una mayor cantidad de flujo sanguíneo y es la existencia de dicho riego sanguíneo funcional el que controla el proceso inflamatorio (47,48) (Fig. 4).

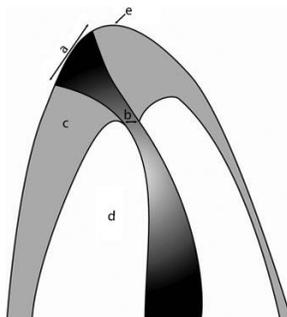


Fig. 4. Anatomía ideal del tercio apical de radicular. A) Foramen apical mayor. B) Foramen apical menor (constricción apical), que puede coincidir con la unión cemento dentinaria. C) Cemento. D) Dentina. E) Ápice radicular o anatómico.

Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PM. The fundamental operating principles of electronic root canal measurements devices. Int Endod J 2006 ;39 :595-09.

El FMa es una circunferencia en forma de túnel o cráter que diferencia la terminación del conducto cementario de la superficie exterior de la raíz (2). También puede presentarse en forma circular, ovalada, asimétrica o en forma de reloj de arena en la raíz distal de los molares inferiores (33). Se ha observado en la mayoría de los casos que se encuentra lateral al ápice anatómico (46,47).

La distancia promedio del ápice anatómico al FMa en personas jóvenes se establece en 0.48 mm y en 0.60 mm para personas de más edad (2). Esta distancia varía en función del tipo de diente siendo mayor en los dientes posteriores y la edad (2,25). Se ha observado que el diámetro del FMa se incrementa con la edad y esto puede deberse a la aposición de nuevas capas de cemento (2,34).

La distancia entre el FMa y la UCD está influida por muchos factores tales como la aposición continua de cemento, la cual estará en parte influenciada por la edad o procesos de reabsorción, así como también por traumatismos, movimientos ortodónticos o enfermedad periodontal (46). Así mismo, la localización de la UCD varía en diferentes tipos de dientes, poblaciones y razas (46, 49).

Se debe discernir entre el concepto FMa y ápice radiográfico. Se entiende como ápice radiográfico el punto más distal en la radiografía, y su posición puede diferir del FMa(25). (Fig. 5)

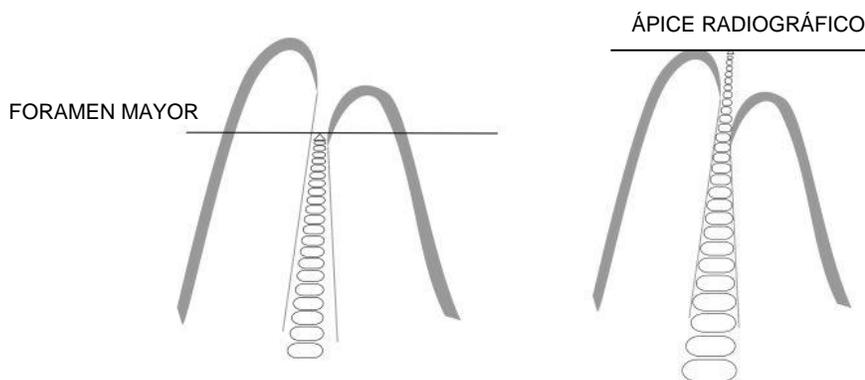


Fig. 5. Diferencias entre foramen mayor y ápice radiográfico. Gordon, MP, Chandler N. Electronic apex locators. Int Endod J 2004;37:425-7.

2.1.1.3 Métodos para determinar la longitud de trabajo

Se han descrito diferentes métodos para la determinación de la LT. Mediante sensación táctil, radiografías, con puntas de papel, según sensaciones del paciente y mediante LEA (48).

La determinación de la LT de forma táctil es variable y la precisión muy cuestionable, especialmente en casos de curvaturas radiculares, ápices abiertos, conductos calcificados (13). El conducto no reabsorbido suele estrecharse antes del punto de salida de la raíz y a cambiar su curso en los últimos 2-3mm de la raíz (13).

En los casos en que no se ha realizado ensanchamiento coronal existe cierta resistencia al llegar a la zona apical, debido a que no se han eliminado las interferencias dentinarias del tercio coronal. Según Goldberg y col. solamente es posible detectar FM en 30% de los casos si no se realizaba un ensanchamiento coronal (35). Éste es un método totalmente subjetivo, por lo que ha de considerarse como complementario a las radiografías, al LEA o a ambos (13) (Fig.6 y 7).

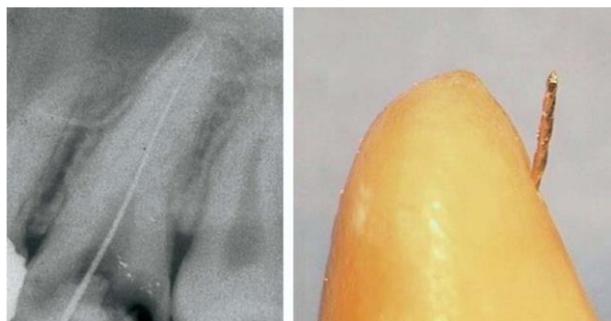


Fig. 6. Longitud de trabajo determinado radiográficamente. Al realizar la extracción del diente se observa la salida lateral del foramen apical. Williams CB, Joyce AP, Roberts. A comparison between in vivo radiographic working length determination and measurement after extraction. J Endod 2006;32:624-7.

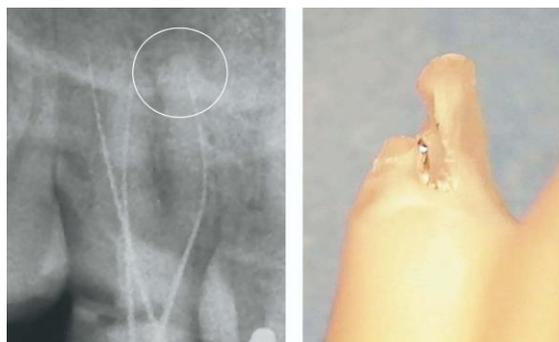


Fig. 7. Determinación radiográfica de la longitud de trabajo. Una vez extraído el diente se observa la reabsorción apical que presenta y la sobreinstrumentación producida. Williams CB, Joyce AP, Roberts S. A comparison between in vivo radiographic working length determination and measurement after extraction. J Endod 2006;32:624-7.

El método radiográfico, tradicionalmente ha sido el método más popular y utilizado. Ofrece las ventajas de observación de la anatomía del sistema de conductos radiculares, presencia o no de lesión periapical; además de proporcionar una guía estimativa de la LT. Aunque a su vez, presenta inconvenientes como son riesgo de sobreestimación o subestimación de la LT; técnica subjetiva y sensible según el operador; riesgo de radiación ionizante; errores por la superposición de imágenes (representación en dos dimensiones de estructuras tridimensionales), imposibilidad de visualizar el FMa y FM (49,50).

En un estudio realizado por ElAyouti y col. (8) se observó que el método radiográfico presenta un alto de riesgo de sobreestimación de la LT, principalmente en premolares (51%). En otro estudio, analizó la exactitud de la determinación de LT mediante radiografías y con LEA, encontrando una sobreestimación del 51% y 21% respectivamente; concluyendo así que el método radiográfico puede ser utilizado únicamente como complemento del LEA (51).

El uso de puntas de papel para determinar la LT se realiza una vez instrumentado y secado el conducto radicular. El observar una punta húmeda o sangrante puede deberse a una preparación sobreextendida, sin embargo, también puede ser producto de la existencia de restos de tejido pulpar dentro del conducto radicular. La longitud a la que la punta de papel se mantiene seca dentro del conducto es interpretada como la localización del FMa. (36, 37).

La determinación de la LT basada en la respuesta del paciente ofrece diferentes inconvenientes. Uno de ellos es que la pulpa necrótica contiene frecuentemente tejido vital inflamado que se extiende varios milímetros en el interior del conducto (39). Este tejido inflamado puede ser muy sensible y provocar respuesta del paciente cuando el instrumento aún se encuentra lejos (corto) del FMa; otro inconveniente es que el paciente puede responder con dolor tras terminar la preparación del conducto debido a la presión hidráulica, incluso en el caso de que los instrumentos no alcancen la región apical (39).

2.1.2 Localizadores electrónicos de ápices (LEA's).

Custer (29) fue el primero en introducir el método eléctrico de localización del foramen apical, basándose en la diferencia de conductividad eléctrica entre el conducto radicular y los tejidos periapicales que se encuentran más allá del FMa. Fue Suzuki en 1942 (30) quien al descubrir la resistencia eléctrica que existía entre el ligamento periodontal y la mucosa oral, estableció la base con la cual Sunada en 1962 (52) diseñó el primer LEA. Este colocó una sonda dentro del conducto y avanzó por él hacia el FMa, el aparato marcaba diferentes lecturas, pero cuando la sonda alcanzaba el ligamento periodontal, la lectura siempre indicaba 6,5 kilohms ($K\Omega$). Registró una constante con valor de 6,5 $K\Omega$, independientemente de la edad del paciente y tipo de diente.

Inoue (53) realizó las primeras mediciones de LT mediante Sono-Explorer (Hayashi Dental Suply Co. Ltd., Tokyo, Japan), utilizando el “método de resistencia eléctrica” basado en el concepto de que la resistencia eléctrica entre la mucosa oral y el periodonto es constante e igual a 6.5 $K\Omega$ (Fig.8 y 9).

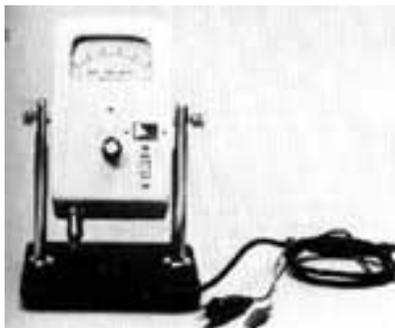


Fig.8. Root Canal Meter
(Onuki Medical Co., Tokyo, Japan)



Fig.9. Sono Explorer
(Hayashi Dental Suply, Tokyo, Japan)

Tras él aparecieron diferentes LEA's como Forameter (Electrodent Inc., Cherry Hill, NJ, EUA), Endodontic Meter, Endodontic Meter S II y Root Canal Meter (Onuki Medical Co., Tokyo, Japón), Dentometer (Dahlin Electromedicina, Copenhagen, Dinamarca), Neosono D (Amadent, Cherry Hill, New Jersey, EUA), Mark I, II y III, Odontometer o Evident (Pulpdent, EUA) y EndoRadar (40).

Los LEA's de primera generación conocidos como LEA's de primera generación o basados en la resistencia presentaban una precisión muy pobre debida a la influencia de

los fluidos y el tejido pulpar (54). Se basaba en una corriente de ola continua, conllevando un efecto de polarización afectando en el comportamiento del LEA (55). Se corrigió este inconveniente con la introducción de la corriente alterna (53). Estableciendo así la creación de los LEA's de segunda generación, partiendo de una frecuencia única con corriente alterna que detectaba los cambios de impedancia.

El conducto radicular desarrolla una impedancia eléctrica debido a la acumulación de dentina transparente; la parte coronal del conducto presenta una impedancia al paso de la corriente que va aumentando hacia apical. Cuando el electrodo entra en contacto con FM, donde existe una constricción, el valor de la impedancia cambia drásticamente alcanzando su valor máximo, lo cual puede medirse eléctricamente. El principal inconveniente de estos LEA's estaba relacionado con la necesidad de mantener el conducto libre de iones o fluidos (25). Destacan LEA's como el Endocater (Hygienic Corp., Akron, OH, EUA), el Apex-Finder y Endo Analyzer (Analytic/Endo Technology, Orange, CA, EUA), Digipex I, II y III (Mada Equipment Co., Carlstadt, NJ, EUA), Exact-A-Pex (Ellmann Interational, Hewlett, NY, EUA), Foramatron IV (Parkell Dental, Farmingdale, NY, EUA) y el Pio (Denterials Ltd., St Louis, Missouri, EUA).

Los LEA's de tercera generación o de frecuencia dual tenían la intención de minimizar la influencia de los fluidos. El método empleado consistía en medir la impedancia de dos frecuencias; realizando el cociente entre ambos. Éstos poseen unos microprocesadores potentes que son capaces de procesar cálculos algorítmicos y cocientes matemáticos para obtener lecturas precisas (34).

La introducción del Root ZX (J Morita Corp., Kyoto, Japón) diseñado por Kobayashi y Suda (56) conllevó la utilización del método de relación de frecuencias para medir la LT. La última versión de este LEA se comercializa con el nombre Dentaport ZX (J Morita Corp., Kyoto, Japón) (Fig.10)

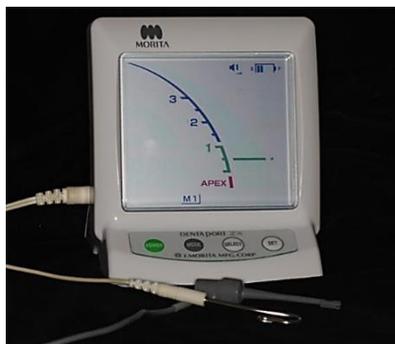


Fig. 10. Localizador electrónico de ápices Dentaport ZX (J Morita Corp., Kyoto, Japón)

Utilizaron dos tipos de frecuencias (8 y 0,4 KHz); la parte coronal del conducto da una diferencia mínima entre estas dos frecuencias, que aumenta a medida que la lima va penetrando en el conducto, alcanzando su valor máximo en FM (41,42). Un microprocesador en el dispositivo calcula el valor medio de las dos impedancias; el coeficiente de las impedancias se representa en un panel métrico de LCD y expresa la posición de la punta del instrumento dentro del conducto.

Los LEA's de tercera generación presentaban una mayor precisión con respecto a los de primera y segunda. Se ha reportado entre un 82% y 100% de precisión (57,58) en el uso de Root ZX® en un intervalo de $\pm 0,5$ mm. No se ve afectado por la presencia de fluidos como el hipoclorito de sodio dentro del conducto (59). Según los fabricantes, en la marca “0,5” la lima se encuentra en CA. En presencia de patología periapical y ápices abiertos no siempre la CA se encuentra presente (18). Otros LEA's de tercera generación son: Root ZX II®, Sofy ZX®, Tri-Auto ZX® y Dentaport® (J. Morita Corp., Tustin, California, EUA), Apit EM-S7® o Endex® (Osada Electric Co. Ltd., Tokio, Japón), Apex Finder AFA -All Fluids Allowed- 7005® (SybronEndo, Orange, California, EUA), Neosono Ultima EZ® (UK Driller Equipamentos Eléctricos Ltda., Río de Janeiro, Brasil), Endo Analyzer 8001 y 8008® (KerrHawe, Bioggio, Suiza), Endy 7000® (Ionyx SA, Blanquefort Cedex, Francia), Foramatron D10® (Parkell Dental, Farmingdale, NY, USA) y Justy II® (Toesco, Tokio, Japón).

Los LEA's de cuarta generación emplean la combinación de múltiples frecuencias. No procesan la impedancia como algoritmo matemático, sino que mide la resistencia y la capacitancia por separado; en lugar de medir el valor resultante de la impedancia (siendo la impedancia una función de la capacitancia y resistencia). Puede haber diversas

combinaciones de los valores de la capacitancia y de la resistencia que proporcionen la misma impedancia, determinando así la misma lectura correspondiente al FMa (60).

El LEA Raypex 6® (VDW GmbH, Munich, Alemania) es un dispositivo recientemente desarrollado y el fabricante lo describe como de última tecnología en multifrecuencia. Este es una evolución de los LEAs anteriormente desarrollados por la casa VDW, Raypex 4® y Raypex 5®, los cuales muestran la localización del FMa mediante una pantalla con barras de colores que se encienden según se avanza en la porción apical del conducto radicular. El mismo dispositivo se encuentra comercializado por la casa Dentsply Tulsa Dental con el nombre de PROMARK® aclarando que es el equivalente a Raypex 6®. Del LEA Raypex 6® no se conoce con exactitud las mejoras en su microprocesador, principalmente se comercializa como un dispositivo de última tecnología, pantalla digital “touch”, de fácil movilización, ya que se pliega para guardarlo quedando un cuadrado de poco grosor y peso (Fig. 11).



Fig. 11. Localizador electrónico de ápices Raypex 6® (VDW GmbH, Munich, Alemania)

El fabricante provee una guía al usuario con respecto a la interpretación de las barras de colores que aparecen en la pantalla. Cuando se encienden las 3 barras verdes el fabricante indica que se está muy cerca de “constricción apical”, cuando las 4 barras amarillas se encuentran encendidas nos indica que está muy cerca a “foramen apical”, la barra encendida indica que se ha alcanzado el “foramen apical” y el punto rojo encendido indica que se ha sobrepasado (Fig. 12).

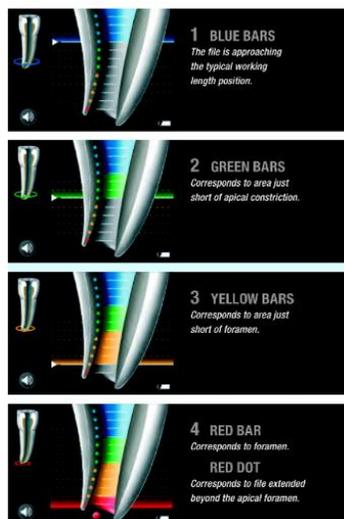


Fig. 12. Guía para la interpretación de las barras de colores de la pantalla del Localizador electrónico de ápices Raypex 6® (VDW GmbH, Munich, Alemania)

A la fecha únicamente hemos podido encontrar un estudio que evalúa la precisión de Raypex 6® *in vitro* comparando con la precisión de determinar la LT mediante Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) (61). Esta investigación realizada con Raypex 6® se llevó a cabo *in vitro* en 150 dientes extraídos, los cuales fueron separados en 5 grupos y se realizaron mediciones electrónicas en las marcas “constricción” (tres barras verdes) y “apex” (barra roja). Un grupo se estudió en conductos secos, otro con NaOCL al 2.5%, otro con agua destilada, otro con Ultracain® y otro grupo para las mediciones radiológicas. Los resultados de este estudio concluyen que el LEA Raypex 6® es más exacto que las mediciones radiológicas realizadas mediante CBCT. En las mediciones con el Raypex 6® éste fue más exacto para localizar FMa que FM (61).

Actualmente, no se han reportado estudios que evalúen la precisión de Raypex 6® comparado con otros LEAs.

Las ventajas de los LEA's con respecto a las radiografías son la monitorización continua de la LT, aplicación conjunta a sistemas de instrumentación rotatoria, discriminación entre conductos negociables y no negociables, diagnóstico de perforaciones o accidentes iatrogénicos, fracturas radiculares horizontales, reducción en el número de radiografías, objetividad en la determinación de la LT (50).

Aunque a su vez existen una serie de limitaciones como mediciones inconsistentes en conductos parcial o totalmente obliterados; lecturas falsas en presencia de restauraciones metálicas (62) y exceso de líquido conductor como el NaOCl (36,48), mediciones no fiables en dientes con ápices inmaduros (63,64).

Los fabricantes aconsejan no utilizar los LEAs en pacientes portadores de marcapasos, por la posibilidad de crear interferencias electromagnéticas (IEM). En el estudio de Gómez y col. realizado en un modelo experimental de laboratorio se encontraron IEM cuando el LEA se colocaba junto a la punta del electrodo, pero cuando se colocó a 15 cm no se encontraron IEM (65).

La precisión de los LEAs podría verse influenciada por los siguientes factores:

2.1.2.1 Irrigantes utilizados

En los LEAs de las primeras generaciones se ha reportado que son inexactos en las mediciones obtenidas en presencia de fluidos conductores (48). En la actualidad los fabricantes promueven que los LEAs de última generación no se ven afectados por la presencia de irrigantes y existen estudios que respaldan ésta afirmación (48,66).

El estudio llevado a cabo por Jenkins y col. (66) analizó la exactitud de Root ZX en presencia de siete distintos irrigantes, observando que es fiable en las mediciones. Por lo tanto, concluyen que éste dispositivo es exacto para la determinación de la LT en conductos con sustancias irrigantes comúnmente utilizadas en endodoncia.

2.1.2.2 Tamaño de la lima utilizada

Se ha observado que la precisión de las mediciones electrónicas puede estar influenciada por el tamaño de la lima utilizada, las dimensiones del conducto radicular y el diámetro del FMa (19, 63). Generalmente se utilizan limas de calibre 10 para determinar la LT (19), aunque autores han reportado que al utilizar limas de tamaño pequeño la medición será más corta (63). Existe controversia en este punto, ya que autores como Briseño y Col. observaron que la exactitud de los LEAs no se ve influenciada por el tamaño de la lima (60,67).

Durante la determinación de la LT con los LEAs la lima se puede llevar inadvertidamente más allá del FM o FMa y potencialmente provocar ensanchamiento de

éstas estructuras anatómicas. González y Col. observaron que la lima K 10 llevada más allá del FMa transportó ésta estructura únicamente en el 12% de los casos y el efecto fue menor (68).

2.1.2.3 Morfología de la porción apical

Las características morfológicas de los conductos radiculares también se han reportado como factores que pueden afectar la exactitud de los LEAs (5,63,69,70). Se ha reportado que a medida que el foramen apical aumenta en diámetro se observa una disminución en la exactitud de las mediciones de los LEAs (63,70).

El estudio *in vitro* de Ding y col. (5) realizado en 356 dientes extraídos, en el cual observaron la exactitud de los LEAs Root ZX®, Raypex 5® y Elements Apex Locator® en relación a la morfología apical. Reportando que cuando las mediciones con Root ZX® fueron tomadas a “FM” (0.5) estuvieron más cercanas a FMa y afirman que la morfología del FM y la localización de FMa son dos factores importantes que influyen la exactitud de los LEAs (5). En los estudios *in vitro* de Pagavino y col. y Ding y col. reportan mayor exactitud cuando los conductos radiculares tenían un FMa lateral, obteniendo mediciones mucho más cercanas al FMa (5,56).

Actualmente no se han reportado estudios *in vivo* que estudien la influencia del diámetro de FMa y la exactitud de los LEAs.

2.1.2.4 Utilización de la marca 0.5 o apex

Los fabricantes de Root ZX sugieren que cuando este marca 0.5 en la pantalla se encuentra en una zona cercana a CA, es por eso que varios autores han utilizado esta marca para la determinación de la LT (11,13). Estudios que analizan la posición real de la lima y la marca numérica de la pantalla de los LEAs (Apex, 0.5, 1), reportan que existe una alta correlación entre la posición real de la lima y las mediciones en las marcas Apex y 0.5 del LEA Root ZX con una exactitud mayor al 97% (19,20).

Existe controversia al estudiar la marca “0.5” debido a que se ha reportado que ésta marca no detecta el punto exacto de CA sino un área más allá (11, 12,71), sumado a que los conductos radiculares no siempre tienen una única CA (14) y si existe patología

periapical o reabsorción radicular este punto podría ser inexistente (63,64,70). Debido a la variación de la CA como referencia anatómica, se han realizado estudios en los que para determinar la exactitud de la marca 0.5 se compara la posición real de lima con la LT final establecida 0.5mm coronal a la posición del FMa, reportando una exactitud de 78% y 74% para Root ZX en condiciones *in vitro* e *in vivo* respectivamente (6,23,37).

Por esta razón autores como Gulabivala y Stock (17) sugieren que la marca Apex debe ser utilizada como referencia en las mediciones de los LEAs, ya que el punto coronal al FMa que correspondería a CA no puede ser calibrado con exactitud.

Ounsi y Naaman (21) realizaron un estudio *in vitro* para evaluar la exactitud y fiabilidad de Root ZX en las marcas apex y 0.5. Para las mediciones de apex se restó la distancia de la punta de la lima a LT real (FMa) y para las mediciones a 0.5 la distancia de la punta de lima a LT real menos 0.5. Ellos concluyen que Root ZX® no es capaz de detectar el punto “0.5 de FMa” con la marca 0.5, pero si es capaz de detectar con exactitud el FMa cuando se utiliza la marca apex, por lo tanto no recomiendan seguir las instrucciones del fabricante de usar la marca 0.5 para la determinación de LT (21).

La guía numérica en milímetros que poseen las pantallas de los LEAs también ha sido objeto de varios estudios. Stoll y Col. (19) realizaron un estudio *in vitro* en 20 dientes extraídos para evaluar la exactitud de cuatro LEAs para detectar con precisión las mediciones 0, 0.5, 1, 2 y 3. Observaron que Root ZX® mostró mayor relación entre las mediciones electrónicas y la posición real de la lima dentro del conducto, sin embargo la interpretación del sistema de colores de Raypex 5® no es recomendado como guía de la distancia en milímetros a FMa (19). También otros autores como Higa y Col. (20) llevaron a cabo un estudio *in vitro* para establecer y comparar la relación entre la distancia de la lima a FMa y las lecturas numéricas en la pantalla de los LEAs Justy III, E-Magic Finder y Dentaport. Reportando que existe buena correlación entre las mediciones a FMa de apex y de la marca 0.5 a 0.5mm de FMa en todos los LEAs, siendo Justy III más exacto en la correlación de la ubicación de la distancia real a FMa y las mediciones numéricas de la pantalla (20).

Por otra parte, el estudio realizado por Jung et al. (18) realizado *in vitro* en 104 dientes extraídos para analizar la fiabilidad de las marcas apex y 0.5 en los LEAs Root ZX® y iRoot® para localizar FMa, observaron que ambas marcas en el Root ZX® son capaces

Estudio *in vivo* de la exactitud de los localizadores electrónicos de ápice Root ZX® y Raypex 6® en las marcas “apex” y “0.5” e influencia del tamaño del diámetro de foramen mayor en la exactitud de las mediciones.

de localizar fiablemente FMa sin embargo las mediciones a 0.5 se localizaron 0.26mm corto de FMa. Concluyen que saber la posición indicada por cada marca es más importante para la determinación de la LT que elegir la marca apex o 0.5.

Varios autores han estudiado la exactitud de los LEAs en las mediciones apex y 0.5 tanto para localizar FMa como FM, sin embargo no hemos encontrado reportes *in vivo* que comparen la exactitud de las mediciones apex y 0.5 para localizar FMa y FM respectivamente.

3. HIPÓTESIS DE TRABAJO

3. Hipótesis de trabajo

3.1 Hipótesis Nula

1. H0: No existirán diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de las mediciones obtenidas con los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® *in vivo* en la marca “apex” con respecto a LT real.
2. H0: No existirán diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de las mediciones obtenidas con los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® *in vivo* en la marca “0.5” con respecto a LT real (distancia de la punta de la lima a foramen mayor menos 0.5).
3. H0: No existirán diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de las mediciones obtenidas con el LEA Dentaport ZX® *in vivo* en la marca “apex” y la marca “0.5” con respecto a LT real.
4. H0: No existirán diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de las mediciones obtenidas con el LEA Raypex 6® *in vivo* en la marca “apex” y la marca “0.5” con respecto a LT real.
5. H0: No existirán diferencias estadísticamente significativas con respecto al tamaño del foramen apical y la exactitud de las mediciones del LEA Dentaport ZX® *in vivo* en la marca “apex”.
6. H0: No existirán diferencias estadísticamente significativas con respecto al tamaño del foramen apical y la exactitud de las mediciones del LEA Raypex 6® *in vivo* en la marca “apex”.

3.2 Hipótesis Alternativa

1. H1: Existirán diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de las mediciones obtenidas con los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® *in vivo* en la marca “apex” con respecto a LT real.
2. H1: Existirán diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de las mediciones obtenidas con los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® *in vivo* en la marca “0.5” con respecto a LT real (distancia de la punta de la lima a foramen mayor menos 0.5).
3. H1: Existirán diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de las mediciones obtenidas con el LEA Dentaport ZX® *in vivo* en la marca “apex” y la marca “0.5” con respecto a LT real.
4. H1: Existirán diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de las mediciones obtenidas con el LEA Raypex 6® *in vivo* en la marca “apex” y la marca “0.5” con respecto a LT real.
5. H1: Existirán diferencias estadísticamente significativas con respecto al tamaño del foramen apical y la exactitud de las mediciones del LEA Dentaport ZX® *in vivo* en la marca “apex”.
6. H1: Existirán diferencias estadísticamente significativas con respecto al tamaño del foramen apical y la exactitud de las mediciones del LEA Raypex 6® *in vivo* en la marca “apex”.

4. OBJETIVOS

4. Objetivos

Objetivo General:

Comparar la exactitud de los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® en la medición de la LT electrónica y la posición de la lima dentro del conducto, en las marcas “apex” y “0.5” en dientes monorradiculares con ápices maduros y evaluar la influencia del tamaño del foramen apical en las mediciones en la marca “apex”.

Objetivos Específicos:

1. Comparar la exactitud de las mediciones obtenidas con los LEAs Dentaport ZX ® y Raypex 6® *in vivo* en la marca “apex” con respecto a LT real.
2. Comparar la exactitud de las mediciones obtenidas con los LEAs Dentaport ZX ® y Raypex 6® *in vivo* en la marca “0.5” con respecto a LT real (distancia de la punta de la lima a foramen mayor menos 0.5).
3. Comparar la exactitud de las mediciones obtenidas con el LEA Dentaport ZX ® *in vivo* en la marca “apex” y la marca “0.5” con respecto a LT real.
4. Comparar la exactitud de las mediciones obtenidas con el LEA Raypex 6® *in vivo* en la marca “apex” y la marca “0.5” con respecto a LT real.
5. Evaluar si influye el tamaño del foramen apical en la exactitud de las mediciones del LEA Dentaport ZX® *in vivo* en la marca “apex”.
6. Evaluar si influye el tamaño del foramen apical en la exactitud de las mediciones del LEA Raypex 6® *in vivo* en la marca “apex”.

5. MATERIALES Y MÉTODO

5. Materiales y método

5.1 Selección de las muestras y criterios de inclusión:

El estudio fue realizado en la Clínica de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), ubicado en la Ciudad de Guatemala, en el primer nivel del Edificio M1 de la Ciudad Universitaria zona12. Los pacientes que participaron recibían tratamiento odontológico en la clínica de odontología de la USAC, tenían dentro de su plan de tratamiento extracciones dentales y cumplían con los criterios de inclusión. Para la presente investigación no se contó con financiamiento de casas comerciales, ni fabricantes de los materiales o dispositivos que se utilizaron.

Criterios de Inclusión

Para la selección de la muestra se tomaron en cuenta a los pacientes de la clínica de odontología de la USAC, que tuvieran dientes programados para extracción que cumplieran con los siguientes requisitos:

Dientes vitales con ápice maduro

Dientes monorradiculares

Libres de restauraciones metálicas

Sin fracturas ni reabsorciones radiculares

Selección de la muestra

Para calcular el número de la muestra requerido para realizar la presente investigación se utilizó la calculadora Grandària mostral (Granmo) para medianas repetidas. Se utilizó un riesgo alfa de 0.05 y una potencia (riesgo beta) de 95%. La desviación estándar esperada por los artículos que han evaluado LEAs *in vivo* suele ser alrededor de 0.4mm, por ello en la presente investigación se utilizó este valor. Además, por lo descrito en la literatura se consideran diferencias clínicas cuando la diferencia entre los LEAs es de 0.25mm.

Con estos datos se calculó el tamaño de la muestra y se obtuvo un estimado mínimo de 28 muestras. Teniendo en cuenta que durante el estudio se podían perder muestras se decidió ampliar el número a 36.

Se seleccionaron 36 dientes monorradiculares vitales tanto maxilares como mandibulares con ápices maduros, de 15 pacientes que fueron programados para extracción por motivos periodontales, protésicos u ortodónticos. A todos los dientes que se incluyeron en el estudio se les realizó la prueba de sensibilidad al frío con spray refrigerante Endo-Frost Roeko, (Coltene Whaledent, Switzerland) para confirmar la vitalidad pulpar. Además se confirmó clínicamente que todos tuvieran pulpas vitales al realizar la apertura y evaluar la cámara pulpar para observar si existía sangrado pulpar.

A cada paciente que participó en el estudio se le solicitó firmar un consentimiento informado de acuerdo con los parámetros que recibimos del Comité de Bioética de la Universidad de San Carlos de Guatemala que aprobó la realización del estudio *in vivo*. El presente estudio fue sometido a la valoración ética por parte del CER de la Facultad de Odontología de la Universitat Internacional de Catalunya obteniendo su aprobación (END-ECL-2011-05-NF). Los procedimientos clínicos se realizaron por un único operador con experiencia en el manejo de ambos LEAs, siguiendo las indicaciones de funcionamiento del fabricante y respetando el protocolo clínico aprobado por el Comité de Bioética. Para realizar las mediciones participó otro operador ajeno a esta tesis doctoral, con el cual se estableció consenso para determinar la posición de FMa en las fotografías.

5.2 Método

5.2.1 Procedimiento Clínico

Se realizó una radiografía periapical ortorradial inicial con radiovisiógrafo Kodak RVG 6100 (Kodak Dental Systems, Carestream Dental LLC, Atlanta, GA.) a cada uno de los dientes que cumpliendo con los criterios de inclusión fueron programados para el estudio (Fig. 13).



Fig. 13. Radiografía inicial para confirmar radiográficamente los criterios de inclusión. Dientes planificados para extracción por motivos periodontales.

Los dientes se anestesiaron y se aislaron con dique de goma. Se procedió a realizar la apertura cameral y a la porción coronal de cada conducto se realizó preflaring utilizando la lima rotatoria Protaper SX (Maillefer, Ballaigues, Suiza) con el motor rotatorio X-Smart® (Dentstply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) a 250 rpm. A continuación se irrigó cada conducto con NaOCl al 4%, mediante una jeringa y aguja MAX-I-PROBE 30G (Kerr Hawe, Bioggio, Switzerland). El exceso de fluido de la cámara pulpar se removió aplicando un suave chorro de aire en sentido horizontal con la jeringa de aire, en ningún momento se intentó secar por completo el conducto.

El procedimiento para la utilización de ambos LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® fue el mismo, colocando el clip labial en el paciente y el electrodo una lima K 10 (VDW, Munich, Alemania).

Se utilizaron las marcas “apex” y “0.5” para la medición de los 36 conductos radiculares que fueron objeto del estudio, obteniendo un total de 72 mediciones por LEA. Para el grupo “apex”, se introdujo dentro del conducto la lima K 10 hasta que la señal “apex” apareció en la pantalla líquida del LEA (Fig.14A). Para el grupo “0.5” se introdujo la lima K10 hasta sobrepasar foramen mayor, indicado en la pantalla con la señal “apex”, seguidamente se retrocedió cuidadosamente la lima hasta que en la pantalla del LEA apareció la barra entre “apex” y “1” (Fig. 14B).

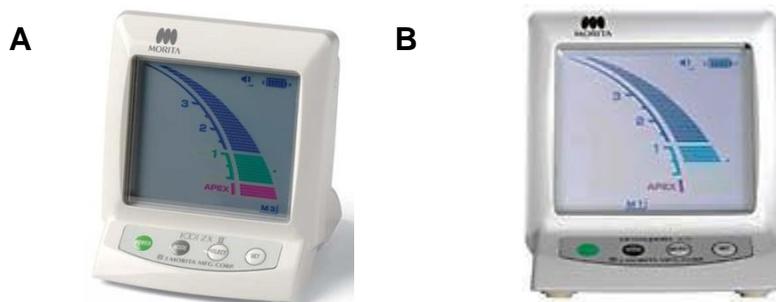


Fig. 14. Marcas en la pantalla de Dentaport ZX® A. Marca “apex” B. Marca “0.5”.

Con el LEA Raypex 6® se utilizaron los mismos conductos que los utilizados con el Dentaport ZX®. Para el grupo “apex” la lima K 10 se introdujo dentro del conducto hasta que la barra roja se encendió y apareció el punto rojo en la pantalla, lo cual según las indicaciones del fabricante indica estar más allá del foramen mayor, luego se retrocedió la lima K 10 cuidadosamente hasta que la barra roja se mantuvo encendida (Fig. 15 A). Para el grupo “0.5” la lima K 10 se introdujo y avanzó dentro del conducto hasta que la barra roja se encendió y apareció el punto rojo en la pantalla, se retrocedió cuidadosamente hasta que las tres barras verdes permanecieron encendidas (Fig. 15 B).

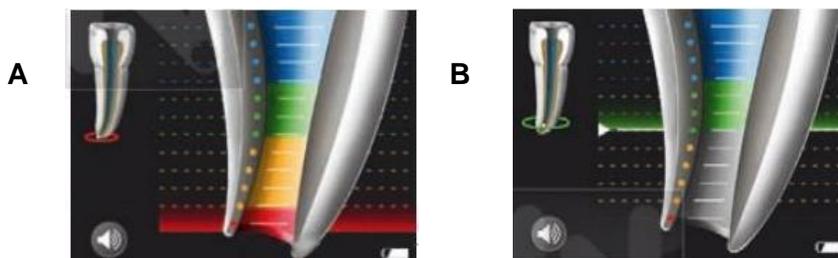


Fig. 15. Marcas en la pantalla de Raypex 6® A. Marca “apex”, B. Marca “0.5”.

Se tomaron como válidas las mediciones que se mantuvieran estables durante 5 segundos en la señal “apex” y “0.5” respectivamente.

Al finalizar cada medición se colocó una fina capa de vaselina con un microaplicador en el contorno de la apertura cameral de cada diente con cuidado de no mover la lima que aún permanecía con el electrodo del LEA conectado. El tope de goma de cada lima K 10, fijado a la LT que determinó el LEA mediante composite fluido fotopolimerizado (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) creando un patrón removible y reposicionable. Seguidamente a cada

medición, el patrón adherido a la lima fue fácilmente retirado del diente. Para cada caso, se comprobó que la lima con el patrón de composite se pudiera reposicionar en el mismo lugar. Después que la lima K se fijase con el patrón de composite en el diente, se confirmó nuevamente la LT electrónica para comprobar que estaban colocados correctamente. Este procedimiento se repitió con cada uno de los dientes comprobando las marcas “apex” y “0.5”.

Las limas K 10 con el patrón de composite fueron retiradas de los dientes, almacenadas e identificadas de acuerdo al número de muestra y grupo de medición (Fig.16). Se procedió a la extracción de los dientes y se colocaron en NaOCL al 4% durante 15 minutos para remover restos de tejido orgánico que estuvieran adheridos a la raíz y seguidamente identificados y almacenados en solución salina al 0.9%.

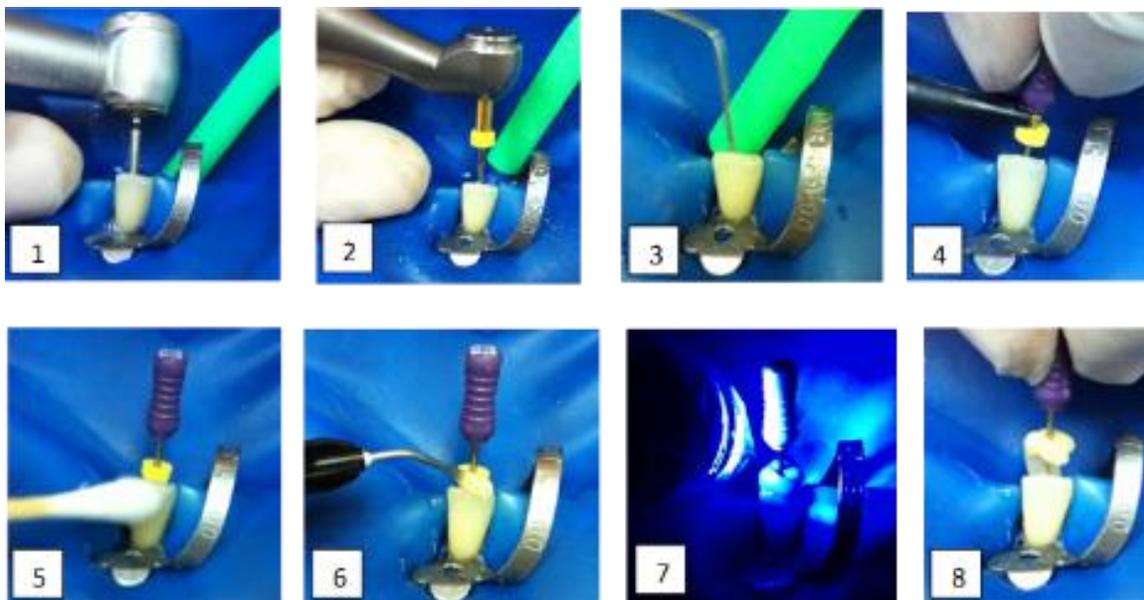


Fig. 16. Procedimiento Clínico para obtener las mediciones. 1. Apertura Cameral, 2. Preflaring con Protaper® SX, 3. Irrigación con NaOCl 4% y remoción del exceso de fluido, 4. Mediciones electrónicas con ambos LEAs en las marcas “apex” y “0.5”, 5. Aplicación de vaselina, 6. Colocación de Composite Fluido, 7. Fotopolimerización del composite fluido, 8. Remoción de la lima K 10 con el patrón de composite polimerizado.

5.2.2. Procedimiento de Laboratorio

Se fotografió el FMa de cada muestra con la cámara digital (Ken-A-Vision, Kansas City, MO, USA) después de visualizarlo con el estéreo microscopio (Meiji Techno, Saitama, Japan) a una magnificación de 30X. El foramen mayor fue colocado paralelo al objetivo del estéreo microscopio y seguidamente se fotografió. La imagen se utilizó para medir el perímetro y el diámetro del foramen mayor utilizando el software Autocad® 2010.

La porción apical de la raíz fue desgastada longitudinalmente utilizando una fina fresa de diamante (Gebr. Brasseler, Lemgo, Germany) bajo magnificación microscópica (D.F. Vasconcellos, Sao Paulo, Brazil), utilizando magnificación 16X para exponer la punta de la lima. Antes de desgastar, una lima K 10 fue introducida dentro del conducto radicular sobrepasando ligeramente el foramen mayor para facilitar el desgaste y evitar dañar las muestras (Fig. 17A). El tejido dental restante fue cuidadosamente removido usando discos de pulido Sof-Lex (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) hasta que la punta de la lima y el conducto radicular fueron visibles (Fig. 17B). Finalmente, la lima K 10 se retiró del conducto.



Fig. 17. Desgaste y pulido de tercio apical radicular. **A.** Desgaste de 4mm apicales con fresa de diamante. **B.** Pulido de la superficie con discos de pulido Sof-Lex®.

La porción apical de cada muestra se fotografió cuatro veces (una para cada marca de ambos LEAs) con la cámara digital (Ken-A-Vision, Kansas City, MO, USA) después de visualizarla con el estéreo microscopio (Meiji Techno, Saitama, Japan) a una magnificación de 30X. La primera fotografía se tomó con el patrón de composite reposicionado en el diente para determinar la LT con la marca “0.5”. La segunda fotografía fue tomada con el patrón de composite para determinar la LT con la marca “apex”. Estas fotografías fueron realizadas para las mediciones de ambos LEAs (Fig. 18 y 19).

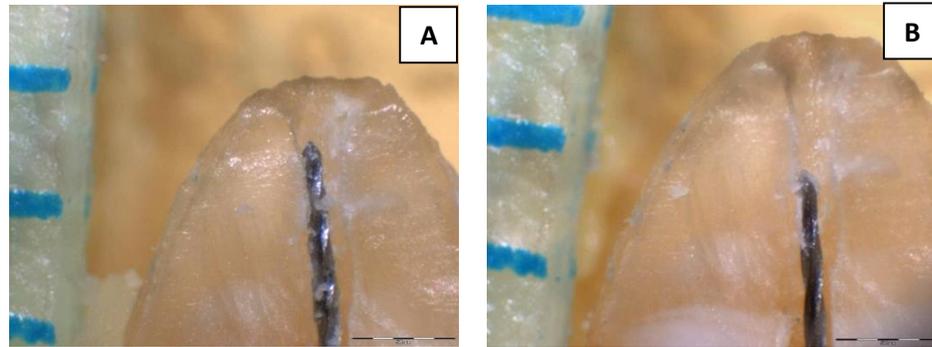


Fig. 18. Fotografías de las mediciones con Dentaport ZX®. **A.** Fotografía de la medición realizada con Root ZX en la marca “apex”. **B.** Fotografía de la medición realizada con Root ZX en la marca “0.5”.

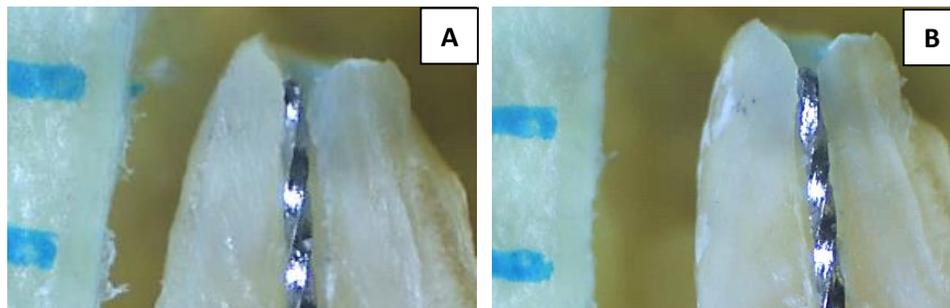


Fig. 19. Fotografías de las mediciones con Raypex 6®. **A.** Fotografía de la medición realizada con Raypex 6® en la marca “apex”. **B.** Fotografía de la medición realizada con Raypex 6® en la marca “0.5”.

Dos operadores marcaron el foramen mayor (borde más coronal del foramen mayor). La LT real fue establecida en foramen mayor cuando se utilizó la marca “apex” o 0.5mm coronal a foramen mayor cuando se utilizó la marca “0.5”. Después se midió la distancia entre LT real (correspondiente a cada grupo) y la punta de la lima utilizando el software Autocad® 2010, la distancia entre la punta de la lima y la LT real fue calculada en milímetros y registrado como negativo (-) cuando la punta de la lima estaba más corta que la LT real, o positivo (+) cuando la punta de la lima estaba más larga que la LT real.

5.2.3 Análisis Estadístico

Dos dientes fueron excluidos del estudio debido a que se fracturaron durante la extracción. El análisis estadístico se realizó con los 34 dientes restantes.

Las mediciones de la LT fueron comparadas entre los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® para analizar la exactitud de la marca “apex” y la marca “0.5” e individualmente se comparó en cada LEA la exactitud de la marca “apex” y “0.5” mediante la prueba de rangos de Wilcoxon para datos no paramétricos, debido a que los datos obtenidos con el grupo de Dentaport ZX® no presentaban una distribución normal (Shapiro-Wilks test = 0.001). La significancia estadística fue fijada en $P < 0.05$.

Se analizó la influencia del diámetro del FMA en la exactitud de las mediciones en la marca “apex” con el Dentaport ZX® y para Raypex 6® mediante la correlación de Pearson.

6. RESULTADOS

6. Resultados

Los resultados obtenidos de las mediciones en las marcas “apex” y “0.5” con los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® se presentan en la Tabla 1. Para las mediciones en la marca “apex” se midió la distancia de la punta de la lima a LT real (FMa) y esta distancia se registró en milímetros. Para las mediciones en la marca “0.5” se midió la distancia en milímetros de la punta de la lima a LT real, que para este grupo se estableció en un punto 0.5 mm coronal a FMa. Se colocó signo negativo (-) a las mediciones que se mantuvieron cortas de la LT real de cada grupo.

No. Muestra	Dentaport ZX “apex”	Dentaport ZX “0.5”	Raypex 6 “apex”	Raypex 6 “0.5”
1	-1.00	-1.00	-0.67	-0.88
2	-0.49	-0.2	-0.44	-0.14
3	-0.13	-0.4	0.35	0.02
4	-0.34	0.1	-0.36	-0.14
5	-0.59	0.18	0.08	0.5
6	-0.05	-0.07	-0.21	0.39
7	0	0.37	0	0.33
8	-0.2	0.01	0	0.36
9	-0.26	-0.24	-0.43	-0.35
10	0	0.16	-0.08	0.43
11	0	0.16	-0.07	-0.49
12	-0.17	0.17	0.07	-0.02
13	-0.11	0.18	-0.58	0.13
14	-0.18	-0.06	-0.32	0.1
15	-0.34	-0.05	-0.04	0.09
16	-0.15	0	-0.5	0.31
17	-0.43	-0.06	-0.2	0.13
18	-0.37	0.36	-0.62	0.28
19	-0.64	-0.32	-0.97	-0.2
20	-0.03	-0.36	-0.15	0.25
21	-0.07	0.34	-0.07	0.24
22	-0.4	0.12	-0.41	-0.09
23	-0.23	0.05	0	0.14
24	-0.14	0.27	-0.19	0.08
25	-0.58	-0.23	-0.31	-0.12
26	-0.16	0	-0.21	0.17
27	-0.64	0.06	-0.48	0.16
28	-0.13	-0.21	-0.43	-0.21
29	-0.15	0.34	-0.21	-0.02

30	0	-0.26	-0.11	0.11
31	-0.53	0.37	0.06	0.4
32	0.09	0.27	0	0.14
33	0	-0.25	-0.22	0
34	-0.11	0.11	-0.45	-0.05

Tabla 1. Valores obtenidos de las mediciones realizadas con las marcas “apex” y “0.5” de los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6®.

Exactitud de las mediciones marca “apex”

Se analizó la exactitud de los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® para detectar la LT real en las mediciones en la marca “apex”. La prueba de rangos de Wilcoxon para datos no paramétricos, no encontró diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) al comparar la diferencia de medianas de ambos LEAs ($P = 0.85$), Dentaport ZX® (mediana -0.165) y Raypex 6® (mediana -0.21). Los datos se muestran en la Tabla 2.

	No. Muestra	Mediana	Desviación estándar
Dentaport ZX “apex”	34	-0.1650	0.2452
Raypex 6 “apex”	34	-0.21	0.2660

Tabla 2. Prueba de rangos de Wilcoxon para comparar exactitud de los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® en la marca “apex”.

Los datos fueron agrupados según la distancia a la LT real en tres grupos (-1.00 a -0.50), (-0.49 a 0.00), (+0.01 a +0.50) y los resultados se presentan en la Tabla 3.

Distancia desde el foramen mayor en mm			Dentaport ZX® apex		Raypex 6® apex	
			n=34			
-1.00	A	-0.50	6	17.6%	5	14.7%
-0.49	A	0.00	27	79.4%	25	73.5%
+0.01	A	+0.50	1	3%	4	11.8%

Tabla 3. Datos agrupados según la distancia de la lima a foramen mayor de las mediciones en la marca “apex” con los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6®.

La exactitud de las mediciones en la marca “apex” con Dentaport ZX® para localizar la LT real fue 82.4% a ± 0.5 mm y 100% a ± 1 mm de la LT real. La exactitud de Raypex 6® fue 85.3% a ± 0.5 mm y 100% a ± 1 mm.

En la presente investigación no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de ambos LEAs para localizar la LT real cuando las mediciones fueron realizadas utilizando la marca “apex”.

Exactitud de las mediciones marca “0.5”

Se analizó la exactitud de los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® para detectar la LT real en las mediciones en la marca “0.5”. La prueba de rangos de Wilcoxon para datos no paramétricos, no encontró diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) al comparar la diferencia de medianas ($P = 0.13$), Dentaport ZX® (mediana 0.03) y Raypex 6® (mediana 0.105). Los datos se muestran en la Tabla 4.

	No. Muestra	Mediana	Desviación Estándar
Dentaport ZX “0.5”	34	0.03	0.2859
Raypex 6 “0.5”	34	0.105	0.2810

Tabla 4. Prueba de rangos de Wilcoxon para comparar exactitud de los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® en la marca “0.5”.

Los datos fueron agrupados según la distancia a LT real en tres grupos (-1.00 a -0.50), (-0.49 a 0.00), (+0.01 a +0.50) y los resultados se presenta en la Tabla 5.

Distancia desde el foramen mayor en mm			Dentaport ZX® 0.5		Raypex 6® 0.5	
			n=34			
-1.00	A	-0.50	1	3%	1	2.9%
-0.49	A	0.00	15	44.1%	12	35.3%
+0.01	A	+0.50	18	52.9%	21	61.8%

Tabla 5. Datos agrupados según la distancia de la lima a foramen mayor de las mediciones en la marca “0.5” con los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6®.

La exactitud de las mediciones en la marca “0.5” con Dentaport ZX® para localizar la LT real fue 97% a ± 0.5 mm y 100% a ± 1 mm de LT real. La exactitud de Raypex 6® fue 97.1% a ± 0.5 mm y 100% a ± 1 mm.

En el presente estudio se concluye que no existieron diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de ambos LEAs para localizar la LT real cuando las mediciones fueron realizadas utilizando la marca “0.5”.

Exactitud de Dentaport ZX® en las marcas “apex” y “0.5”

Se analizó la exactitud del LEA Dentaport ZX® para detectar la LT real en las mediciones en la marca “apex” y la marca “0.5”. La prueba de rangos de Wilcoxon para datos no paramétricos, encontró diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) al comparar la diferencia de medianas de ambas mediciones ($P = 0.001$). La marca “0.5” demostró ser más exacta (mediana 0.03) que la marca “apex” (mediana -0.165). Los datos se muestran en la Tabla 6.

	No. Muestra	Mediana	Desviación Estándar
Dentaport ZX “apex”	34	-0.165	0.2452
Dentaport ZX “0.5”	34	0.03	0.2859

Tabla 6. Prueba de rangos de Wilcoxon para comparar exactitud del LEA Dentaport ZX® en las marcas “apex” y “0.5”.

Los datos fueron agrupados según la distancia a LT real en tres grupos (-1.00 a -0.50), (-0.49 a 0.00), (+0.01 a +0.50) y los resultados se presenta en la Tabla 7.

Distancia desde el foramen mayor en mm			Dentaport ZX® apex		Dentaport ZX® 0.5	
			n=34			
-1.00	A	-0.50	6	17.6%	1	3%
-0.49	A	0.00	27	79.4%	15	44.1%
+0.01	A	+0.50	1	3%	18	52.9%

Tabla 7. Datos agrupados según la distancia de la lima a LT real en la marca “apex” y “0.5” con el LEA Dentaport ZX®.

La exactitud de las mediciones en la marca “apex” con Dentaport ZX® para localizar la LT real fue 82.4% a ± 0.5 mm y 100% a ± 1 mm de la distancia a LT real. La exactitud para detectar la LT real en las mediciones con la marca “0.5” fue 97% a ± 0.5 mm y 100% a ± 1 mm.

Por lo tanto, con los datos del presente estudio se concluyó que si existían diferencias estadísticamente significativas entre la exactitud del LEA Dentaport ZX® para detectar la LT real según se utilizó la marca “apex” o la marca “0.5”.

Exactitud de Raypex 6® en las marcas “apex” y “0.5”

Se analizó la exactitud del LEA Raypex 6® para detectar la LT real en las mediciones en la marca “apex” y la exactitud para detectar la LT real con la marca “0.5”. La prueba de rangos de Wilcoxon para datos no paramétricos, encontró diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) al comparar la diferencia de medianas de ambas mediciones ($P = 0.001$). La marca “0.5” demostró ser más exacta (mediana 0.105) que la marca “apex” (mediana -0.21). Los resultados se muestran en la Tabla 8.

	No. Muestra	Mediana	Desviación Estándar
Raypex 6 “apex”	34	-0.21	0.266
Raypex 6 “0.5”	34	0.105	0.2810

Tabla 8. Prueba de rangos de Wilcoxon para comparar exactitud del LEA Raypex 6® en las marcas “apex” y “0.5”.

Los datos fueron agrupados según la distancia a LT real en tres grupos (-1.00 a -0.50), (-0.49 a 0.00), (+0.01 a +0.50) y los resultados se presenta en la Tabla 9.

Distancia desde el foramen mayor en mm			Raypex 6® apex		Raypex 6® 0.5	
			n=34			
-1.00	A	-0.50	5	14.7%	1	2.9%
-0.49	A	0.00	25	73.5%	12	35.3%
+0.01	A	+0.50	4	11.8%	21	61.8%

Tabla 9. Datos agrupados según la distancia de la lima a LT real en la marca “apex” y “0.5” con el LEA Raypex 6®.

La exactitud de las mediciones en la marca “apex” con Raypex 6® para localizar la LT real fue 85.3% a ± 0.5 mm y 100% a ± 1 mm de la LT real. La exactitud de Raypex 6® para detectar la LT real en las mediciones con la marca “0.5” fue 97.1% a ± 0.5 mm y 100% a ± 1 mm.

Por lo tanto, con los datos del presente estudio se concluyó que si existían diferencias estadísticamente significativas entre la exactitud del LEA Raypex 6® para detectar la LT real según se utilizó la marca “apex” o la marca “0.5”.

Influencia tamaño de diámetro en la exactitud de Dentaport ZX® en marca “apex”

Para observar si el tamaño del FMa influye en la exactitud de las mediciones del Dentaport ZX® en la marca “apex” se midió el tamaño del diámetro del FMa de cada muestra y se correlacionaron ambas mediciones (Tabla 10).

No. muestra	Diámetro	Dentaport ZX 0.0
1	0.37	-1.16
2	0.36	-0.49
3	0.21	-0.13
4	0.24	-0.34
5	0.15	-0.59
6	0.16	-0.05
7	0.24	0
8	0.34	-0.2
9	0.32	-0.26
10	0.25	0
11	0.15	0
12	0.23	-0.17
13	0.16	-0.11
14	0.28	-0.18
15	0.12	-0.34
16	0.27	-0.15
17	0.29	-0.43
18	0.17	-0.37

19	0.40	-0.64
20	0.57	-0.03
21	0.13	-0.07
22	0.29	-0.4
23	0.21	-0.23
24	0.27	-0.14
25	0.24	-0.58
26	0.14	-0.16
27	0.13	-0.64
28	0.20	-0.13
29	0.18	-0.15
30	0.35	0
31	0.23	-0.53
32	0.19	0.09
33	0.19	0
34	0.18	-0.11

Tabla 10. Valores obtenidos del tamaño del diámetro de FMa de cada muestra y las mediciones con el LEA Dentaport ZX® en la marca “apex”.

Se realizó la estadística descriptiva (Tabla 11) y correlación de Pearson (el cual utiliza como valor de correlación perfecta 1), encontrando una correlación de 0.158, estos datos se presentan en la Tabla 12.

	Media	Desviación estándar	N
Diámetro	-.2413	.09541	34
Dentaport ZX apex	-.2509	.24520	34

Tabla 11. Estadística descriptiva del tamaño del diámetro de FMa y las mediciones de Dentaport ZX® en la marca “apex”.

		Diámetro	Dentaport ZX apex
Diámetro	Correlación de Pearson	1	.158
	P valor		.372
	N	34	34
Dentaport ZX apex	Correlación de Pearson	.158	1
	P valor	.372	
	N	34	34

Tabla 12. Correlación de Pearson para tamaño del diámetro de FMa y las mediciones de Dentaport ZX® en la marca “apex”.

Según el test de correlación de Pearson no existe una relación entre el tamaño del FMa y las medidas obtenidas con el LEA Dentaport ZX® en la marca “apex”. La distribución de los datos relacionados se presenta el Gráfico 1.

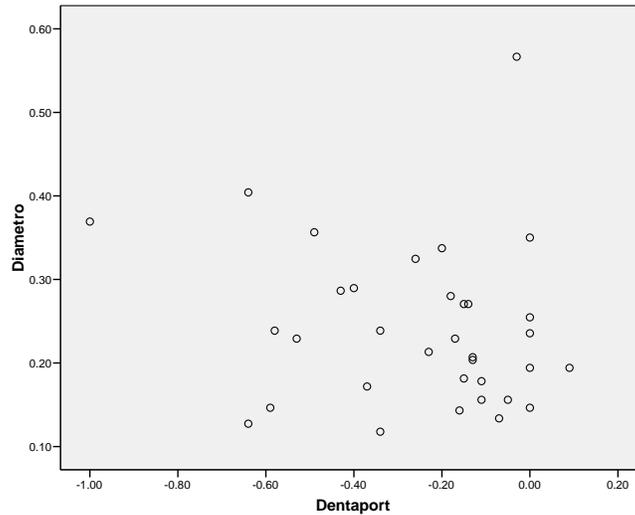


Gráfico 1. Dispersión de puntos simple del tamaño del diámetro de FMa (Y) y las mediciones de Dentaport ZX® en la marca “apex” (X).

Influencia tamaño de diámetro en la exactitud de Raypex 6® en marca “apex”

Para observar si el tamaño del FMa influye en la exactitud de las mediciones del Raypex 6® en la marca “apex” se midió el tamaño del diámetro del FMa de cada muestra y se correlacionaron ambas mediciones (Tabla 13).

No. muestra	Diámetro	Raypex 6 0.0
1	0.37	-0.67
2	0.36	-0.44
3	0.21	0.35
4	0.24	-0.36
5	0.15	0.08
6	0.16	-0.21

7	0.24	0
8	0.34	0
9	0.32	-0.43
10	0.25	-0.08
11	0.15	-0.07
12	0.23	0.07
13	0.16	-0.58
14	0.28	-0.32
15	0.12	-0.04
16	0.27	-0.5
17	0.29	-0.2
18	0.17	-0.62
19	0.40	-0.97
20	0.57	-0.15
21	0.13	-0.07
22	0.29	-0.41
23	0.21	0
24	0.27	-0.19
25	0.24	-0.31
26	0.14	-0.21
27	0.13	-0.48
28	0.20	-0.43
29	0.18	-0.21
30	0.35	-0.11
31	0.23	0.06
32	0.19	0
33	0.19	-0.22
34	0.18	-0.45

Tabla 13. Valores obtenidos del tamaño del diámetro de FMa de cada muestra y las mediciones con el LEA Raypex 6® en la marca “apex”.

Se realizó la estadística descriptiva (Tabla 14) y correlación de Pearson, encontrando una correlación de 0.24, estos datos se presentan en la Tabla 15.

	Media	Desviación típica	N
Diámetro Raypex 6 apex	.2413	.09541	34
	-.2403	.26609	34

Tabla 14. Estadística descriptiva del tamaño del diámetro de FMa y las mediciones de Raypex 6® en la marca “apex”.

		Diámetro	Raypex 6 apex
Diámetro	Correlación de Pearson	1	.240
	Sig. (bilateral)		.171
	N	34	34
Raypex 6 apex	Correlación de Pearson	.240	1
	Sig. (bilateral)	.171	
	N	34	34

Tabla 15. Correlación de Pearson para tamaño del diámetro de FMa y las mediciones de Raypex 6® en la marca “apex”.

Según el test de correlación de Pearson no existe una correlación entre el tamaño del FMa y las medidas obtenidas con el LEA Dentaport ZX® en la marca “apex”. La distribución de los datos relacionados se presenta en el Gráfico 2.

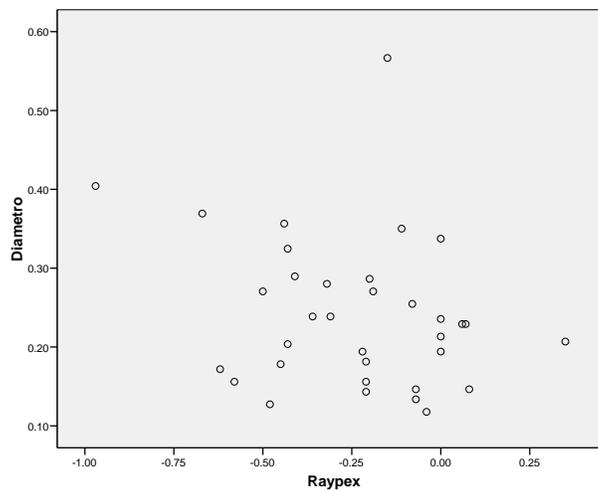


Gráfico 2. Dispersión de puntos simple del tamaño del diámetro de FMa (Y) y las mediciones de Raypex 6® en la marca “apex” (X).

7.

DISCUSIÓN

7.1 Discusión de la metodología

La selección de la muestra para la presente investigación fue de 36 dientes monoradiculares, vitales con ápices maduros y conductos únicos. En múltiples estudios se han utilizado dientes monoradiculares debido a que la medición de la LT es más sencilla (26,63-65). Los dientes con reabsorciones, ápice abierto, perforaciones, fracturas o dentición primaria, se excluyeron debido a que las mediciones electrónicas de la LT en dientes con estas características son inexactas (69). Se descartó la presencia de dos o más conductos mediante radiografías ortorradiar y mesiorradial con sistema de radiovisiografía Kodak RVG 6100®, esto se realizó para evitar confusiones a la hora de reposicionar las limas K con el patrón de composite (70-72).

Los estudios *in vivo* usualmente comparan la exactitud de los LEAs utilizando pulpas vitales y necróticas. De acuerdo con varios autores el estado pulpar no afecta significativamente la exactitud de los LEAs (55,70). Venturi y col. (55) realizaron un estudio en 40 conductos con pulpa vital y 24 con pulpa necrótica, comparando la exactitud de los LEAs Root ZX® y Apex Finder® y concluyeron que no existían diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de los LEAs en presencia de pulpa vital o necrótica. De igual manera, el estudio llevado a cabo por Dunlap y col. (70) reportó una exactitud para Root ZX® en la marca “0.5” en dientes con pulpa vital de 88% a ± 0.5 mm de FM y de 76% en dientes con pulpa necrótica, sin diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. Sin embargo, algunos estudios han demostrado que los LEAs son menos exactos en presencia de pulpa necrótica comparado con pulpa vital (73,74). Pommer y col. (74) llevaron a cabo un estudio *in vivo* para evaluar si el estado pulpar influía en la exactitud de las mediciones del LEA Apex Finder y reportaron una exactitud del 93.9% para los dientes vitales y un 76.6% para los dientes necróticos. Concluyeron que en conductos con pulpa vital las mediciones del LEA eran más exactas que las mediciones obtenidas en conductos con pulpas necróticas. Para evaluar los objetivos del presente estudio, comparar la precisión de las mediciones de Dentaport ZX® y Raypex 6® utilizando las marcas “apex” y “0.5” para localizar LT real, se utilizaron únicamente dientes con pulpas vitales con el objetivo de eliminar variables que influenciasen la exactitud de los LEAs.

En relación al ensanchamiento coronal, se ha reportado que mejora la exactitud de las mediciones cuando se utilizan los LEAs (6,56,57,66,75-76). En el estudio *in vitro* realizado por de Camargo y col. (77) en 40 dientes extraídos para evaluar la influencia del “preflaring” en la exactitud de 4 LEAs, llevaron a cabo dos mediciones en cada diente, una en los conductos sin ensanchamiento coronal y otra en los conductos posteriormente ensanchados con limas SX y S1 del sistema Protaper®. Observaron que las mediciones con los LEAs Root ZX® y Mini Apex® aumentaron la exactitud para determinar la LT real en conductos con ensanchamiento coronal previo. Ibarrola y col. (78) llevaron a cabo un estudio *in vitro* para evaluar la influencia del “preflaring” en la exactitud de Root ZX® para localizar FMa. Dividieron las muestras en dos grupos de 16 raíces mesiales de molares inferiores cada uno, en el grupo 1 se realizaron las mediciones en los conductos sin preflaring y en el grupo 2 en los conductos con preflaring. Observaron que las mediciones fueron más consistentes en el grupo 2 que en el grupo 1, concluyendo que el preflaring incrementa la exactitud de las mediciones para localizar FMa con LEA Root ZX®. En el presente estudio se realizó “Preflaring” con la lima SX del sistema ProTaper®. No obstante, existe controversia ya que De Moor y col. determinó que el “preflaring” no aporta mayor exactitud en las mediciones en conductos rectos (79).

Previo a tomar la medición electrónica se irrigó el conducto con NaOCl al 4%, eliminando el exceso de fluido de la cámara pulpar sin secar el conducto radicular. El NaOCl es un gran conductor eléctrico que se ha reportado que afecta a la medición de los localizadores de 1ª y 2ª generación, no así en los de 3ª y 4ª (11,55,80). Shabahang y col. (81) realizaron un estudio *in vivo* en 26 dientes vitales para determinar la exactitud de Root ZX® en presencia de NaOCl al 5.25%, tomando mediciones en la marca “0.5” y evaluando posteriormente la posición de la lima con respecto a FMa mediante la clarificación de los dientes. Concluyeron que el Root ZX® era exacto en 96.2% para detectar FMa en presencia de NaOCl al 5.25%. En el estudio *in vitro* de Jenkins y col. (66) evaluaron 30 dientes extraídos para observar la exactitud del Root ZX® en presencia de 7 distintos irrigantes de uso convencional en endodoncia, concluyendo que la exactitud de las mediciones con el LEA no se vio afectada por la presencia de ninguno de los irrigantes entre ellos el NaOCl al 5.25%. Meares y col. (59) realizaron un estudio *in vitro* para determinar la influencia del NaOCl en la exactitud de Root ZX® haciendo 3 mediciones, (sin

irrigante, NaOCl al 2.125% y NaOCl al 5.25%). Reportaron una exactitud a ± 0.5 mm de la LT real de 81% para las mediciones sin irrigante, 83% para las mediciones en presencia de NaOCl al 2.125% y 85% para NaOCl al 5.25%, concluyendo que la exactitud de Root ZX® no se ve afectada por la presencia de NaOCl. En el estudio *in vivo* realizado por Gomes y col. (82) con el objetivo de evaluar la exactitud de Raypex 5® en presencia de 3 distintos irrigantes (CHX 2%, NaOCl 2.5% y EDTA 17%), reportaron que no existían diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de las mediciones en presencia de los distintos irrigantes. El estudio de Duran-Sindreu y col. (83) realizado en condiciones *in vivo* en 32 dientes para determinar la exactitud de los LEAs Root ZX® y iPex® en presencia de varios irrigantes, reportaron que no existían diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de las mediciones en presencia de NaOCl al 2.5% y CHX al 2%, sin embargo el LEA Root ZX® demostró ser más exacto en la determinación de la LT que el LEA iPex® sin importar el irrigante que se utilizara. Ya que el NaOCl no afecta la precisión de los localizadores de tercera y cuarta generación fue el irrigante elegido en este estudio para imitar las condiciones clínicas.

De acuerdo con Wrbas y col. (12) una comparación precisa de la exactitud de los LEAs es posible únicamente si se evalúa la misma muestra con los distintos LEAs, debido a que el diámetro del FM y FMa y la localización del FMa son tres factores importantes que afectan a la exactitud de los LEAs (5,38). Por este motivo, en este estudio se utilizó el mismo diente para ambos LEAs en las marcas “apex” y “0.5”. Las mediciones se tomaron como válidas cuando permanecían estables durante 5 segundos como han hecho diferentes autores (84).

Se estableció la permeabilidad apical con una lima K debido a que ésta puede permeabilizar el conducto de forma pasiva, sin instrumentarlo, evitando el bloqueo del tercio apical (10,66,75,76,85). Está reportado en la literatura que el diámetro de la lima no influye en las mediciones (60). No obstante, durante la primera medición la lima K 10 puede pasar inadvertidamente más allá del FM y/o FMa. Esta instrumentación inicial del conducto puede ensanchar el FM y/o FMa. Sin embargo, de acuerdo con González y Col. (68) un lima K 10 puede transportar el FMa únicamente en el 12% de los casos, y en estos casos se observó una mínima deformación. Es por eso que en el presente estudio para eliminar la influencia provocada por la transportación del FMa se utilizó la lima K 10.

Se realizaron fotografías con el estereomicroscopio óptico, con ellas se midió la distancia de la punta de la lima a LT real. Se dieron valores positivos a los datos en milímetros que se encontraran largos respecto a la LT real y negativos a aquellos valores que se encontraban coronal a la LT (37,85,79) tal como han realizado diferentes autores.

En base a los estudios de Lee y col. y Dunlap y Remeikis (16,70) se ha sugerido que las mediciones con los LEAs se deben realizar ligeramente sobrepasando el ápice y retroceder para llegar a la señal deseada para aumentar la exactitud. Por este motivo en la presente investigación la lima fue llevada hasta sobrepasar la señal de “apex” en los LEAs y luego se retrocedió para quedarse en la marca “apex” o “0.5”.

Las mediciones inconsistentes en los estudios de laboratorio que han evaluado LEAs pueden ser explicadas por errores de procedimiento. En los estudios de Stoll y col. (19), Higa y col (20) y Ounsi y col. (21) utilizaron el método visual para evaluar Root ZX® (por ejemplo, lo longitud de la medición fue determinada visualmente utilizando un calibrador bajo magnificación). También puede deberse a sesgo que resulta del ajuste inexacto del tope de goma respecto del punto de referencia, o por movimiento del tope durante el procedimiento de medición (10,86). ElAyouti y Löst (87) observaron un error de medición de 0.4 mm utilizando el método visual. Este error puede influenciar los resultados de los estudios de laboratorio, particularmente cuando las mediciones son agrupadas en intervalos de 0.5 mm o cuando un punto dentro del conducto radicular está en estudio (por ejemplo, FM o FMa). En el presente estudio para evitar estas limitaciones, la lima se cementó en la posición en la que el LEA marcaba “apex” o “0.5” utilizando composite fluido fotopolimerizado. Además, la distancia entre la punta del instrumento y el FMa se midió después del desgaste longitudinal que se realizó en la porción apical radicular (58,86,88), debido a que reduce el número de variables involucradas y permite un cálculo más exacto de la distancia entre la lima y el FMa (86).

7.2 Discusión de resultados

El LEA Dentaport ZX® detectó el FMa en la marca “apex” a ± 0.5 mm en un 82.3% y Raypex 6® en un 85.3%. Estos resultados son similares a los reportados previamente para Root ZX® en los que se observó una exactitud a ± 0.5 mm entre 82.75% y 89.7%

(10,57,69). Para Raypex 6® no se reportan estudios previos *in vivo*. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula al no existir diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® para detectar LT real con la marca “apex” en condiciones *in vivo*.

Cuando se utilizó la marca “0.5”, Dentaport ZX® y Raypex 6® fueron exactos a ± 0.5 mm en un 97%. Aceptando la hipótesis nula al no existir diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de los LEAs para detectar LT real con la marca “0.5” en condiciones *in vivo*. Estos resultados son similares a los de Plotino y col. (37) que encontró que Root ZX® fue exacto para localizar LT real en un 97.37% a ± 0.5 mm. De igual manera, el estudio *in vivo* en dientes vitales de Shabahang y col. (81) utilizando la marca “0.5” demostró una exactitud para Root ZX® del 96.2% a ± 0.5 mm. Sin embargo nuestros resultados no concuerdan con los reportados por Stöber y col. (86) que observaron que Root ZX® fue exacto en un 72% para determinar la LT real a ± 0.5 mm. Además, el estudio *in vivo* de Wrbas y col. (12) analizó la exactitud de Root ZX® y Raypex 5® para localizar FM con la marca “0.5” reportando una exactitud a ± 0.5 mm de 75% y 80% respectivamente. En un rango de ± 0.5 mm de FM, observaron que el 20% de las mediciones con el Root ZX® eran largas y 5% cortas. Con el Raypex 5® observaron que el 20% de las mediciones eran largas. Las diferencias entre estos estudios puede ser explicada en parte por las diferencias en la naturaleza de los dientes utilizados en los estudios, ya que los factores anatómicos pueden influir en la exactitud de los LEAs (5,38,57).

Le elección entre las marcas “apex” y “0.5” para la determinación de la LT pareciera depender de la experiencia personal y la preferencia del clínico, debido a que los resultados en la literatura presentan controversia. Es por eso que el presente estudio tuvo como uno de sus objetivos comparar la exactitud de las marcas “apex” y “0.5” con la posición real de lima dentro del conducto radicular en los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® en condiciones *in vivo*. Bajo las condiciones de este estudio *in vivo*, se evaluó la correspondencia de la marca “apex” con FMa y de la marca “0.5” respecto a un punto situado 0.5 mm coronal a FMa y se observó una correspondencia mayor con la marca “0.5”. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa al encontrar diferencias estadísticamente significativas en la exactitud del LEA Dentaport ZX® y Raypex 6® para

detectar la LT real según se utilice la marca “apex” o la marca “0.5” en condiciones *in vivo*. Esto no corrobora los estudios *in vitro* de Higa y col. (20), Stoll y col. (19), Ounsi y col. (21) y Lucena y col. (61). Ounsi y col. (21) observó que la marca “0.5” de Root ZX® no detecta el punto 0.5 mm coronal del FMa en el conducto radicular. Concluyendo que la LT debe ser establecida cuando se alcance la marca “apex” en vez de utilizar la marca “0.5” como recomienda el fabricante. Stoll y col. (19) e Higa y col. (20) observaron que con Dentaport ZX, ambas marcas obtuvieron resultados aceptables clínicamente, sin embargo la medición en la marca “apex” fue más exacta. Esta disparidad en los resultados puede ser explicada porque el presente estudio fue realizado en condiciones *in vivo*. Además, el método utilizado para determinar la LT real en los estudios previos fue con el método visual, introduciendo un instrumento metálico (lima K o punta de plata) hasta que fuera visible a través de FMa. La distancia de la punta de la lima al tope de goma fue medida con una regla endodóntica, éste método puede fallar si el tope de goma se mueve accidentalmente (12). En nuestro estudio la LT real fue determinada con el método del desgaste de los 4 mm apicales radiculares, mediante el consenso de dos operadores de la ubicación de FMa en la fotografía del conducto expuesto realizada con el estéreo microscopio a una magnificación 30X. El método del desgaste permite evaluar la precisión de varios LEAs utilizando la misma muestra, por lo tanto es posible compararlos objetivamente, además permite determinar la distancia de la punta de la lima a FMa con magnificación (12). Esto podría explicar parcialmente la diferencia entre los resultados obtenidos en el presente estudio.

En el estudio de Lucena (61) se reporta una alta exactitud para el LEA Raypex 6® en condiciones *in vitro*, siendo más exacto cuando se utilizó la marca “apex” que cuando se utilizó “0.5”. Para el grupo “apex” la distancia media del FMa a la punta de la lima fue 0.05 – 0.18 mm, en las mediciones con la marca “constricción” la distancia reportada fue de 0.26 – -0.36 mm. En la actualidad, la validez de las mediciones realizadas en condiciones *in vitro* es poco conocida (23). Las ventajas de los estudios *in vitro* son la simplicidad, facilidad de uso y la capacidad de mantener estricto control sobre las condiciones experimentales. Además, un gran número de conductos radiculares pueden ser estudiados en un corto período de tiempo no así en los estudios *in vivo* (59). Los estudios *in vitro* o *ex vivo* utilizan materiales electroconductores para simular las condiciones clínicas. El alginato, agar, solución salina y gelatina han demostrado dar resultados predecibles en la utilización de los

LEAs (25). Sin embargo, algunos de estos materiales pueden dar mayor exactitud que la que existe en condiciones *in vivo* (26), por esta razón, extrapolar los datos de los estudios *in vitro* a la situación clínica podría no ser apropiado (6). Los estudios *in vivo* para determinar la exactitud de los LEAs emulan lo que sucede en la situación clínica (6). Debido a que los dos únicos estudios llevados a cabo con el LEA Raypex 6® son *in vitro*, no es posible tener un patrón comparativo de estudios previos para los resultados obtenidos en el presente estudio ya que este se realizó *in vivo*.

Según varios estudios el LEA Dentaport ZX® muestra una fuerte tendencia a sobreestimar la LT (56,89), estos resultados difieren de los obtenidos en ésta y otras investigaciones en las cuales se han reportado más mediciones cortas que mediciones largas (10,85). Estos resultados diferentes, pueden ser explicados por la anatomía de la porción apical radicular del diente evaluado (5, 56,90) como se ha explicado anteriormente.

En el estudio *in vitro* de Ding y col. (5) realizado en 356 dientes extraídos para evaluar la exactitud de los LEAs Root ZX®, Raypex 5® y Elements Apex Locator® en la marca “0.5” y ver la influencia de factores anatómicos para determinar la LT. Observaron que existía una influencia del tamaño del FM en la determinación de la LT, ya que a medida que el tamaño del FM aumentaba la distancia de las mediciones a LT real aumentaba. Concluyeron que la morfología del FM y la localización del FMa son dos factores importantes que influían en la exactitud de los LEAs. De igual manera, Herrera y col. (63) llevaron a cabo un estudio *in vitro* para evaluar la exactitud de Root ZX® en 10 dientes extraídos en el cual ensacharon progresivamente el diámetro del FM y tomaron mediciones en la marca “0.5”. El FM fue ensachado a un diámetro de 0.37 para la primera medición, para la segunda a 0.62 y la última a 1.02. Observaron que la exactitud de Root ZX® disminuía a medida que aumentaba el diámetro de FM. Stein y col. (38) realizaron un estudio *in vivo* en el que analizaron las variantes anatómicas del tercio apical radicular en 47 dientes para evaluar si existía influencia del tamaño del diámetro del FM y FMa en la exactitud de las mediciones. Observaron que a medida que aumentaba el diámetro del FMa, aumentaba la distancia entre las mediciones del LEA Neosono-D en la marca “0.5” y la posición del FMa.

En el presente estudio no se encontró una correlación estadísticamente significativa entre el diámetro del FMa y la exactitud de los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6®, a diferencia de los estudios de Ding y col. (5), Herrera y col. (63) y Stein y col. (38) que reportan que si existe correlación. Con estos resultados, se acepta la hipótesis nula por no encontrarse correlación entre el tamaño del foramen apical y la exactitud de las mediciones del LEA Dentaport ZX® y Raypex 6® *in vivo* en la marca “apex”. Esta disparidad podría ser explicada porque nuestro estudio fue realizado en condiciones *in vivo* a diferencia de los estudios *in vitro* de Ding y col. (5) y Herrera y col. (63). El estudio *in vivo* llevado a cabo por Stein y col. (38) reporta que si existe correlación entre el diámetro de FMa y la exactitud del LEA de segunda generación Neosono-D, sin embargo nuestro estudio se realizó con localizadores de tercera y cuarta generación. Además, estos estudios realizaron las mediciones con los LEAs utilizando la marca “0.5” a diferencia de nuestro estudio en el que se utilizó la marca “apex”. Nuestro estudio es el primero *in vivo* que estudia la correlación entre el diámetro de FMa y la exactitud de los LEAs de tercera y cuarta generación Dentaport ZX® y Raypex 6® en la marca “apex”.

8.HIPOTESIS ACEPTADAS

8. Hipótesis aceptadas y rechazadas

1. Se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula: No existirán diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de las mediciones obtenidas con los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® *in vivo* en la marca “apex” con respecto a LT real. **No se encontró diferencia significativa en la exactitud de ambos LEAs en la marca “apex”.**
2. Se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula: No existirán diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de las mediciones obtenidas con los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® *in vivo* en la marca “0.5” con respecto a LT real (distancia de la punta de la lima a foramen mayor menos 0.5). **No se encontró diferencia significativa en la exactitud de ambos LEAs en la marca “0.5”.**
3. Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa: Si existirán diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de las mediciones obtenidas con el LEA Dentaport ZX® *in vivo* en la marca “apex” y la marca “0.5” con respecto a LT real. **Siendo la marca “0.5” más exacta que “apex”.**
4. Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa: Si existirán diferencias estadísticamente significativas en la exactitud de las mediciones obtenidas con el LEA Raypex 6® *in vivo* en la marca “apex” y la marca “0.5” con respecto a LT real. **Siendo la marca “0.5” más exacta que “apex”.**
5. Se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula: No existirán diferencias estadísticamente significativas con respecto al tamaño del foramen apical y la exactitud de las mediciones del LEA Dentaport ZX® *in vivo* en la marca “apex”. **No se encontró correlación entre el tamaño del foramen y la exactitud de las mediciones.**

6. Se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula: No existirán diferencias estadísticamente significativas con respecto al tamaño del foramen apical y la exactitud de las mediciones del LEA Raypex 6® *in vivo* en la marca “apex”. **No se encontró correlación entre el tamaño del foramen y la exactitud de las mediciones.**

9. CONCLUSIONES

9. Conclusiones

9.1 Conclusiones específicas

1. De acuerdo con las mediciones obtenidas con los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® en condiciones *in vivo* utilizando la marca “apex” podemos concluir que no existen diferencias significativas para localizar la LT real con esta marca.
2. De acuerdo con las mediciones obtenidas con los LEAs Dentaport ZX® y Raypex 6® en condiciones *in vivo* utilizando la marca “0.5” podemos concluir que no existen diferencias significativas para localizar la LT real con esta marca.
3. Con las mediciones obtenidas mediante el LEA Dentaport ZX® en condiciones *in vivo* se observó una mayor exactitud para localizar la LT real en la marca “0.5” que en la marca “apex”.
4. Con las mediciones obtenidas mediante el LEA Raypex 6® en condiciones *in vivo* se observó una mayor exactitud para localizar la LT real en la marca “0.5” que en la marca “apex”.
5. De acuerdo a las mediciones obtenidas con el LEA Dentaport ZX® en la marca “apex” no se encontró correlación entre éstas y el diámetro del foramen mayor para detectar con exactitud la LT real en condiciones *in vivo*, observando una correlación de Pearson de 0.158 (P= 0.372).
6. De acuerdo a las mediciones obtenidas con el LEA Raypex 6® en la marca “apex” no se encontró correlación entre éstas y el diámetro del foramen mayor para detectar con exactitud la LT real en condiciones *in vivo*, observando una correlación de Pearson de 0.24 (P= 0.171).

9.2 Conclusiones globales

1. Podemos concluir que los LEAs Dentaport ZX y Raypex 6 son más exactos al determinar la LT en la marca “0.5” comparado con la marca “apex”, con una exactitud de alrededor del 97%.
2. No se determinó correlación entre el diámetro del foramen mayor y la exactitud de las mediciones realizadas en la marca “apex” con los LEAs Dentaport ZX y Raypex 6, por lo tanto podemos concluir que el diámetro del foramen mayor no influye significativamente en la exactitud de ambos LEAs en la marca “apex”.

10. PERSPECTIVAS DE FUTURO

10. Perspectivas de Futuro

La investigación de dispositivos que nos permitan obtener una LT más exacta durante el tratamiento de conductos radiculares es realmente importante. Por lo cual se recomienda seguir estudiando los nuevos LEAs que se desarrollen en el futuro para determinar si demuestran mayor exactitud de la medición electrónica para localizar el FMa o FM.

Desarrollar estudios que analicen las muestras mediante tecnología que permita obtener mayor y mejor información, como la microtomografía computarizada. De esta forma se podría evaluar los especímenes sin destruirlos o dañarlos, aportando información que puede ayudar a evaluar variables anatómicas que aún no han sido estudiadas y que pueden afectar el desempeño de los LEAs como la presencia de conductos laterales y deltas apicales.

Observar la función de diferentes LEAs cuando se utilizan conjuntamente a sistemas rotatorios o reciprocantes de Ni-Ti. Debido a que estos sistemas permiten trabajar conjuntamente la instrumentación de los conductos radiculares y la determinación electrónica de la LT, es de suma importancia estudiar *in vivo* la exactitud de los LEAs conectados a instrumentos de Ni-Ti en movimiento tanto rotatorio como reciprocante. Esto con la finalidad de evitar la sobreinstrumentación y deformación del foramen apical con limas de calibres grandes.

Se prevé la publicación de más artículos científicos con los resultados de la presente investigación, reportando la influencia *in vivo* del tamaño del foramen mayor en la exactitud de la determinación de la LT con los LEAs Dentaport ZX y Raypex 6 con la marca “apex”. Además, se considera la publicación del artículo científico que reporta la exactitud del LEA Dentaport ZX *in vivo* en las marcas “apex” y “0.5”.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias bibliográficas

1. Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *Int Endod J* 1998;31: 384-93.
2. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation part 2. A histological study. *Int Endod J* 1998;31:394-409.
3. Sjögren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod* 1990;16:498-504.
4. Serota KS, J. V., Frederick Barnett and Yosef Nahmias. The new era of foramenal location. *Endodontic Practice* 2004; 17-22.
5. Ding J, Gutmann JL, Fan B, Lu Y, Chen H. Investigation of apex locators and related morphological factors. *J Endod* 2010;36:1399-3.
6. Stöber EK, Duran-Sindreu F, Mercadé M, Vera J, Bueno R, Roig M. An evaluation of Root ZX and iPex apex locators: an *in vivo* study. *J Endod* 2011;37:608-610.
7. Glossary of endodontics terms. 7th ed. Chicago: American Association of Endodontics; 2003.
8. ElAyouti A, Weiger R, Löst C. Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length. *J Endod* 2001;27:49-2.
9. Versiani MA, Santana BP, Caram CM, Pascon EA, Alves de Souza J, Biffi JC. *In vivo* comparison of the accuracy of Root ZX II in detecting apical constriction using different meter's Reading. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:41-5.
10. D'Assunção FLC, Albuquerque S, Correia de Queiroz L. The ability of two apex locators to locate the apical foramen: an *in vitro* study. *J Endod* 2006;32:560-2.
11. Tselnik M, Baumgartner JC, Marshall JG. An evaluation of Root ZX and Elements Diagnostic Apex Locators. *J Endod* 2005;31:507-9.
12. Wrbas KT, Ziegler AA, Altenburger MJ, Schirmeister JF. *In vivo* comparison of working length determination with two electronic apex locators. *Int Endod J* 2007;40:133-8.
13. Siu C, Marshall JG, Baumgartner JC, Marshall JG. An *in vivo* comparison of the Root ZX II, the Apex NRG XFR, and Mini Apex Locator by using rotary nickel-titanium files. *J Endod* 2009;35:962-5.

14. Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *Int Endod J* 1984;17:192–8.
15. Martínez-Lozano MA, Forner-Navarro L, Sánchez-Cortés JL, Llana-Puy C. Methodological considerations in the determination of working length. *Int Endod J* 2001;34: 371–6.
16. Lee SJ, Nam KC, Kim YJ, Kim DW. Clinical accuracy of a new apex locator with an automatic compensation circuit. *J Endod* 2002;28:706–9.
17. Gulabivala K, Stock C. Root canal system preparation. In: Gulabivala K, Stock C, Walker RT, eds. *Endodontics*. 3rd ed. Edinburgh; New York: Elsevier, Mosby; 2004:142–4.
18. Jung IY, Yoon BH, Lee SJ, Lee SJ. Comparison of the reliability of “0.5” and “APEX” mark measurements in two frequency-based electronic apex. *J Endod* 2011;37:49–52.
19. Stoll R, Urban-Klein B, Roggendorf MJ, Jablonski-Momeni A, Strauch K, Frankenberger R. Effectiveness of four electronic apex locators to determine distance from the apical foramen. *Int Endod J* 2010;43:808–17.
20. Higa RA, Adorno CG, Ebrahim AK, Suda H. Distance from file tip to the major apical foramen in relation to the numeric meter reading on the display of three different electronic apex locators. *Int Endod J* 2009;42:1065–1070.
21. Ounsi HF, Naaman A. In vitro evaluation of the reliability of the Root ZX electronic apex locator. *Int Endod J* 1999;32:120-3.
22. Khandewal D, Ballal NV, Saraswathi MV. Comparative evaluation of accuracy of 2 electronic Apex locators with conventional radiography: an ex vivo study. *J Endod* 2015;41(2):201-4
23. Duran-Sindreu F, Stöber EK, Mercadé M, Vera J, García M, Bueno R, Roig M. Comparison of in vivo and In vitro readings when testing the accuracy of the Root ZX Apex Locator. *J Endod* 2012;38:236–9.
24. Soares RMV, Silva EJNL, Herrera DR, Krebs RL, Coutinho-Filho TS. Evaluation of the Joypex 5 and Root ZX II: an in vivo and ex vivo study. *Int Endod J* 2013;46:904–909.
25. Gordon MP, Chandler NP. Electronic apex locators. *Int Endod* 2004;37:425–37.
26. Czerw RJ, Fulkerson MS, Donnelly JC, Walmann JO. In vitro evaluation of the accuracy of several electronic apex locators. *J Endod* 1995;21:572–5.

27. Guise GM, Goodell GG, Inamura GM. In vitro comparison of three electronic apex locators. *J Endod* 2010;36:279-1.
28. Gonçalves Real D, Davidowicz H, Moura-Netto C, Londero Zenkner CL, Londero Pagliarin CM, Branco Barletta F, de Moura AA. Accuracy of working length determination using 3 electronic apex locators and direct digital radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011;111:44-9.
29. Custer LE. Exact methods of locating the apical foramen. *J National Dental Association* 1918;5:815–9.
30. Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. *J Japanese Stomatological Society* 1942;16:411–7.
31. Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *J Endod* 1994;20:111–4.
32. de Vasconcelos BC, do Vale TM, de Menezes AS, Pinheiro-Junior EC, Vivacqua-Gomes N, Bernardes RA, Hungaro et al. An ex vivo comparison of root canal length determination by three electronic apex locators at positions short of the apical foramen. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;110:e57-61
33. Pallares, A. and V. Faus. An in vivo comparative study of two apex locators. *J Endod* 2004;20(12): 576-9.
34. Pratten DH, McDonald NJ. Comparison of radiographic and electronic working lengths. *J Endod* 1996 Apr;22(4):173-6.
35. Goldberg F, Briseño B, Frajlích S, Dreyer C. In vitro evaluation of the ability of three apex locators to determine the working length during retreatment. *J Endod* 2005;31:676-8.
36. Fan W, Fan B, Gutmann JL, Bian Z, Fan MW. Evaluation of the accuracy of three electronic apex locators using glass tubules. *Int Endod J* 2006 Feb;39(2):127-35.
37. Plotino G, Grande 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. *Int Endod J* 2006 May;39(5):408-14.
38. Stein TJ, Corcoran JF, Zillich RM. Influence of the major and minor foramen diameters on apical electronic probe measurements. *J Endod* 1990 Nov;16(11):520-2.
39. Tinaz A. C., A. T., Uzum O, Maden M. and Kayaoglu G. The effect of disruption of apical constriction on periapical extrusion. *J Endod* 2005;31:533-5.

40. Seltzer S, S. W., Sinai I, Goldengerg A, Bender I.B. Biological aspects on endodontics. Part III. Periapical tissue reactions to root canal instrumentation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1969;26: 534-46.
41. Chugal N, C. J., Spångberg L. Endodontic infection: Some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;96:81-0.
42. Ingle, J. Endodoncia. 2002 México, Mc Graw-Hill Interamericana.
43. Gutierrez, JH, Aguayo P. Apical foraminal openings in human teeth. Number and location. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995;79:769-7.
44. Kerekes KTL. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod* 1979;5:83-0.
45. D'Assunção FLC, Albuquerque S, Salazar-Silva JR, Dos Santos VC, Sousa JCN. Ex vivo evaluation of the accuracy and coefficient of repeatability of three electronic apex locators using a simple mounting model: a preliminary report. *Int Endod J* 2010;43:269-4.
46. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. *JADA* 1955;40:544-2.
47. Harrán PE, V. F. The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen and the apical constriction: Evaluation by optical microscopy. *J Endod* 2003; 29: 214-19.
48. Özsezer E, Inan U, Aydın U. In vivo evaluation of propex electronic apex locator. *J Endod* 2007;33:974-7.
49. Forner Navarro L, Llena Puy MC, García Godoy F. Diagnostic performance of radiovisiography in combination with a diagnosis assisting program versus conventional radiography and radiovisiography in basic mode and with magnification. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2008;13(4):E261-5.
50. Ravanshad S, Adl A, Anvar J. Effect of working length measurement by electronic apex locator of radiography on the adequacy of final working length: a randomized clinical trial. *J Endod* 2010;36:1753-6.
51. ElAyouti A, Weiger R, Löst C. The ability of Root ZX Apex Locator to reduce the frequency of overestimated Radiographic working length. *J Endod* 2002;28:116-9
52. Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res* 1962;41:375-87.
53. Inoue N. An audiometric method for determining the length of root canals. *J Canad Dent Assoc* 1973;39:630-6.

54. Welk A, Baumgartner JC, Marshall JC. An in vivo comparison of two frequency-based electronic apex locators. *J Endod* 2003;29:497-0.
55. Venturi M, Breschi L. A comparison between two electronic apex locators: An in vivo investigation. *Int Endod J* 2005;38:36-5.
56. Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *J Endod* 1994;20:111-4.
57. Pagavino G, Pace R. A SEM study of in vivo accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *J Endod* 1998;24:438-1.
58. Czerw RJ, Fulkerson MS, Donnelly JC, Walmann JO. In vitro evaluation of the accuracy of several electronic apex locators. *J Endod* 1995;21:572-5.
59. Meares WA, Steiman R. The influence of sodium hypochlorite irrigation on the accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *J Endod* 2002;28:595-7.
60. Briseño-Marroquin B, Frajlich S, Goldberg F, Willershausen B. Influence of instrument size on the accuracy of different apex locators: an in vitro study. *J Endod* 2008;34:698-2.
61. Lucena C, López JM, Martín JA, González-Rodríguez MP. Accuracy of working length measurement: Electronic apex locator versus cone-beam computed tomography. *Int Endod J* 2014;47:246-56.
62. McDonald NJ, Hovland EJ. An evaluation of the Apex Locator Endocater. *J Endod* 1990;16:5-8.
63. Herrera M, Abalos C, Planas AJ, Llamas R. Influence of apical constriction diameter on Root ZX apex locator precision. *J Endod* 2007;33:995-8.
64. Goldberg F, de Silvio AC, Manfré S, Nastri N. In vitro measurement accuracy of an electronic apex locator in teeth with simulated apical root resorption. *J Endod* 2002;28:461-3.
65. Gomez G, Duran-Sindreu F, Jara Clemente F, Garofalo RR, Garcia M, Bueno R, Roig M. The effects of six electronic apex locators on pacemaker function: an in vitro study. *Int Endod J* 2013;46:399-405.
66. Jenkins JA, Walker WA. An in vitro evaluation of the accuracy of the root ZX in the presence of various irrigants. *J Endod* 2001;27:209-1.
67. Nguyen HQ, Kaufman AY. Electronic length measurement using small and large files in enlarged canals. *Int Endod J* 1996;29:359-4.

68. Gonzalez JA, Duran-Sindreu F, Matos MA, Carabaño TG, Bellido MM, Castro SM, Cayón MR. Apical transportation created using three different patency instruments. *Int Endod J* 2010;43:560-4.
69. Felipe WT, Felipe MCS, Reyes Carmona J, Crozoé FCI, Alvisi BB. Ex vivo evaluation of the ability of the ROOT ZX II to locate the apical foramen and to control the apical extent of rotatory canal instrumentation. *Int Endod J* 2008;41:502-7.
70. Dunlap C, Remeikis A. An in vivo evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals. *J Endod* 1998;24:48-0.
71. Aydin U, Karataslioglu E, Aksoy F, Yildirim C. In vitro evaluation of Root ZX and Raypex 6 in teeth with different apical diameters. *J Conserv Dent* 2015;18:66-69.
72. Fouad AF, Krell KV. Clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. *J Endod* 1990;16:446-9.
73. Arora RK, Gulabivala K. An in vivo evaluation of the ENDEX and RCM Mark II electronic apex locators in root canals with different contents. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 1995;79:497-503.
74. Pommer O, Stamm O, Attin T. Influence of the canal contents on the electrical assisted determination of the length of root canals. *J Endod* 2002;28:83-5.
75. Topuz O, Uzun O, Tinaz AC, Bodrumlu E, Gorgul G. Accuracy of two apex-locating handpieces in detecting simulated vertical and horizontal root fractures. *J Endod* 2008;34:310-3.
76. Tinaz AC, Maden M. The accuracy of three different electronic root canal measuring devices: an in vitro evaluation. *J Oral Sci* 2002;44:91-5.
77. de Camargo EJ, Zapata RO, Medeiros PL, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB, de Moraes IG, Duarte MA. Influence of preflaring on the accuracy of length determination with four electronic apex locators. *J Endod* 2009;35:1300-2.
78. Ibarrola JL, Chapman BL, Howard JH, Knowles KI, Ludlow MO. Effect of preflaring on Root ZX apex locators. *J Endod* 1999;25:625-6.
79. De Moor RJ, Hommez MG. Accuracy of four electronic apex locators: an in vitro evaluation. *Endod Dent Traumatol* 1999;15:77-2.
80. Kim Park M, Baughan LW, Hartwell GR. Working length determination in palatal roots of maxillary molars. *J Endod* 2003;29:58-1.
81. Shabahang S, Goon W. An in vivo evaluation of Root ZX electronic apex locator. *J Endod* 1996;22:616-8.

82. Gomes S, Oliver R, Macouzet C, Mercadé M, Roig M, Duran-Sindreu F. In vivo evaluation of the Raypex 5 by using different irrigants. J Endod 2012;38:1075-7
83. Duran-Sindreu F, Gomes S, Stöber E, Mercadé M, Jané L, Roig M. In vivo evaluation of the iPex and Root ZX electrónico apex locators using various irrigants. Int Endod J 2013;46:769-74.
84. Oishi A, Yoshioka T. Electronic detection of root canal constrictions. J Endod 2002;28:361-4.
85. Thomas AS, Hartwell GR, Moon PC. The accuracy of the root ZX electronic apex locator using stainless-steel and nickel-titanium files. J Endod 2003;29:662-3.
86. Stöber EK, de Ribot J, Mercadé M, Vera J, Bueno R, Roig M, Duran-Sindreu F. Evaluation of the Raypex 5 an the Mini Apex Locator Root ZX: an in vivo study. J Endod 2011;37:1349–52.
87. ElAyouti A, Löst C. A simple mounting model for consistent determination of the accuracy and repeatability of apex locators. Int Endod J 2006;39:108-112.
88. Green, D. Stereomicroscopic study of 400 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1956;9:1224-2
89. Vajrabhaya L, Tepmongkol P. Accuracy of apex locator. Endod Dent Traumatol 1997 Aug;13(4):180-2.
90. Vera J. Accurate working length determination using a fourth generation apex locator. SybronEndo a division of Sybron dental specialities. 2004 1(2): 4-8.

11. ANEXOS

Anexo 1. Aprobación de la Investigación por el Comisión científica de la Facultad de Odontología de la Universitat Internacional de Catalunya



FACULTAD DE ODONTOLÒGIA
Comisión Científica

La Comisión Científica de la Facultad de Odontología de la Universitat Internacional de Catalunya, CERTIFICA, que

El presente protocolo de investigación titulado: "Estudio *in vivo* de la precisión y fiabilidad de dos localizadores electrónicos de ápice en dientes monorradiculares con pulpa vital y ápices maduros", cuyo investigador principal es Kenneth Roderico Pineda Palacios, y cuyo investigador secundario es Saddy Anali Moscoso Quijada, y cuyo tutor es Fernando Durán-Sindreu Terol,

ha sido evaluado satisfactoriamente y es apto para ser presentado e iniciar su investigación.

Firmado en Sant Cugat del Vallès, a 10 de febrero de 2012.

Universitat Internacional
de Catalunya
Facultat d'Odontologia

Dra. Montserrat Mercadé i Bellido
Directora de la Comisión Científica de Odontología

Título:	Estudio <i>in vivo</i> de la precisión y fiabilidad de dos localizadores electrónicos de ápice en dientes monorradiculares con pulpa vital y ápices maduros
Investigador secundario:	Saddy Anali Moscoso Quijada
Director de la investigación:	Kenneth Roderico Pineda Palacios
Tutor:	Fernando Durán-Sindreu Terol
Número de estudio:	END-ECL-2011-05-NF

Anexo 2. Documento de información para el paciente

Documento de información al paciente participante del estudio de investigación

Número del protocolo de investigación: END-ECL-2011-05-NF

Versión del protocolo: 1

Fecha de la versión del protocolo: 10 febrero 2012.

Fecha de la presentación del protocolo:

Título del estudio: Estudio *in vivo* de la precisión y fiabilidad de dos localizadores electrónicos de ápice en dientes monorradiculares con pulpa vital y ápices maduros.

Investigadores

Investigador principal: DDS, MsC. Kenneth Roderico Pineda Palacios

Profesor Titular V del Departamento de Endodoncia, Área Médico Quirúrgica, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Profesor Online de la Maestría en Endodoncia de la Universitat Internacional de Catalunya.

Investigador secundario: DDS, MsC. Saddy Analí Moscoso Quijada.

Profesora Online de la Maestría en Endodoncia, Universitat Internacional de Catalunya

Tutor: DDS, PhD. Fernando Durán-Sindreu Terol.

Coordinador Master Endodoncia, Universitat Internacional de Catalunya.

Línea de Investigación: Estudio *in vivo* de la efectividad/fiabilidad de dos localizadores electrónicos de ápices.

Título del estudio: Estudio *in vivo* de la precisión y fiabilidad de dos localizadores electrónicos de ápice en dientes monorradiculares con pulpa vital y ápices maduros.

Se ha solicitado su participación en un estudio de investigación. Antes de decidir si desea participar, es importante que comprenda los motivos por los que se lleva a cabo la investigación: cómo se va a utilizar la información, en qué consistirá el estudio y los posibles beneficios, riesgos y molestias que pueda conllevar.

¿CUÁLES SON LOS ANTECEDENTES Y EL OBJETIVO DE ESTE ESTUDIO?

El objetivo de este estudio consiste en determinar la precisión y fiabilidad de los localizadores electrónicos de ápices Dentaport ZX® y Raypex 6®, mediante la determinación de la longitud de trabajo en dientes previos a la extracción. Estos aparatos sirven para determinar la longitud precisa y fiable a la que debe llegar el odontólogo cuando realiza un tratamiento de canales (tratamiento de conductos radiculares, TCR, o tratamiento endodóntico), con el propósito de no extenderse más allá o quedar corto de esa longitud y evitar daño posterior a la pieza dental que se trata.

METODOLOGÍA

Como se ha determinado que su pieza dental va a ser extraída, el procedimiento se hará en esa pieza, previo a la extracción. Este consiste en medir con los aparatos indicados en el párrafo anterior, la longitud de ese diente. Para lograrlo usted tendrá anestesia local suficiente para este procedimiento y para la extracción en la misma cita. Luego de ser anestesiado, se utilizarán los procedimientos convencionales para hacer un tratamiento de conductos radiculares, aislamiento con dique de goma, acceso a la pulpa dentaria y medición con los aparatos indicados para finalmente proceder a la extracción.

Para su seguridad, los procedimientos serán realizados por especialistas en endodoncia que conocen los aparatos que serán utilizados.

¿TENGO OBLIGACIÓN DE PARTICIPAR?

La decisión sobre participar o no en la investigación le corresponde a usted. En el caso de no querer participar o bien querer abandonar, la calidad de la atención que recibirá, no quedará afectada y se seguirán los protocolos médicos habituales de cada departamento. Si decide participar, se le entregará el formulario de consentimiento informado para que lo firme.

Asimismo, los doctores que se encargan de dirigir el estudio *in vivo* de la precisión y fiabilidad de dos localizadores electrónicos de ápice en dientes monorradiculares con pulpa vital y ápices maduros, podrá valorar, en caso de no seguir las instrucciones del estudio, ó por cualquier otro motivo justificado, dar por concluida su participación sin la necesidad de su consentimiento.

Finalmente, una vez haya concluido su participación, deberá seguir los procedimientos indicados por los doctores para garantizar su seguridad.

¿QUÉ PASARÁ SI ACEPTO PARTICIPAR?

Si decide aceptar participar en el estudio no le supondrá ningún inconveniente. Si desea retirarse del estudio en algún momento del procedimiento debe indicarlo al operador.

¿CÚALES SON MIS OBLIGACIONES?

Las obligaciones consistirán en la colaboración durante el procedimiento. El único defecto es el enlentecimiento en el procedimiento de la extracción. No le supondrá ningún coste económico ni de salud.

¿CUÁLES SON LOS POSIBLES EFECTOS SECUNDARIOS, RIESGOS Y MOLESTIAS ASOCIADOS A LA PARTICIPACIÓN?

Los efectos secundarios, o riesgos relacionados con la participación del paciente consisten en los atribuibles a cualquier extracción. Tales como: dolor pos extracción, hemorragia leve, requerimientos de toma de medicación analgésica, etc. Si es alérgico al látex tendrá que notificarlo para no utilizar diques de goma de látex. Si es portador de marcapasos queda excluido por posible riesgo de interferencia del localizador electrónico de ápices con el dispositivo.

¿CUÁLES SON LOS POSIBLES BENEFICIOS DE PARTICIPAR?

Colaboración con los investigadores en su estudio para contribuir al conocimiento en el campo de endodoncia. Usted no recibirá ningún incentivo económico por participar en el estudio.

¿CÓMO SE VAN A UTILIZAR MIS DATOS DEL ESTUDIO?

Según el art. 3.6 del RD 223/2004, de 6 de febrero, por el que se regulan los ensayos clínicos con medicamentos, el tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal de los sujetos participantes en el ensayo, se ajustará a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.

Los doctores del estudio utilizarán sus datos personales para la administración y dirección del estudio, la investigación y los análisis estadísticos.

Estos datos, no incluyen su nombre ni su dirección, si no que los doctores del estudio le asignarán un número código. Únicamente ellos y su equipo investigador, tendrán acceso a la clave del código que permite asociar los datos del estudio con usted. No obstante, autoridades reguladoras, el comité de ética independiente u otras entidades de supervisión podrán revisar sus datos personales.

Estudio *in vivo* de la exactitud de los localizadores electrónicos de ápice Root ZX® y Raypex 6® en las marcas “apex” y “0.5” e influencia del tamaño del diámetro de foramen mayor en la exactitud de las mediciones.

El objetivo de dichas revisiones es garantizar la dirección adecuada del estudio o la calidad de los datos del estudio.

Debe tener en cuenta que los resultados del estudio podrán aparecer publicados en la bibliografía médica, pero su identidad nunca será revelada.

Mediante la firma de este formulario, aprueba que ha estado informado de las características del estudio, ha entendido la información y los doctores ha aclarado todas sus dudas.

Firma del paciente o la paciente
Nº de cédula o DPI

Fecha de la firma

Firma del investigador o investigadora

Fecha de la firma

Anexo 3. Consentimiento informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Número del estudio: END-ECL-2011-05-NF

Versión del protocolo: 1

Fecha de la versión: 10 de febrero 2012

Fecha de presentación:

Título de la investigación: Estudio *in vivo* de la precisión y fiabilidad de dos localizadores electrónicos de ápice en dientes monorradiculares con pulpa vital y ápices maduros.

Investigador/a Principal: DDS. MsC Kenneth Roderico Pineda Palacios

Investigador/a Secundario/a: DDS: MsC. Saddy Analí Moscoso Quijada

Tutor/a / Monitor/a: PhD. Fernando Durán-Sindreu

Departamento: Endodoncia Facultad Odontología USAC

Línea de investigación: Determinación de la precisión de los localizadores electrónicos de ápices.

Yo, Sr./Sra.:

- He recibido información verbal acerca del estudio y he leído la información escrita que se adjunta, de la que he recibido una copia.
- He comprendido lo que se me ha explicado.
- He podido comentar el estudio y realizar preguntas al profesional responsable.
- Doy mi consentimiento para tomar parte en el estudio y asumo que mi participación es totalmente voluntaria.
- Entiendo que podré retirarme en cualquier momento sin que ello afecte a mi futura asistencia médica.

Mediante la firma de este formulario de consentimiento informado, doy mi consentimiento para que mis datos personales se puedan utilizar como se ha descrito en este formulario de consentimiento, que se ajusta a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.

Entiendo que recibiré una copia de este formulario de consentimiento informado.

Firma del paciente o la paciente

Nº de cédula o DPI

Fecha de la firma

DECLARACIÓN DEL INVESTIGADOR O LA INVESTIGADORA

El paciente o la paciente que firma esta hoja de consentimiento ha recibido, por parte del profesional, información detallada de forma oral y escrita del proceso y naturaleza de este estudio de investigación y ha tenido la oportunidad de preguntar cualquier duda en cuanto a la naturaleza, los riesgos y las ventajas de su participación en este estudio.

Firma del investigador

Dra. Saddy Analí Moscoso

Fecha de la firma

Estudio *in vivo* de la exactitud de los localizadores electrónicos de ápice Root ZX® y Raypex 6® en las marcas “apex” y “0.5” e influencia del tamaño del diámetro de foramen mayor en la exactitud de las mediciones.