

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Departamento de Odontología Conservadora



***Evaluación In Vitro de la precisión de cuatro
diferentes localizadores de ápices: ProPex, ProPex II,
Mini Apex Locator y iPex.***

Máster en Ciencias Odontológicas

Trabajo de Investigación

Autor: Asahi Novoa Valls

Tutor: Vicente Vera Gonzalez

Madrid, 13 de Julio del 2011

EL DR. VICENTE VERA GONZALEZ, PROFESOR TITULAR DEL DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA CONSERVADORA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

CERTIFICA:

Que Dña. Asahi Novoa Valls ha realizado bajo mi dirección el Trabajo de Investigación perteneciente al Máster en Ciencias Odontológicas titulado: **“Evaluación In Vitro de la precisión de cuatro diferentes localizadores de ápices: ProPex, ProPex II, Mini Apex Locator y iPex”** y considero que cumple los requisitos necesarios para ser presentado.

Y para que conste, firmo el presente en Madrid, 13 de Julio del 2011.

Fdo. Dr. Vicente Vera Gonzalez

Quiero dar las gracias al Odontología Conservadora por la oportunidad de aprender que me han dado y, especialmente, a el Dr. Vicente Vera Gonzalez, por su dedicación, ayuda e ilusión en este estudio.

También tengo que agradecer a mi familia y amigos la paciencia, cariño y múltiples atenciones que he recibido durante todo este tiempo.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
<i>1.1. LONGITUD DE TRABAJO</i>	<i>1</i>
<i>1.2 MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE LONGITUD DE TRABAJO</i>	<i>2</i>
<i>1.2.1 RADIOGRÁFICO INTRABUCAL (Periapical)</i>	<i>2</i>
<i>1.2.2 TÁCTIL</i>	<i>2</i>
<i>1.2.3 LOCALIZADORES ELECTRÓNICOS DE ÁPICE</i>	<i>2</i>
<i>1.3. HISTORIA DE LOS LOCALIZADORES DE ÁPICE</i>	<i>3</i>
<i>1.3.1 LOCALIZADORES APICALES DE PRIMERA GENERACIÓN O RESISTENCIA ELÉCTRICA</i>	<i>3</i>
<i>1.3.2 LOCALIZADORES APICALES DE SEGUNDA GENERACIÓN O DE TIPO IMPEDANCIA</i>	<i>4</i>
<i>1.3.3 LOCALIZADORES APICALES DE TERCERA GENERACIÓN O DE DOBLE FRECUENCIA</i>	<i>5</i>
<i>1.3.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS LOCALIZADORES DE ÁPICE DE TERCERA GENERACIÓN</i>	<i>6</i>
<i>1.3.5 LOCALIZADORES APICALES DE CUARTA GENERACIÓN</i>	<i>7</i>
2. JUSTIFICACIÓN	9
3. OBJETIVO	9
4. MATERIALES Y MÉTODOS	10
<i>MUESTRA</i>	<i>10</i>
<i>METODOLOGÍA</i>	<i>10</i>
5. RESULTADOS	13
6. DISCUSIÓN	19

7. CONCLUSIONES

25

8. BIBLIOGRAFÍA

26

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. LONGITUD DE TRABAJO

El éxito del tratamiento endodóntico depende principalmente de la debridación y la obturación hermética del sistema de conductos. Estos objetivos solo pueden cumplirse con una correcta determinación de la longitud de trabajo.

La longitud de trabajo (LC); se define como la distancia comprendida entre un punto de referencia en la corona dental y el límite de constricción apical.¹⁻⁵ además, de la longitud de trabajo debemos realizar la instrumentación, limpieza y obturación del sistema radicular para alcanzar los factores claves del éxito de un tratamiento endodóntico.^{6,7}

Si no se determina con exactitud la longitud de trabajo, el conducto no puede ser limpiado, preparado y obturado debidamente, ocasionando una insuficiencia en la instrumentación y un incorrecto sellado al momento de obturar el conducto radicular y dar como resultado, una sobre obturación (paso de gutapercha mas allá de la constricción apical) o una subobturación (obturación que no alcanza a llegar a la constricción apical).³

Diferentes autores Grove, Blayne, Coolidge, Kuttner y Crane^{2,4} refieren la necesidad de hallar con exactitud la longitud de trabajo del diente para poder realizar una instrumentación adecuada. A su vez hacen referencia la necesidad de prevenir daño en el tejido periapical y a su vez, proveer las mejores condiciones después del tratamiento endodóntico.

1.2 MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE LONGITUD DE TRABAJO

A lo largo de los años se han descrito diferentes métodos de obtención de la longitud de trabajo:

1.2.1 RADIOGRÁFICO INTRABUCAL (Periapical)

Método mediante el cual es difícil determinar la longitud de trabajo con precisión y exactitud, debido a que no se puede identificar la ubicación de la constricción apical, a parte de observar, interferencias de las variables de exposición y angulación que podrían causar alguna distorsión de la imagen y obtener una medida errónea. Por otro lado, este método solo aporta una imagen de tipo bidimensional y no considera las variables anatómicas, lo que puede ocasionar sobre instrumentación, injuria traumática del tejido periodontal y por consiguiente, dolor postoperatorio. El uso de radiografías periapicales son imprescindibles para el diagnóstico, evaluar la calidad de la obturación y realizar controles postoperatorios.⁸

1.2.2 TÁCTIL

Otro método, es a través de la sensación táctil, técnica que requiere de mucha experiencia y la cual, es poco precisa en determinadas situaciones: dientes inmaduros con ápices abiertos, excesivas curvaturas de raíces o en caso de conductos calcificados.⁹

1.2.3 LOCALIZADORES ELECTRÓNICOS DE ÁPICE

Los localizadores electrónicos de ápice (LEA), tienen como propósito, la ubicación exacta del ápice radicular de la manera más precisa y menos invasiva para el paciente. Estos basan sus mediciones, en la diferencia que existe entre la carga eléctrica de los tejidos del ligamento periodontal y cualquier otro punto del interior del conducto, conocido como impedancia. La podemos definir como la relación entre la fuerza eficaz

que actúa sobre un área de un dispositivo mecánico y la velocidad eficaz y lineal resultante a través de tal área. La unidad es el Ohmio mecánico (N seg/m).

Diferentes autores han propuesto el uso de los localizadores electrónicos de ápice como método para determinar con mayor precisión y exactitud la longitud de trabajo.¹⁰

Estos dispositivos en cierta forma reducen la exposición a radiaciones ionizantes del paciente en tratamiento, siendo imprescindibles y de complemento a las radiografías.¹¹

1.3. HISTORIA DE LOS LOCALIZADORES DE ÁPICE

1.3.1 LOCALIZADORES APICALES DE PRIMERA GENERACIÓN O RESISTENCIA ELÉCTRICA

En 1918, Cluster¹² fue el primero en afirmar que el sistema de conductos radiculares podría ser medido a través de una corriente eléctrica. En 1942 Suzuki,⁷ utilizó corriente directa en dientes de perro y describió un dispositivo que era capaz de medir la resistencia eléctrica entre el ligamento periodontal y la mucosa oral, la determinó como una constante de 6.5 Kiloohmios. En 1.962 Sunada,⁶ a raíz de los estudios previos desarrolló el primer dispositivo, surgiendo así la primera generación de localizadores electrónicos de ápices, realizando una serie de estudios en pacientes y describiendo que la resistencia eléctrica entre la mucosa oral y el periodonto era constante sin importar la edad del paciente, la forma o tipo de diente. Como resultado, se desarrollaron los primeros instrumentos para ayuda clínica en la localización de ápice. Para su aplicación y funcionamiento correcto los conductos debían de estar secos, limpios y parcialmente instrumentados en ausencia de humedad, para que funcionara correctamente. En 1987, Huang¹³ describió que este principio no es una característica biológica, sino por el contrario un principio físico.

En 1971, Inoue¹⁴ desarrolló un sistema de lectura sónico utilizando un circuito de retroalimentación transistorizado de ecualizador y amplificador, con una oscilación de baja frecuencia para desarrollar el sonido. Así, surge un dispositivo llamado Sono-Explorer® (Electro-Dent Inc. Cherry Hill, NJ). Inoue encontró, que este era preciso dentro de un rango de +/-0.5mm desde el foramen apical en un 100%. Poseía un indicador audible, para determinar cuando había llegado al punto deseado del conducto radicular. Fueron creados también el C.L. Meter® (Morita internacional Co Chicago IL) y el Neosono® (Amadent, Cherry Hill, New Jersey), estos modelos eran modificación del Sono-explorer. Ambos, contaban con el indicador audible y además el C.L. Meter® tenía un medidor análogo y un indicador de tres vías: un medidor, una alarma audible y una lámpara. ^{14,15}

Esta generación de localizadores bajo el principio de “resistencia eléctrica”, provocaron a menudo mediciones incorrectas, sobre todo en presencia de electrolitos, exudado, tejido pulpar, o en presencia de una excesiva hemorragia. ¹⁶⁻¹⁸

1.3.2 LOCALIZADORES APICALES DE SEGUNDA GENERACIÓN O DE TIPO IMPEDANCIA

Una nueva generación de localizadores fue desarrollada a finales de 1980 para mejorar las deficiencias encontradas en los localizadores de resistencia eléctrica. Esta generación utilizó el principio de impedancia, el cual consiste en un mecanismo eléctrico donde el valor más alto de la impedancia se encuentra en la constricción apical, al ser un tubo largo y hueco desarrolla una impedancia eléctrica que sufre un descenso brusco a nivel del CDC (conducto dentino cementario) y que, en consecuencia, puede medirse eléctricamente. Sin embargo, se cuestionó que este principio pudiese aplicarse a un sistema de conductos con complicaciones anatómicas. ¹⁹

En 1997, Hasegawa²⁰ presentó el Endocarter® (Hygienic Corp, Akron, O), el cual usaba una onda de alta frecuencia de 400KHz para la realización de la medición; mediante la utilización de un electrodo, el cual estaba conectado a una lima y el otro se encontraba conectado al sillón. Este dispositivo era capaz de realizar correctas mediciones en presencia de fluidos dentro del conducto, usando una lima con una cubierta especial, pero esta se deterioraba y se trababa fácilmente en la entrada de los conductos.

1.3.3 LOCALIZADORES APICALES DE TERCERA GENERACIÓN O DE DOBLE FRECUENCIA

A principios de 1990, en un esfuerzo por obtener un dispositivo que fuese capaz de proporcionar mediciones más precisas del sistema de conductos radiculares se introducen los localizadores de frecuencia dependientes o de doble frecuencia. Estos utilizan una tecnología más avanzada midiendo las diferencias de impedancia entre dos frecuencias. Los diferentes puntos de un conducto tienen una impedancia diferente entre las frecuencias altas y las bajas. Sin embargo, según va penetrando la lima en el conducto esta diferencia aumenta y alcanza su valor máximo a nivel de la unión cemento-dentinaria.¹⁶

En 1990, Yamáshita²¹ describió un dispositivo que calculaba las diferencias entre dos impedancias a partir de dos frecuencias distintas y generadas a partir de una misma fuente de poder, fue comercializado como el Endex® (Osada Electronic Co. Tokio, Japón) Este aparato es capaz de dar una medida exacta del conducto radicular aún, en presencia de electrolitos dentro del conducto. El Endex® debe ser calibrado varios milímetros del foramen apical en cada conducto radicular, sobrepasando varios milímetros el foramen apical en cada conducto radicular. El método proporcional mide simultáneamente bajo el concepto de impedancia eléctrica la diferencia entre dos

frecuencias diferentes (1 kHz y 5kHz), calculando el cociente de las impedancias, y expresando este como una posición del electrodo dentro del conducto radicular. Esta medida, se supone que es considerablemente afectada por la condición eléctrica dentro del conducto y puede ser realizada en conductos secos sin ninguna calibración. La pantalla del Endex® es analógica, no tiene auriculares y sensores de ajuste para el volumen y tipo de sonido, funcionando con pilas recargables y un cargador.

En 1991, Kobayashi²² describió el método de radio para medir los conductos radiculares, y este es la base del mecanismo del localizador Root ZX® (J.Morita Corp. Tustin, California). El Root ZX® fabricado por J. Morita Corporation, es un localizador de doble frecuencia o de tercera generación que mide simultáneamente la impedancia del conducto utilizando dos frecuencias distintas (4 kHz y 8 kHz) calculando el coeficiente de impedancia y expresa este cociente en términos de posición de la lima dentro del conducto. Puede utilizarse en presencia de hipoclorito de sodio, sangre, agua, anestésico local y tejido pulpar ya que prácticamente no es afectado por la presencia de electrolitos dentro del conducto. Una de las ventajas de este dispositivo consiste en que no es necesario calibrar este aparato cada vez que es utilizado debido a que posee un microprocesador que es capaz de hacerlo automáticamente.

1.3.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS LOCALIZADORES DE ÁPICE DE TERCERA GENERACIÓN

VENTAJAS

- Permiten la utilización de cualquier tipo de lima.
- Efectúan mediciones con conductos húmedos.
- No hace falta eliminar el contenido total del conducto.
- Facilidad constante y superior a los anteriores generaciones.

- Menor costo en relación con los anteriores generaciones y con el método radiográfico petiapical.
- La media estadística del valor absoluto de desviaciones de la constricción apical es significativamente menor en los localizadores al compararlos con aquel derivado del método radiográfico para conductometría.
- Pueden ser un método para determinar el nivel de las fracturas horizontales.

DESVENTAJAS:

- No se aconseja emplear en pacientes con marcapasos por la posibilidad de interferencias, aunque no se han reportado accidentes con su uso.
- Su uso es limitado en conductos parcialmente calcificados o con coronas protésicas con restauración de muñón metálico.
- No son confiables en dientes con restauraciones metálicas con íntimo contacto con el conducto radicular.
- Aunque es posible su uso en conductos húmedos, no es recomendable que la cavidad pulpar esté inundada con la solución irrigante, con sangre o con otros líquidos.
- La lectura, en dientes con ápice abierto es generalmente errónea.

1.3.5 LOCALIZADORES APICALES DE CUARTA GENERACIÓN

Recientemente han salido al mercado una nueva serie de localizadores. Sus fabricantes afirman que se trata de la cuarta generación de localizadores. El Bingo 1020® (Dent Corp) es similar a los localizadores de tercera generación ya que utiliza dos frecuencias separadas, (0.4khz y 8khz) producidas por un generador de frecuencias variable. Sin embargo, a diferencia de los localizadores de tercera generación, no utiliza ambas frecuencias al mismo tiempo, sino una frecuencia a la vez, de forma alterna. Utilizar una

sola frecuencia a la vez; elimina la necesidad de utilizar filtros para separarlas, estos a diferencia de los de tercera generación previene la presencia de ruidos inherentes a este tipo de filtros y de esta manera se incrementa la exactitud de la medición.²³

Antes de que aparecieran los localizadores frecuencia-dependientes, la exactitud de los localizadores electrónicos de ápice tradicionales era imprecisa y se veía afectada por muchas variables.²⁴ La exactitud dependía más de las habilidades del operador y de las condiciones del conducto radicular tales como la presencia de soluciones electroconductoras. Una de las ventajas que alegan los fabricantes de los localizadores de ápice de doble frecuencia o frecuencia-dependientes es la posibilidad de obtener mediciones correctas incluso en presencia de irrigantes. De acuerdo a recientes publicaciones, la exactitud de los de frecuencia-dependientes es mayor que la de los localizadores de primera o segunda generación.^{25,26,27}

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2. JUSTIFICACIÓN

Ante la nueva generación de localizadores de frecuencia alternante (cuarta generación), cuyo objetivo, es obtener una mayor exactitud en las mediciones de la longitud de trabajo y siendo los estudios de investigación escasos, frente a los localizadores de tercera generación, creemos que es motivo de realizar estudios de investigación .

Diferentes estudios^{25.27} han comparado la fiabilidad de los localizadores de ápices de generaciones anteriores; sin embargo, por el momento, hemos encontrado poca bibliografía que haga referencia a la fiabilidad de los localizadores de cuarta generación.

3. OBJETIVO

El propósito de este estudio es evaluar, mediante un estudio in vitro, la precisión de cuatro LEA de cuarta generación para detectar el foramen y la constricción apical. Para ello utilizaremos los modelos Propex y ProPex II (Dentstplay Maillefer), Mini Apex Locator (Sybronendo) y iPex (NSK).

MATERIALES Y
MÉTODOS

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Utilizamos cuatro modelos de localizadores de ápice: Propex®, Propex II® (Dentsplay Maillefer), Mini apex locator® (Sybronendo) y iPex® (NSK).

Se realizó una búsqueda bibliográfica en la base de datos de PubMed, La Crochane y Medline; realizada en la sala de informática de la biblioteca de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid.

MUESTRA

Fueron seleccionados 40 dientes permanentes extraídos, cumpliendo con los siguientes criterios de inclusión; dientes permanentes, unirradiculares, ápices cerrados, ausencia de fracturas y fisuras, de caries, de calcificaciones pulpares, de conductos accesorios y ausencia de reabsorciones internas, externas o cervicales.

METODOLOGÍA

Los dientes seleccionados para la muestra fueron introducidos y mantenidos en suero fisiológico hasta el momento de su utilización.

La corona de cada diente fue seccionada transversalmente con un disco diamantado a nivel del tercio cervical para facilitar el acceso al conducto radicular y establecer una superficie plana que sirva como punto de referencia inequívoco a la hora de realizar las mediciones. Posteriormente fue realizado el patency (paso de una lima endodóntica de bajo calibre a través del conducto radicular para mantenerlo libre y permeable) a cada diente mediante la introducción de una lima No 10 K-Flexofile® (Dentsply-Maillefer), descartando así toda unidad con conductos calcificados u obstruidos.

Todos los dientes incluidos en el estudio fueron enumerados aleatoriamente del 1 al 40.

Para la realización de este trabajo se contó, con tres operadores entrenadas para realizar el proceso de forma homogénea.

Primero para realizar las medidas de control, fueron realizadas bajo magnificación de 5x con microscopía óptica (Leica MZ12®) **la medida de longitud de control foramen (LF)**, la cual se obtuvo mediante la introducción de una lima No 15 Flexofile en cada conducto radicular hasta visualizar la punta de dicho instrumento atravesando tangencialmente el foramen; a este punto se ajustó el tope de silicona de la lima, la cual fue medida desde dicho tope hasta la punta con un calibrador digital (Pie de Rey Mitutoyo ®). **Posteriormente se le restó a cada medida 0.5mm y se obtuvo así cada longitud control de constricción. (LC).**

Para realizar las medidas de cada localizador electrónico de ápice, se utilizó un modelo de alginato₂₈, en el cual se introducían las raíces de todos los dientes dejando 5mm aproximadamente libre de alginato a nivel coronal. Al comenzar cada medición se debía introducir y fijar el dispositivo labial de cada localizador correspondiente en el modelo de alginato para cerrar el circuito. Los cuatro localizadores fueron utilizados según las indicaciones de los fabricantes .

Para realizar las medidas de cada localizador se utilizaron limas No 15 Flexofile estandarizadas. Se irrigó cada conducto previamente con hipoclorito de sodio al 2.5%. Se eliminó exceso de irrigante con torundas de algodón.

Para el estudio de la medida foramen, la lima fue introducida sutilmente en el interior del conducto, sobrepasando el ápice y luego retirando hasta el aviso de señal de localización a foramen.

Para medir la constricción apical, la lima fue introducida sutilmente en el interior del conducto, sobrepasando el ápice y luego retirando hasta el aviso de señal de localización a 0.5mm del ápice. A cada uno de estos puntos se ajustaba el tope de silicona, se retiraba la lima del conducto, se medía la distancia entre el tope y la punta con el calibrador digital y por último se registraba cada uno en una tabla de datos.

Todos los datos obtenidos, fueron procesados y analizados para el estudio estadístico en el Centro de Apoyo a la Investigación Estadística (CAI) de la Universidad Complutense de Madrid.

RESULTADOS

5. RESULTADOS

Se realizó un estudio estadístico, previa verificación de las pruebas de normalidad, aplicando la *t de student* para datos pareados. Fueron comparadas las medias de cada LEA tanto la medición del foramen como la medición de constricción, con su control respectivo (LF y LC). Obteniendo los siguientes resultados: entre PR-LF hubo diferencias significativas de ($p=0.0005$), entre PR2-LF hubo diferencias significativas de ($p=0.0003$), entre MS-LF hubo diferencias significativas ($p=0.0013$) y entre IPX-LF hubo diferencias significativas ($p=0.0006$), y entre PR-LC hubo diferencias significativas ($p=0.023$); mientras que para PR2-LC no hubo diferencias significativas ($p=0.00502$), entre MS-LC no hubo diferencias significativas ($p=0.057$), y entre IPX-LC no hubo diferencias significativas ($p=0.111$).

Las diferencias de media y desviación estándar, entre los valores obtenidos con cada LEA y LC y entre cada LEA y LF, están reflejados en la tabla 1 y diagrama 1 y 2 de boxplot.

Variable	Mean	Min	Max	SD
PR-LF	-0.34	-1.34	0.99	0.57
PR2-LF	-0.43	-2.17	2.46	0.68
MS-LF	-0.40	-2.22	2.37	0.73
IPX-LF	-0.37	-1.46	1.79	0.62
PR-LC	-0.23	-1.62	1.31	0.59
PR2-LC	-0.22	-2.32	2.55	0.69
MS-LC	-0.20	-2.22	2.05	0.65
IPX-LC	-0.16	-1.18	2.08	0.60

Tabla 1. Diferencia de medias y desviaciones estándar.

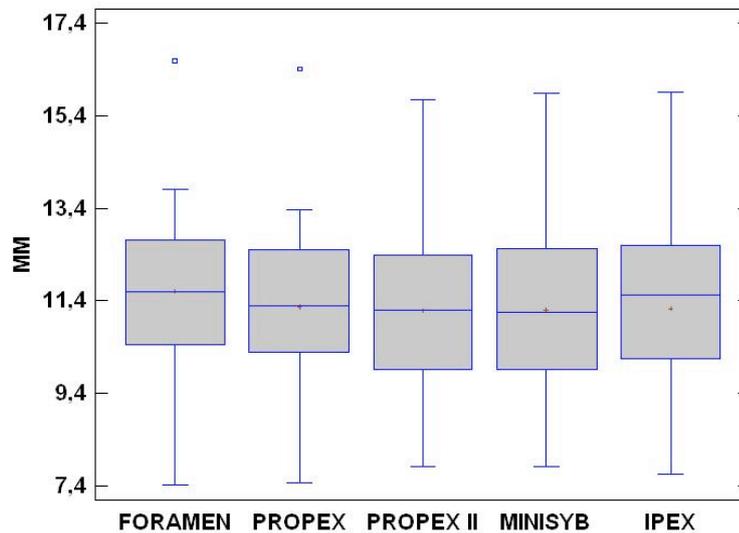


Diagrama 1. Boxplot representando la distribución de datos entre el foramen (LF) y los localizadores de ápice.

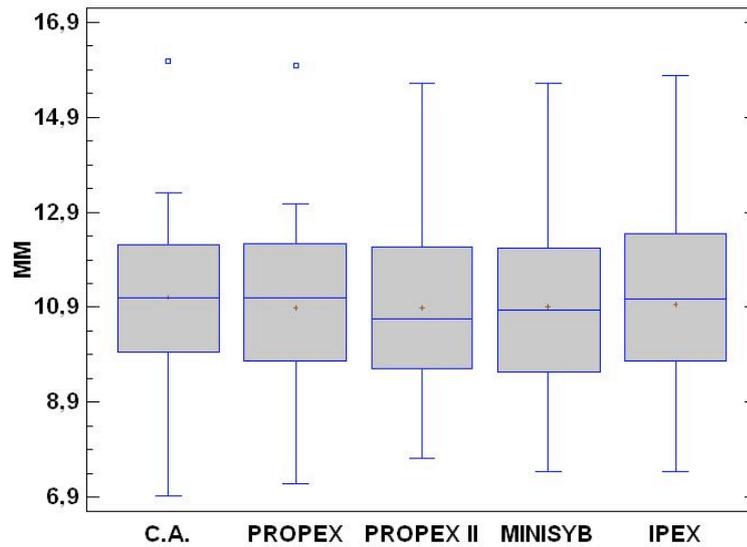


Diagrama 2. Boxplot representando la distribución de datos entre la constricción apical (LC) y los localizadores de ápice.

Estableciendo un rango de error de +/- 0.5mm al momento de localizar la constricción apical, ProPex obtuvo un 56.4%, ProPex II un 66.7%, Mini Apex Locator un 69.2% y Ipex un 59% . (Tabla 2)

Dif(mm)	PR-LC	PR2-LC	MS-LC	IPX-LC
<= -1.0	5	2	2	2
-1.0, -0.5	8	8	7	9
-0.5, 0.5	22	26	27	23
0.5, 1.0	3	2	2	4
>=1.0	1	1	1	1
Total	39	39	39	39

Tabla 2. Precisión de cada localizador a diferentes distancias de la constricción apical.

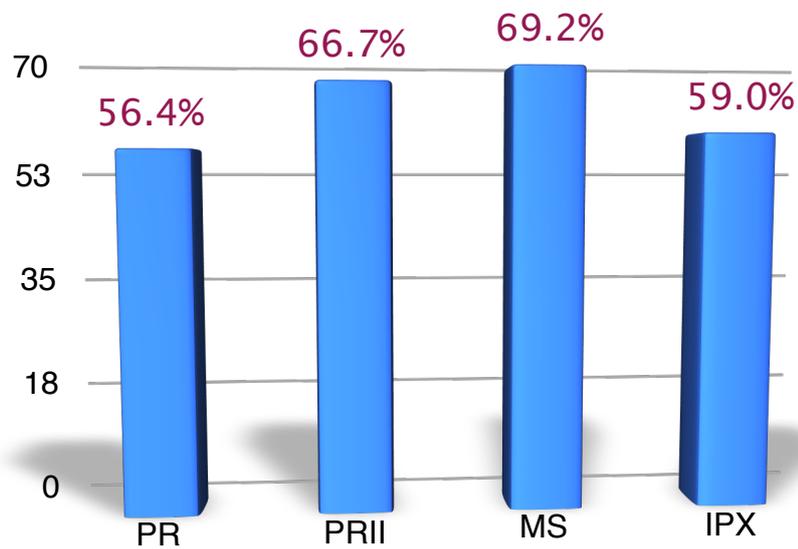


Gráfico 1. Representación de la precisión de cada localizador de ápice en constricción apical, con un rango de error de +/- 0.5mm.

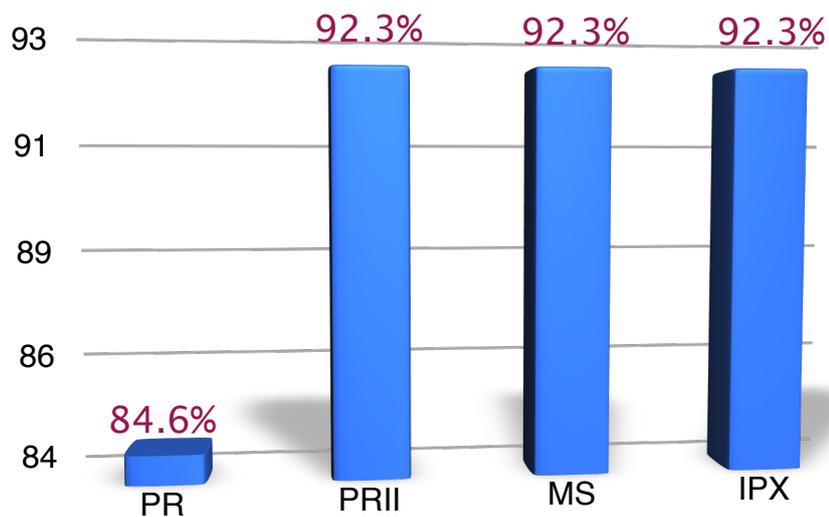


Gráfico 2. Representación de la precisión de los localizadores de ápice en constricción apical, con un rango de error de +/-1mm.

Estableciendo un rango de error de +/- 0.5mm al momento de localizar el foramen apical, ProPex obtuvo un 56.4%, ProPex II un 48.7%, Mini Apex Locator un 48.7% y Ipex un 61.5% . (Tabla 3)

Dif(mm)	PR-LF	PR2-LF	MS-LF	IPX-LF
<= -1.0	6	4	5	5
-1.0, -0.5	9	13	13	8
-0.5, 0.5	22	19	19	24
0.5, 1.0	2	2	1	0
>=1.0	0	1	1	2
Total	39	39	39	39

Tabla 3. Precisión de cada localizador a diferentes distancias del foramen.

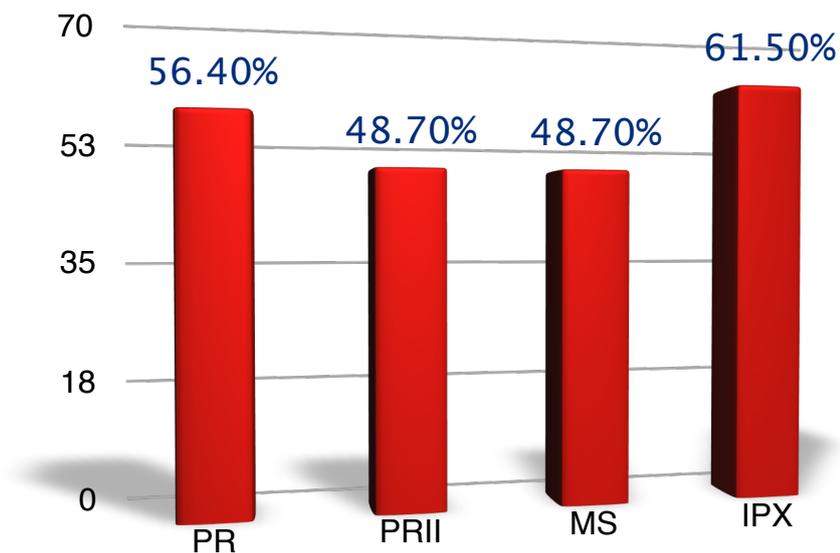


Gráfico 3. Representación de la precisión de los localizadores de ápice en foramen, con un rango de error de +/- 0.5mm.

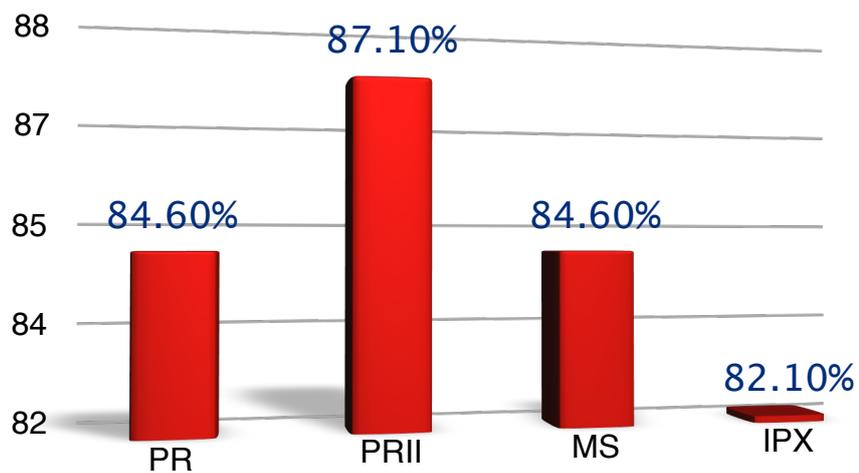


Gráfico 4. Representación de la precisión de los localizadores de ápice en foramen, con un rango de error de +/-1mm.

DISCUSIÓN

6. DISCUSIÓN

El uso de localizadores electrónicos de ápices es una herramienta imprescindible en el campo de la endodoncia al determinar la longitud de trabajo.⁸⁻¹⁰ La longitud de trabajo ideal debe coincidir en lo posible con la estructura anatómica de la raíz llamada constricción apical.^{1,3} Diferentes estudios sobre la anatomía de los ápices radiculares han encontrado que la distancia entre el foramen apical y la constricción apical varía de 0.5 a 1.5mm para todos los tipos de dientes.^{4,15} Por esta razón realizamos la resta de 0.5mm de la longitud de foramen (LF), vista bajo la lupa estereoscópica de cada conducto, y la establecimos como la longitud de trabajo (LC). Igualmente calibramos cada dispositivo para que emitieran su señal de longitud de trabajo a 0.5mm del foramen apical.

Diferentes autores^{29,30} sugieren, que en el momento de realizar la lectura con un LEA, podría aumentar su precisión si se introduce la lima ligeramente más allá del foramen y luego se retrocede hasta los indicadores de foramen y 0.5mm del foramen respectivamente (constricción apical); es por ello, que hemos incluido esta recomendación como parte de nuestra metodología en el presente estudio.

Para establecer la precisión de cada localizador se acordó un rango de error de +/- 0.5mm y +/- 1mm como aceptables.

Los resultados del presente estudio confirman que los LEA pueden determinar con una alta precisión tanto el foramen como la constricción apical dentro de un márgenes de error previamente establecidos.

En referencia a la constricción apical (LC), el Propex obtuvo un 56.4 % +/- 0.5mm de precisión, 13 lecturas cortas y 4 largas, Propex II mostró un 66.7% +/- 0.5mm de precisión, 10 lecturas cortas y 3 largas, el Mini Apex obtuvo un 69.2% +/- 0.5mm de precisión, 9 lecturas cortas y 3 largas y el iPex de NSK obtuvo un 59% +/- 0.5mm de precisión con 11 lecturas cortas y 5 largas. **Si ampliamos este rango a +/- 1mm obtenemos un 84.6% de precisión para el Propex y un 92.3% para el Propex II, Mini Apex y iPex.**

Referente al foramen apical (LF), Propex obtuvo un 56.4 % +/- 0.5mm de precisión, 15 lecturas cortas y 2 largas, Propex II mostró un 48.7% +/- 0.5mm de precisión, 17 lecturas cortas y 3 largas, el Mini Apex obtuvo un 48.7% +/- 0.5mm de precisión, 18 lecturas cortas y 2 largas y el iPex de NSK obtuvo un 61.5% +/- 0.5mm de precisión con 13 lecturas cortas y 2 largas. **Si ampliamos este rango a +/- 1mm obtenemos un 84.6% de precisión para el Propex, 87.1% para el Propex II, 84.6% para Mini Apex y un 82.1% para el iPex.**

Observamos que en nuestro estudio las medidas que estaban por fuera de nuestros límites más estrictos (+/-0.5mm), tendían a quedarse cortas más que largas, tanto al localizar foramen como la constricción apical. Hay que destacar que todas estas medidas, salvo una sola, estuvieron dentro de los valores de +/- 1mm de cada lectura.

Los fabricantes afirman que, el Propex y el Propex II son localizadores de ápices basados en el principio de múltiples frecuencias, capaces de identificar el foramen apical en cualquier condición del conducto radicular, como resultado de la tecnología multifrecuencia. La única diferencia entre ambos es la pantalla multicolor que el Propex II posee. En este estudio no se coincide ciertamente con dichas descripciones, ya que a la hora de detectar el foramen apical con ambos localizadores, aparte de existir

diferencias estadísticamente significativas entre LF y las lecturas de cada uno de estos, no se obtuvieron porcentajes de precisión representativos en un rango estricto de $\pm 0.5\text{mm}$. Al detectar la constricción apical o LC, hubo diferencias estadísticamente significativas entre las lecturas del Propex y las LC y con porcentaje de precisión de 56.4%. Entre Propex II y dichas lecturas, no hubo diferencias estadísticamente significativas, obteniendo a su vez un porcentaje más representativo (66.7%) que el obtenido con las lecturas de foramen.

Si comparamos los resultados de Propex y Propex II, encontramos diferencias entre ambos, difiriendo nuevamente con el fabricante, lo que quizás se deba a una mejor visualización de la lectura en la pantalla por parte del operador en el Propex II.

El Mini Apex Locator es descrito por el fabricante, como un nuevo dispositivo de tamaño compacto, resistente y duradero que utiliza un sofisticado sistema de multifrecuencia y una señal totalmente digital y aumentada, aparte de poseer un cable más corto, fácil operación y mediciones constantemente fiables. En este estudio coincide a medias con lo mencionado anteriormente ya que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p=0.057$) entre sus lecturas y LC, pero si entre sus lecturas y las LF ($p=0.0013$), coincidiendo con un aceptable porcentaje de precisión 69.7% dentro del rango más estricto para constricción apical, mientras que solo con un 48.2% para detección de foramen.

El localizador digital de ápice de NSK asegura gran exactitud en todas las condiciones de los conductos y elimina los problemas que aparecen en otros localizadores de ápice que usan señales análogos. Gracias a la tecnología software de medición de multifrecuencia, el iPex de NSK filtra las señales irrelevantes que pueden aparecer en conductos curvados o bajo otras circunstancias extraordinarias. iPex también selecciona

automáticamente las mejores combinaciones posibles de frecuencia al conocer la condición del canal del paciente. En este estudio, se coincide a medias con lo mencionado anteriormente ya que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p=0.111$) entre sus lecturas y LC, pero si entre sus lecturas y las LF ($p=0.0006$), coincidiendo con un aceptable porcentaje de precisión 59% dentro del rango más estricto para constricción apical, mientras que solo con un 61.5% para detección de foramen.

En la revisión de la literatura de estudios previos de Propex solo se encontraron 6 in vitro con resultados satisfactorios mientras que solo se encontró un estudio realizado in vivo.

Plotino & cols²⁹ compararon la precisión de tres diferentes localizadores de ápices en constricción apical, dentro de ellos el Propex obtuvo a diferencia de nuestro estudio un 100% de precisión +/- 0.5mm y gran parte de sus lecturas (64.1%) tendían a la sobre extensión (largas). Goldberg y cols³⁰ evaluaron la precisión del ProPex, NovApex y Root ZX mediante la determinación de la longitud de trabajo durante los procedimientos de retratamiento. no evaluaron determinación de foramen, solo constricción. Encontraron que ProPex, a diferencia de nuestro estudio, obtuvo un 80% de precisión +/- 0.5mm mas no hace referencia alguna en que porcentaje queda sobre extendida o corta la lectura de dicho localizador. Golberg y cols³¹ evaluaron la precisión de ProPex, NovApex y Root ZX al localizar el foramen simulando fracturas horizontales oblicuas, Propex, a diferencia del nuestro, mostró un 80% +/- 0.5mm de precisión con tres lecturas sobre extendidas y una corta. Valencia de Pablo y cols²⁷ evaluaron la precisión de Root ZX y ProPex, con este último a discrepancia del presente estudio se obtuvo un 38% de precisión +/- 0.5mm y refieren 8 lecturas sobre extendidas.

Jung y cols₃₂ evaluaron la precisión de Propex y de otros 6 bajo la presencia de diferentes soluciones electro conductoras y tamaños de forámenes, más no evalúan precisión en la constricción apical.

Fan y cols₃₃ realizaron un estudio donde igualmente evaluaron la precisión del ProPex pero en este caso bajo la presencia de diferentes soluciones irrigadoras dando resultados muy positivos. Aunque concluyen que este tiende a decrecer su precisión en contacto con fluidos electro conductoras. Ozsezer y cols₃₄ coinciden con el estudio anterior al obtener resultados similares realizados in vivo.

Para el Propex II, solo se encontró un estudio realizado por Briseño-Marroquin y cols₃₅ en el cual evaluaron la precisión de este y tres localizadores más de acuerdo al diámetro del instrumento utilizado para realizar la lectura al momento de localizar el foramen fisiológico. El ProPex II mostró resultados similares al presente estudio obteniendo un 83% +/- 0.5mm. No se hace referencia a medidas cortas o largas. No hallaron diferencias significativas entre los resultados obtenidos utilizando los diferentes diámetros de instrumentos.

Para el Mini Apex Locator, Assunção y cols₁₀ evaluaron la precisión de este localizador obteniendo un 100% de precisión +/- 0.5mm sin señalar las medidas cortas o sobre extendidas. Camargo y cols₃₆ compararon la influencia del preflaring en la precisión del Mini Apex Locator y otros tres dispositivos, concluyeron que su precisión al determinar la longitud real de un conducto incrementa significativamente después de realizar procedimientos de preflaring. No refieren que la longitud real sea la constricción apical, solo mencionan que dicha longitud es a 1mm del foramen apical. Siu y cols₃₇ evaluaron y compararon la precisión del Mini Apex al localizar la longitud de trabajo

usando instrumentos de nickel-titanium (NITI), obteniendo un 39.29% +/- de precisión en constricción apical.

M.R Leonardo y cols₃₈ evaluaron la precisión del Mini Apex Locator en dientes primarios con diferentes estadios de reabsorción fisiológica radicular y concluyeron que este dispositivo era preciso al localizar el foramen apical en dientes primarios unirradiculares y multirradiculares con o sin reabsorción fisiológica radicular.

Para el iPex de NSK, solo se encontraron 3 artículos, 2 de tipo in vitro y un in vivo.

De Vasconcelos BC y cols₃₉ evaluaron la precisión del iPex junto con otros dos localizadores de ápice en foramen apical y a 1mm del foramen. Obtuvieron resultados muy similares al nuestro con un 76.37% al localizar el foramen apical; y a parte un 97.4% al localizar a 1mm del foramen apical.

Nelson-Filho P y cols₄₀ evaluaron la precisión del iPex locator en molares primarios. Obtuvieron una precisión del 99% con o sin reabsorción fisiológica.

Stober E y cols₄₁ evaluaron la precisión de iPex en un estudio in vivo, en el cual obtuvieron un 57.8% de precisión +/- 0.5mm de error y un 100% +/- 1mm de error. Coincidiendo así con los resultados de nuestro estudio.

CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES

- Los cuatro localizadores de ápices estudiados demostraron ser suficientemente eficaces y precisos para ser utilizados como complemento de trabajo a la hora de detectar la "constricción apical" y el "foramen apical", y en consecuencia el hallazgo de la longitud de trabajo dentro de un tratamiento de conducto.
- Todos los LEA estudiados fueron más precisos al detectar la constricción apical que el foramen apical.
- En comparación el Propex II, el Mini Apex Locator y el iPex demostraron ser más precisos en la determinación de la constricción apical, obteniendo valores de precisión de 92.3% +/- 1mm de error en los tres dispositivos. siendo el menos preciso el Propex con 84.6% +/- 1mm de error.
- En la determinación del foramen apical, el Propex II demostró ser más preciso con 87.1% +/- 1mm de error. y el iPex demostró ser el menos preciso con 82.1% +/- 1mm de error.
- Sería conveniente ampliar los estudios para incorporar nuevos localizadores de ápice de frecuencia alterna. Así como, unificar criterios en el hallazgo de foramen o constricción apical.

BIBLIOGRAFÍA

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Grove CJ. Why root canals should be filled to the dentinocemental junction. *J Am Dent Assoc* 1930; Febrero: 293-296.
2. Bramante CM, Berbert A. A critical evaluation of some methods of determining tooth length. *Oral Surgery* 1974;37:463-473.
3. Paratten D, Mc Donald N J. Comparison of radiographic and electronic working lengths. *J Endod* 1996;22:173-76.
4. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. *J Am Dent Assoc* 1955;50:544-52.
5. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int J* 1998;31:394-409.
6. Akisue E, Gavini G and Poli de Figueiredo J. Influence of pulp vitality on length determination by using the elements diagnostic unit and apex locator. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;104:e129-132.
7. Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. *Japanese J of Stomatology* 1942;16:411-29.
8. Bernades R, Duarte M, Vasconcelos B, Morales I, Bernrdineli N, Garcia R, Baldi J, Victorino F, Bramante C. Evaluation of precision of length determination with 3 electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex locator, and RomiAPEX D-30. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;104:e9-e94.
9. Shanmugaraj M, Nivedha R, Mathan R, Balagopal S. Evaluation of working length determination methods: An in vivo/ ex vivo study. *Indian J Dent Res* 2007;18:60-62.
10. D'Assuncao F, Santana de Albuquerque D & Correia de Queiroz Ferreira. the ability of two apex locators to locate the apical foramen: An in vitro study. *J Endod* 2006;32:560-562.
11. Frank AL, Torabinejad M. An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. *J Endod* 1993; 19:177-9.
12. Cluster L. E. Exact methods of locating the apical foramen. *J Natl Dent Assoc.* 1918;5:815-9.

13. Huang, L. An experimental study of the principle of electronic root canal measurement. *J Endod.* 1987;13:60-3.
14. Inoue N. An audiometric method for determining the length of root canals. *J Can Dent Assoc* 1973;9:630-6.
15. Green D. stereoscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathology* 1960;13:728-33. Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *J Endod* 1994;20:111-4.
16. Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *J Endod* 1994;20:111-4.
17. Trope M, Rabie G, Tronstad L. Accuracy of an electronic apex locator under controlled clinical conditions. *Endod Dent traumatol* 1985;1:142-5.
18. Ushiyama J. New principle and method for measuring the root canal length. *J Endod* 1983;9:97-104.
19. McDonald NJ. The electronic determination of working length. *Dental Clinics of North America* 1992;36:293-307.
20. Pagavino G, Pace R, Baccetti T. A SEM study of in vivo accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *J Endod.* 1998;24:438-441.
21. Fouad AF, Rivera EM, Krell KV. Accuracy of the Endex with variations in canal irrigants and foramen size. *J Endod.* 1993, 19: 63-7.
22. Kobayashi C, Matoba K, Suda H, Sunada I. New practical model of the division method electronic root canal length measuring device. *J Jpn Endodon Assoc* 1991;12:143-8.
23. Kaufman A. Y, Keila S & Yoshpe M. Accuracy of a new apex locator: an in vitro study. *Int Endod J* 2002;35,186-192.
24. Wu YN, Shi JN, Huang LZ, Xu YY. Variables affecting electronic root canal measurement. *Int Endod J.* 1992;25:88-92.
25. 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;28:83-85.
26. Jenkins J, Walker W, Schindler W, Flores C. An in vitro Evaluation of the Accuracy of the root ZX in the presence of various Irrigants. *J Endod* 2001;27:209-211.

27. Valencia de Pablo O, Sánchez Díaz C, Tejedor Bautista B, Cisnero Cabello R., Endodoncia 2008;26:140-147.
28. Tinaz AC, Alacan T, Topuz O. A simple model to demonstrate the electronic apex locator. Int Endod J 2002;35:940-5.
29. Plotino G, Grande N, Brigante L, Lesti B, Somma F. Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, Element diagnostic unit and apex locator and Propex. Int J Endod 2006;39:408-414.
30. Golberg F, Briseño Marroquin B, Frajlich S, Dreyer C. in vitro evaluation of the ability of three apex locators to determine the working length during retreatment. J Endod 2005;31:676-678.
31. Golber F, Frajlich S, Kuttler S, Manzur E, Briseño-Marroquin B. The evaluation of four electronic apex locators in teeth with simulated horizontal oblique root fractures. J Endod 2008;31:1497-499.
32. Kang J, Kyo Kim S. Accuracies of seven different apex locators under various conditions. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2008;106:e37-e62.
33. Fan W, Fan B, Gutmann J.L, Bian Z, Fan M.W. Evaluation of the accuracy of three electronic apex locators using glass tubules. Int Endod J 2006;39:127-135.
34. Ozsezer E, Inan U, Aydin U. In vivo evaluation of Propex electronic apex locator. J Endod 2007;33:974-77.
35. Briceño 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;34:698-701.
36. Camargo E, Ordinola R, Medeiros P, Bramante C, Bernardineli C, Brandao R, Gomes I, Húngaro M. influence of pleflaring on the accuracy of length determination with four electronic apex locators. J Endod 2009;35:1300-302.
37. Siu C, Marshall J.G, Baumgarther J.C. 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;35:962-965.
38. Leonardo MR, Silva LA, Nelson-Filho P, Silva RA, Raffaini SG. Ex vivo evaluation of accuracy of two electronic apex locators during root canal length determination in primary teeth. Int Endod J 2008;41:317-321.

39. De Vasconcelos BC, Do Vale Menezes AS, Pinheiro-Junior EC, Vivacqua-Gomes N, Bernardes RA, Hungaro Duarte MA. 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.
40. Nelson-Filho P, Romualdo P.C, Bonifacio K.C, Leonardo M.R, Silva R.A.B. Accuracy of the iPex multi-frequency electronic apex locator in primary molars: an ex vivo study. *Int Endod J* 2011;44: 303-306.
41. Stober E, 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.