



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN  
Y ESTUDIOS AVANZADOS EN ODONTOLOGÍA  
“DR. KEISABURO MIYATA”**

**“Determinación de la longitud de trabajo  
en base a la constricción apical  
empleando Root zx, iPex y Radiovisiografo:  
Un estudio comparativo.”**

**PROYECTO TERMINAL**

**QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE:  
ESPECIALISTA EN ENDODONCIA**

**PRESENTA:**

**C.D. Elisa Orozco Anaya**

**DIRECTOR:**

**E. en E. BRISSA I. JIMÉNEZ VALDES**

**ASESOR:**

**DR. en C.S.P. ANGEL VISOSO SALGADO**



**TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO; JUNIO DE 2013**

**DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE TRABAJO  
EN BASE A LA CONSTRICCIÓN APICAL  
EMPLEANDO ROOT ZX, IPEX Y RADIOVISIOGRAFO:  
UN ESTUDIO COMPARATIVO**

## ÍNDICE

	Páginas
Introducción	2
Antecedentes	4
Capitulo I. Determinación de la longitud de trabajo.	4
Capitulo II. Factores que determinan la longitud de trabajo.	6
Capitulo III. Dispositivos y materiales para establecer la longitud de trabajo	7
3.1 localizadores de ápice	7
3.2 El Root ZX	9
3.3 El ipex	11
3.4 La radiografía digital	11
Capitulo IV. Factores que afectan la lectura de los localizadores de ápice	14
Planteamiento del problema	16
Justificación	17
Hipótesis	19
Objetivos	20
Diseño metodológico	21
Resultados	27
Discusión	29
Conclusiones	32
Bibliografía	33

## INTRODUCCIÓN

El éxito del tratamiento de los conductos radiculares depende de la limpieza, desinfección y obturación tridimensional del sistema de conductos. Para lograrlo, existen numerosos aspectos de suma importancia entre ellos: la determinación de la longitud de trabajo.

El glosario de terminología de la asociación americana de endodoncia, define la longitud de trabajo –working length- como “la distancia desde el punto de referencia coronario hasta el punto en el que la preparación y la obturación del conducto deberían terminar”.<sup>1</sup>

El establecimiento de la longitud de trabajo es un paso básico, pero crítico en el desbridamiento de los conductos radiculares. El método radiográfico convencional es más comúnmente utilizado en la determinación de la longitud en la terapia endodóntica.<sup>2</sup> Se establece como longitud de trabajo a aquel instrumento que se encuentre entre .5 y 1 mm respecto al ápice radiográfico.<sup>3</sup>

La radiografía digital se ha convertido en muy popular y desde principios de 1990 una serie de estudios han comparado las radiografías periapicales convencionales con las radiografías digitalizadas. Sanderink *et al* concluyeron que la radiografía digital directa (DDR) utilizando el sistema de radiovisiografía (Trophy, París, Francia) fue comparable con la radiografía convencional para determinar la longitud del canal radicular con el tamaño de los archivos ISO 15.<sup>4</sup>

Localizar la posición adecuada del ápice siempre ha sido un reto en la endodoncia clínica. La unión cemento dentina, es donde el tejido pulpar cambia dentro del tejido del tejido apical. Es el más ideal límite fisiológico apical de la longitud de trabajo.<sup>5</sup>

La constricción apical de la raíz no siempre coincide con el ápice anatómico. Se desvía linguo-bucal o mesio-distal de la raíz. Si la salida se desvía buco-lingual, es muy difícil de localizar con precisión la posición del foramen apical mediante radiografías solamente, incluso con ángulos multidireccionados. Con frecuencia, una lima debe ser insertada en el conducto para forzarla a través del foramen apical, a fin de que la salida pueda ser verificada.<sup>5</sup>

## ANTECEDENTES

### I. Determinación de la longitud de trabajo.

La longitud de trabajo se define en el glosario de endodoncia como la distancia de un punto de referencia coronal hasta el punto en el que la preparación del conducto y obturación deben terminar.<sup>6</sup>

Una de las controversias en endodoncia que sigue sin resolverse es el límite apical del tratamiento de endodoncia y obturación. Los primeros estudios identifican la unión cemento dentinaria como el límite apical para obturación. Sin embargo, este punto histológico de interés no se puede determinar clínicamente, y se ha encontrado que es irregular dentro del conducto.<sup>7</sup>

El éxito endodóntico predecible exige la determinación exactitud en la determinación de la longitud de trabajo, y una estricta adherencia a la longitud de la preparación del espacio del conducto radicular con el fin de crear una pequeña zona de herida y una buena condición de cicatrización.<sup>8</sup> Una longitud de trabajo precisa reduce la posibilidad de una limpieza insuficiente de la totalidad del conducto radicular o el daño a los tejidos periapicales por sobreinstrumentación. La anatomía apical decide la terminación de la instrumentación del conducto radicular.<sup>9</sup>

La determinación de la longitud de trabajo se ha realizado por sensación táctil (Seidberg et al. 1975), el uso de una punta de papel (Marcos-Arenal et al. 2009), localizadores apicales electrónicos (Gordon & Chandler 2004) y más comúnmente el uso de radiografías (Ingle 1957). Varios límites apicales se han sugerido para la preparación del conducto radicular, incluyendo la unión cemento-dentinaria, la constricción apical, foramen apical y el ápice radiográfico.<sup>10</sup>

El uso de puntas de papel que muestren sangrado en su porción más apical. Es una técnica que presentan varios defectos.<sup>1</sup>

La percepción táctil a causa de la simplicidad de la técnica y su efectividad virtual motiva a algunos clínicos de la práctica endodóntica para seguir usando esta técnica. Sin embargo, esta es, en general, inexacta en conductos radiculares con el ápice inmaduro, curvatura excesiva y si el conducto se estrecha a lo largo de su longitud. Los resultados de un estudio en 2007 indican (M. Shanmugaraj et al) indican que el uso exclusivo de método táctil es generalmente bajo debido a su falta de fiabilidad (33,3%).<sup>11</sup>

Los dentistas rutinariamente usan la radiografía para determinar la longitud de trabajo, la cual es idealmente igual a la distancia del punto de referencia de la corona a la constricción apical o foramen menor. Tradicionalmente una lima de endodoncia se coloca 1 o 2 mm corto del ápice radiográfico, donde la localización no necesariamente coincide con el ápice anatómico.<sup>12</sup> Aunque la técnica clásica para la determinación de la longitud de trabajo es la técnica radiográfica, esta provee únicamente una imagen bidimensional de un objeto tridimensional, dicha técnica también es muy sensitiva y depende por completo de la experiencia del operador.<sup>1</sup> La precisión del método radiográfico es influenciado por diferentes factores.<sup>10</sup> Antes del tratamiento de conducto se requiere al menos una radiografía sin distorsiones para la Evaluación de la morfología del conducto. La extensión apical de la instrumentación y la obturación final del conducto tienen un papel en el éxito del tratamiento, y son principalmente decididas radiográficamente.<sup>13</sup>

La determinación de la longitud de trabajo electrónica del conducto radicular se ha convertido cada vez más popular, ya que elimina muchos de los problemas asociados con los métodos radiográficos. Su más importante ventaja sobre método radiográfico es que se puede medir la longitud del conducto radicular hasta el final de la unión cemento dentinaria. Es más preciso, fácil y rápido, sin

requisitos de exposiciones a los rayos X. Sin embargo, su precisión está influenciada por condiciones eléctricas del canal, y es inexacta en dientes con ápice muy abierto y conductos calcificados.<sup>11</sup>

## **II. Factores que determinan la longitud de trabajo.**

El concepto clásico de la anatomía radicular apical es que existen tres puntos de referencia anatómicos e histológicos a saber, la constricción apical, la unión cemento-dentinaria y el foramen apical. La anatomía del ápice de la raíz tal como se describe por Kuttler muestra que el conducto radicular se estrecha a partir de los orificios de los conductos hacia la constricción apical que es generalmente 0.5-1.5 mm dentro de la foramen. Por lo general, se considera que es la parte del conducto radicular con el diámetro más pequeño. Es el punto de referencia más utilizado por los dentistas como la terminación apical para los procedimientos de conformación, limpieza y obturación.<sup>14</sup>

De acuerdo con Ricucci y Langeland, la constricción apical es la parte más estrecha del conducto con el diámetro más pequeño de suministro de sangre. Este punto de referencia anatómica puede ser llamado el diámetro menor del conducto. El diámetro menor representa la transición entre la pulpa y el tejido periodontal, que se encuentra en el intervalo de 0,5 a 1,0 mm desde el agujero externo o diámetro mayor de la superficie de la raíz.<sup>6</sup>

En 1955, Kuttler realizó el estudio microscópico anatómico más completa de la punta de la raíz. Estudió varios miles de dientes. Muchos estudios han seguido y apoyado las conclusiones de Kuttler.<sup>6</sup> Los estudios clásicos realizados por Kuttler y Green, han demostrado que el foramen apical coincide con el foramen anatómico en menos del 50% de las veces.<sup>1</sup> Kuttler afirma que la medida de la constricción apical (diámetro menor) es 0.524 a 0.659 mm coronal al foramen apical (ápice mayor). Es en esta constricción apical la unión cemento dentinaria puede existir. Idealmente el material de obturación debe terminar en esta unión y

un localizador de ápice electrónico efectivo debe medir esta unión cemento dentinaria.<sup>1</sup>

### **III. Dispositivos y materiales para establecer la longitud de trabajo**

#### **3.1 Localizadores de ápice**

Muchos estudios han sido conducidos para determinar la eficacia y consistencia de los diferentes localizadores de ápice. Estos estudios examinan la relación de la medida de la lima a la constricción apical (diámetro menor), al foramen, el ápice radiográfico, y ápice anatómico.<sup>15</sup>

La idea de utilizar localizadores eléctricos nació en 1918 cuando Custer, fue pionero con la tecnología disponible en ese tiempo e introdujo un nuevo enfoque eléctrico para la localización de la terminación del conducto, que era dependiente del factor de conductividad eléctrica de los tejidos que rodean el ápice radicular siendo mayor que la conductividad en el interior del sistema de conductos radiculares. El notó que esta diferencia en los valores de conductividad se pudo detectar más fácilmente si el conducto estaba seco o lleno de un líquido no conductor, tal como el alcohol.<sup>16</sup> En 1942 Susuki condujo experimentos de iontoforesis con nitrato de plata y amonio en perros, utilizando corriente directa y descubrió que la resistencia a la electricidad entre el ligamento periodontal y la mucosa oral tenía un valor constante de 6.5 kilo omegas. Sunada en 1962 introdujo este principio al área clínica, el probó que según los resultados obtenidos por Susuki, sería posible diseñar un aparato para medir la longitud del conducto. Sunada inventó un Nuevo dispositivo electrónico para localizar el ápice radicular para la medición de la longitud de trabajo. Desde entonces, numerosos dispositivos han sido introducidos en el mercado que son más exactos y aparecieron para superar algunos problemas encontrados en los dispositivos iniciales.<sup>17</sup>

A través de la década de 1970, las mediciones de frecuencia se midieron a través de la reacción de un bucle oscilador de calibración en la bolsa periodontal de cada diente. Esto culminó con los esfuerzos de Hasedgawa en 1979 con el uso de ondas de alta frecuencia y una lima de recubrimiento especial que podía dar registros en fluidos conductores. En 1983, Ushiyama introdujo el método de gradiente de voltaje donde un electrodo bipolar concéntrico mide la densidad de corriente evocada en un área limitada del conducto. El máximo potencial se alcanzó cuando el electrodo se encontraba en la constricción apical.<sup>8</sup> La primera generación de localizadores de ápice se basaba en la resistencia, mientras que la base de la segunda generación se basó en la impedancia. El principal defecto de ambos tipos (que correspondía a una mala precisión con electrolitos) fue superado por la introducción de localizadores apicales de tercera generación, tales como el Root ZX (J Morita Corp, Tokio, Japón).<sup>18</sup> Una Cuarta Generación localizador de ápices se introdujo con Elements Diagnostic Unit, el Localizador Apex (SybronEndo), y Bingo 1020/Ray-X4.<sup>7</sup> Los localizadores de cuarta generación utilizan dos frecuencias separadas 400 Hz y 8 kHz similar a las unidades actuales de tercera generación. Los fabricantes afirman que la combinación del uso de una sola frecuencia a la vez y los valores medios de cuadrados de la raíz de las señales aumenta la precisión de la medición y la fiabilidad del dispositivo.<sup>13</sup>

Un localizador de ápice, normalmente tiene cuatro partes: el clip labial, el clip de la lima, el propio instrumento, y un cable de conexión de las otras tres partes. Una pantalla indica el avance de la lima hacia el ápice.<sup>7</sup> Los localizadores de ápice alertan al odontólogo en su pantalla y / o por medio de sonidos audibles cuando una lima de endodoncia alcanza la constricción apical. Muchos estudios han demostrado que los localizadores actuales son bastante exactos.<sup>19</sup>

La última generación de localizadores de ápice tiene muchas ventajas en comparación con los dispositivos anteriores. Por desgracia, muchos dispositivos son inexactos en conductos radiculares que contienen, el tejido de tejido pulpar vital, sangre, y otros exudados.<sup>20</sup>

En 1998 se realizó un estudio in vitro de Hanni F. Ounsi y Gaby Haddad. El objetivo del estudio fue comparar la precisión y confiabilidad del endex con la sensación táctil y la radiografía. Estos resultados mostraron que la radiografía es más precisa un 97.06% que el dispositivo de medición electrónica 84.56% (at+-0.5 mm).<sup>21</sup>

El sistema electrónico de localizador de ápices es uno de los avances que llevaron a la ciencia electrónica a la práctica endodóntica tradicionalmente empírica.<sup>22</sup> Las ventajas de los localizadores de ápice es que reducen el número de radiografías necesarias para la determinar la longitud de trabajo. Algunos odontólogos obtienen la longitud de trabajo solo con los localizadores, otros toman solo una radiografía para verificar y confirmar la medida. De esta manera, el número total de radiografías necesarias se reduce de manera considerable, y al mismo tiempo, disminuye la exposición del paciente a la radiación emitida por los aparatos de rayos X. Mayor precisión que el método radiográfico para localizar el foramen apical. Tienden a emplear menos tiempo que las radiografías convencionales, por lo tanto el procedimiento que será más corto. Disminuye la confusión en caso de piezas dentarias multiradiculares.<sup>1</sup>

Pratten y McDonald y Cianconi *et al* han demostrado que los localizadores electrónicos proporcionan una estimación más precisa de la longitud de trabajo que el radiovisiografo.<sup>18</sup>

Recientemente, localizadores apicales electrónicos fueron introducidos miniaturizados por SybronEndo y MedicNRG, Kibutz Afikim, Israel (el Apex NRG277, 278).<sup>7</sup>

### **3.2 El Root ZX**

En 1991 Kobayashi y Suda desarrollaron un localizador de ápice electrónico, Root-ZX (J. Morita Co., Tustin,CA) que se basa en el método radio para medir la

longitud del conducto, que es el mecanismo básico de trabajo de este localizador.<sup>4</sup> Este método mide simultáneamente los valores de impedancia en dos frecuencias (8 kHz y 0,4) y calcula un cociente de impedancias. Este cociente se expresa como una posición de la lima en el conducto.<sup>20</sup> Este localizador trabaja en presencia de electrólitos y sin electrólitos y no requiere calibración. En estudios in vivo han demostrado el Root ZX es exacto en la localización del diámetro menor a 1 mm.<sup>23</sup>

El Root ZX (J. Morita Mfg Corp, Kioto, Japón) tiene una precisión reportado que van desde 82% a 100%. Un estudio realizado por Shabahang *et al.* en 1996 encontró que el localizador Root ZX es 96,2% eficaz en la determinación de la ubicación del foramen apical a dentro de +/- 0.5 mm cuando se usa de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. En 1999 Ounsi y Naamán encontraron que Root ZX tenía una precisión de 84.72% de +/- 0,5 mm del foramen apical. El Root ZX II (RZX) es la versión actualizada de J. Morita de la Root ZX original con componentes electrónicos originales que se utilizan con la adición de una nueva carcasa externa.<sup>24</sup> Se le incorporo una doble frecuencia de la corriente alterna. (Nekoofar et al. 2006).<sup>25</sup>

La principal ventaja de este aparato es que proporciona mediciones precisas incluso en la presencia de sangre, pus, o tejido pulpar, con una fiabilidad que oscila entre 80%-95%. A pesar de que es en gran medida fiable, los localizadores de doble frecuencia podrían producir medidas erróneas en determinadas situaciones clínicas, incluyendo caries subgingivales, fractura de la raíz, y los dientes con un foramen apical amplio o un ápice inmaduro. Un número de estudios informó que a medida que aumenta el diámetro del foramen apical, la precisión de los localizadores disminuye.<sup>26</sup>

### **3.3 El iPex**

El localizador de ápice iPex (NSK, Tochigi, Japón) se afirma que es un localizador de cuarta generación, pero su precisión se ha evaluado mayormente in vitro. La cuarta generación localizadores apicales miden la capacitancia y la resistencia al mismo tiempo para determinar la ubicación de la punta de la lima en el conducto.<sup>18</sup>

### **3.4 La radiografía digital**

Las radiografías en odontología se produjeron en 1899. Sin embargo, la idea en ese momento era que la pulpa dental se extiende a través del diente, más allá del orificio apical, en el tejido periapical y que la porción más estrecha del diente era en el extremo del ápice. En la década de 1920, Blaney y Coolidge ofrecen información que indicaba que llenar un poco por debajo del ápice radiográfico dio los mejores resultados.<sup>6</sup>

Los avances tecnológicos han dado lugar a la introducción de radiología digital, con muchos beneficios potenciales en la práctica endodóntica (Mouyen et al.1989, Shearer et al. 1990, Horner et al. 1990, Shearer et al.1991, Furkart et al. 1992, Soh et al.1993). El primer sistema comercial integrado de imagen digital radiovisiografía ( Trophy Radiologie, Vincennes, Francia), implica el uso de un sensor intraoral, en lugar de una película de rayos X convencional. El radiovisiografo permitió una reducción sustancial en la duración de los procedimientos de endodoncia, la función de zoom tiene el potencial de mejorar el rendimiento diagnóstico de las áreas de aumento como la zona apical (Duret et al.1988). Mediante la medición afluente de la longitud del conducto radicular, se demostró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las imágenes proporcionadas por un sensor rígido tal como Radiovisiografo y la película convencional (Shearer et al.1990).<sup>27</sup>

Los sensores de estado sólido intraorales de primera generación utilizan la tecnología CCD. Numerosos inconvenientes existían con estos sensores. Actualmente los sistemas disponibles han trabajado en torno a estos inconvenientes, que incluyen, entre otros, un área activa relativamente más pequeña, voluminosidad, y la eficiencia de absorción y la conversión inferior de la radiación incidente. Estos sensores de estado sólido utilizan una matriz de elementos sensibles a la radiación o sensible a la luz que cuantifica la intensidad de la radiación incidente (rayos X o luz), generando una carga eléctrica proporcional que luego se lee como un voltaje. Estas lecturas se transfieren después a un convertidor analógico-a-digital en el conjunto de bastidor-capturador. Una vez digitalizado, estas señales se convierten en señales analógicas para su visualización en el monitor. Para mejorar la eficiencia del sensor y reducir la dosis de radiación, una capa de centelleo, tal como un material de fósforo, se añade a la superficie de la matriz de los detectores para facilitar la conversión de los rayos X a la luz incidente. Esta capa se pinta en el chip CCD, o se coloca sobre el CCD con conexión de fibra óptica. Los tamaños del sensor varían y están disponibles en tamaños comparables a los de # 0, 1 y 2 de la película intraoral, con áreas activas se acercan dimensiones similares.<sup>22</sup> Una variante de tal tecnología radiológica digital se basa en la lectura de una placa reutilizable previamente expuesta a los rayos X a partir de un generador convencional. Este tipo de radiografía digital es conocido como el sistema de almacenamiento de fósforo fotoestimulante (PSP) (Digora, Soredex, Orion Corporation, Helsinki, Finlandia). La mayor parte de la energía de la radiación del generador convencional se mantiene en la superficie de la placa; un escáner se utiliza a continuación para leer esta energía, para convertirla en una señal digital que es reconocido por el ordenador y presentada en la pantalla.<sup>27</sup>

La radiografía digital se ha convertido en muy popular, y desde principios de 1990 una serie de estudios han comparado las radiografías periapicales convencionales con las radiografías digitalizadas. Sanderink et al concluyeron que la radiografía digital directa (DDR) utilizando la (RVG) Sistema radiovisiografía (Trophy, París,

Francia) fue comparable con la radiografía convencional para determinar la longitud del canal radicular con el tamaño de los archivos ISO 15, pero inferior a las imágenes convencionales cuando el tamaño se utilizaron limas 10.<sup>4</sup> Sin embargo, García et al encontró que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los DDR que utilizan el sistema Sens-A-Ray (AMPAC Dental, Rockdale, Australia) y la radiografía convencional para estimar la longitud de trabajo de endodoncia. Esto también es aplicable al sistema de Digora (Soredex Orion Corporation, Helsinki, Finlandia) de almacenamiento de fósforo fotoestimulables luminiscencia de imágenes.<sup>4</sup>

Los últimos avances en sistemas de imágenes digitales radiográficas han introducido muchos beneficios potenciales para la práctica endodóntica. La generación instantánea de alta resolución de imágenes digitales, la manipulación o el procesamiento de la imagen captada por una mayor diagnóstico rendimiento, la falta de necesidad de reexponer a pacientes para nuevas tomas ; dosis inferior en comparación con la película D-speed con colimación redonda, la facilidad de archivar la información, la transmisión y consulta de larga distancia, menores tiempos de respuesta, la reducción en el tiempo entre la exposición y la interpretación de imágenes y documentación digital de los registros de pacientes son algunas de las ventajas de la radiografía digital. La calidad de la imagen es probablemente de lo más importante en la endodoncia, ya que facilita la interpretación precisa de raíz y morfología del conducto, y en particular la determinación de la longitud del conducto radiográfica.<sup>22</sup>

Tanto las radiografías convencionales y digitales son ampliamente utilizados para la determinación de la longitud de trabajo en procedimientos de endodoncia. La posición del foramen apical, hueso denso y las estructuras anatómicas, la dentina y la deposición de cemento secundario son los principales factores limitantes para la determinación de la longitud de trabajo radiográfica.<sup>28</sup>

La precisión del método radiográfico es influenciado por factores que incluyen el tipo de dientes (ElAyouti et al. 2001, Chen et al. 2011), la posición del foramen apical (Olson et. Al 1991, Blas'kovic'-S'ubat et . otros, 1992), la curvatura de la canal de la raíz (Kim-Park y col. 2003) y la velocidad de la película y la modalidad radiográfica, es decir, frente a lo digital convencional.<sup>10</sup>

#### **IV. Factores que afectan la lectura de los localizadores de ápice.**

Los localizadores de ápice son dispositivos no deben ser considerados sin defectos, debido a diversas variables que afectan su exactitud. Por ejemplo, las raíces inmaduras pueden presentar problemas. Una vez que las raíces maduras (es decir, que formaron un foramen apical estrecho) y los instrumentos son capaces de ponerse en contacto con las paredes del conducto, la precisión de la electrónica localizador de ápices mejora en gran medida.<sup>7</sup>

Algunos investigadores han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre las raíces con tejido vital y necrótico. Debido a la resorción radicular apical es frecuente en los casos con lesiones necróticas apicales de largo estadio, estos investigadores también la conclusión de que la resorción apical no tiene un efecto significativo sobre la exactitud de los localizadores de apicé electrónicos.<sup>7</sup>

Los electrolitos en los conductos radiculares se consideran como uno de los principales factores que afectan a la precisión de las mediciones realizadas por ciertos localizadores de ápice (Fan et al. 2006, Ozsezer et al. 2007). En consecuencia, es importante comprender los efectos de los diferentes irrigantes que se utilizan en el tratamiento de conducto en la precisión de las mediciones realizadas por localizadores de ápice. Se ha evaluado el efecto de diferentes irrigantes sobre la exactitud de los localizadores de ápice (Kaufman et. Al 2002, Fan et al. 2006, Erdemir et al. 2007, Ozsezer et al. 2007). Algunos autores han observado que el tipo de irrigante utilizado influye en la exactitud de los localizadores Root ZX y Propex (Fan et al. 2006, Ozsezer et al. 2007).<sup>29</sup>

Fan *et al.* Evaluaron la exactitud de tres localizadores apicales electrónicos utilizando tubos de vidrio con hipoclorito y EDTA, concluyendo que la exactitud de la Root ZX disminuyó a medida que el diámetro de los túbulos aumenta cuando los túbulos estaban llenos de electrolitos. Los electrolitos en los túbulos disminuyeron la exactitud de Propex cuando el diámetro de los túbulos era grande. Los electrolitos en los túbulos y diámetro de los túbulos no tenían ninguna influencia sobre la exactitud de Neosono Ultima EZ.<sup>30</sup>

En 2013 se evaluó la eficacia de Root ZX y iPex bajo la presencia de hipoclorito al 2.5% y clorhexidina al 2 % Duran *et al* concluyeron que La exactitud de iPex y Root ZX se vio afectada por el irrigante utilizado. Sin embargo, se observaron diferencias significativas entre las lecturas de la iPex y Root ZX, con independencia de si NaOCl o clorhexidina fueron utilizados.<sup>2</sup>

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el curso del tratamiento endodóntico, después de haber completado el acceso adecuado a través de la corona y de haber explorado para buscar los conductos, el acto más importante para asegurar el éxito del tratamiento, es la correcta determinación de la longitud del diente antes de la preparación radicular. El procedimiento para determinar la longitud del diente establece la extensión apical de la instrumentación y el último nivel apical de la obturación del conducto radicular.

La inexactitud en la determinación de la longitud de trabajo, conduce a la perforación apical, a la sobreobturación del conducto radicular y a dolor postoperatorio; o bien, ésta puede conducir a una instrumentación incompleta, así como a una obturación deficiente y sus problemas concomitantes.

Encontrar el método más eficiente para determinar la longitud de trabajo con el menor margen de error es de suma importancia, en la actualidad existen en el mercado una amplia gama de localizadores de ápice electrónicos que nos ayudan a poder establecer esta medición tan importante durante el tratamiento de conductos. El localizador de ápice Root ZX (J Morita Corp, Tokyo, Japan) se considera el estándar de oro contra el cual se evalúan nuevos localizadores, es conocida la eficacia de este localizador de ápice pero no existe aún la literatura suficiente que compare a este localizador con otro de cuarta generación, pero que para el especialista de endodoncia tiene un menor costo y probablemente la misma eficacia, como lo es el iPex (NSK, Tochigi, Japan).

Pregunta de investigación.

¿Qué localizador de ápice es más preciso en la determinación de la longitud de trabajo midiendo la constricción apical durante el tratamiento de conductos Root ZX, Ipex o Radiovisiografo?

## JUSTIFICACIÓN

En la actualidad existen muchos métodos para determinar la longitud de trabajo o conductometría en endodoncia. Es de todos aceptado que la preparación y obturación del conducto debe finalizar a nivel de la unión cemento-dentinaria.

Los localizadores de ápice han atraído una gran atención debido a que estos operan sobre la base de la impedancia eléctrica en lugar de por una inspección visual. Son particularmente útiles cuando la porción apical del conducto es obstruido por ciertas estructuras anatómicas.

En el curso del tratamiento endodóncico, después de haber completado el acceso adecuado a través de la corona y de haber explorado para buscar los conductos, el acto más importante para asegurar el éxito del tratamiento, es la correcta determinación de la longitud del diente antes de la preparación radicular.

La literatura actual aboga por la utilización del uso de localizadores de ápice por ser aparatos confiables pero han presentado varias limitaciones. Con la introducción del radiovisiografo, se ha reducido el tiempo de exposición a la radiación y se optimiza el tiempo para obtener la imagen radiográfica del diente a tratar, pero en la actualidad en endodoncia aún hoy en día se trabaja muy "a ciegas" y aunque seguramente en el futuro se deberá tener menos confianza en la radiografía, actualmente es importante que se combine el criterio clínico del operador con una interpretación racional de la radiografía, para obtener una adecuada longitud de trabajo. Es por esto que conocer los diferentes métodos que existen para la obtención de la longitud de trabajo y saber con certeza cuál es el método más efectivo para determinar donde se encuentra la unión cemento-dentinaria es de vital importancia.

Conocer los aparatos de innovación en endodoncia que nos proporcionan un tratamiento más rápido, eficaz y con altos porcentajes de precisión como lo son los localizadores de ápice, es indispensable en la práctica endodóntica diaria, como especialistas. Existen en el mercado diferentes marcas una de la más conocidas y probadas como es el localizador Root ZX; pero el costo de este localizador de ápice es elevado para los practicantes en endodoncia, de igual manera existen otras marcas con buena eficacia en la determinación de la unión CDC y con menor costo como lo es el localizador de ápice iPex, considerado dentro de la última generación de localizadores de ápice.

## **HIPÓTESIS**

### **Hipótesis de trabajo (Hi)**

El localizador de ápice Root ZX es el más preciso en la determinación de longitud midiendo la constricción apical.

### **Hipótesis nula (Ho)**

El localizador de ápice Root ZX es el menos preciso en la determinación de la longitud de trabajo por medio de la medición de la constricción apical.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

Determinar la longitud de trabajo a través de la medición de la constricción apical utilizando Root ZX, iPex y radiovisiografo para comparar su precisión diagnóstica.

### **Objetivos específicos:**

Determinar la longitud de trabajo con el localizador de ápice Root Zx.

Determinar la longitud de trabajo con el localizador de ápice iPex.

Determinar la conductometría con una radiografía digital (radiovisiografo).

Comparar las mediciones realizadas con el Root ZX, iPex y radiovisiografo para determinar la precisión diagnostica entre ellos.

## DISEÑO METODOLÓGICO

Tipo de estudio: Experimental y prospectivo.

Población o universo: Pacientes que requieren tratamiento de conductos y en consecuencia la determinación de la longitud de trabajo, que acuden a la clínica de endodoncia de la facultad de odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México en el periodo noviembre 2012- febrero 2013.

Criterios de inclusión:

- Pacientes entre 15 y 60 años
- Conducto permeable
- Dientes uniradiculares, raíces palatinas de molares superiores y raíz distal de molares inferiores

Criterios de exclusión:

- Dientes inmaduros o con el ápice abierto
- Dientes con reabsorción interna o externa

Criterio de eliminación:

- Órganos dentarios con calcificaciones
- Perforación del órgano dentario
- Fractura de lima en el ápice

Muestra: Treinta órganos que cumplieran con los criterios del estudio, dientes uniradiculares o molares superiores en raíces palatina y raíz distal de molares inferiores de pacientes, elegidos por conveniencia que necesitaron tratamiento de conductos.

## VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición
Variable dependiente				
La precisión diagnóstica del área de trabajo o precisión en la medición	Aproximación del juicio clínico, mediante la declaración diagnóstica, a los datos que presenta el paciente.	La medición precisa que se arrojará de los diferentes métodos para la determinación de la conductimetría.	Cuantitativa Continua	Mm
Variables independientes				
Localizador de ápice	Instrumento electrónico que opera basándose en la frecuencia, resistencia e impedancia.	Instrumento con el que se tomara la longitud de trabajo, medida en mm	Cuantitativa Continua	Mm
Radiovisiografo	sistema digitalizador de radiografías que permite obtener sus imágenes periapicales	Instrumento con el que se tomara la longitud de trabajo, medida en mm.	Cuantitativa Continua	Mm

## Implicaciones bioéticas

Se les pedirá a los pacientes que firmen el consentimiento informado de la historia clínica utilizado en la clínica de endodoncia de la facultad de odontología, de la Universidad Autónoma del Estado de México y al paciente que cumpla con los criterios de inclusión se le anexara otro consentimiento; informando que es candidato para un proyecto de investigación y pidiendo su consentimiento para colaboración en el estudio; informando por escrito los procedimientos que se realizaran, donde solo se tiene que tomar la longitud de trabajo con dos localizadores de ápice y la toma de radiografía con radiovisiografo, explicando que este procedimiento no implica ningún riesgo para el tratamiento de conductos que se va a realizar.

## Materiales y Método

- Localizador de ápice Ipex (NSK, Tochigi, Japan)
- Localizador de ápice root ZX (J Morita Corp, Tokyo, Japan)
- Radiovisiografo Kodak 5100
- Limas K
- 30 pacientes de la clínica del posgrado de endodoncia UAEMex
- Rayos X (X-mind SATELEC)

Se seleccionó a los pacientes que acudieron a la clínica de especialidad en endodoncia de la facultad de odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México conforme a los criterios de inclusión establecidos.

Una vez que se realizó la historia clínica, pruebas terminas, percusión y sondeo, se procede a la toma de radiografía de diagnóstico, el paciente firmó el consentimiento informado. Se procedió a realizar la siguiente serie de pasos:

1. Aplicación de anestésico tópico (benzocaína) con la técnica anestésica correspondiente a la zona del órgano dentario que se trató usando lidocaína con epinefrina 1:100 000, aislamiento absoluto del campo operatorio con la utilización de la grapa adecuada para el órgano dentario que se trató, con la pieza de mano de alta velocidad y una fresa de bola del no.4 se realizó el acceso coronario.
2. Se procedió con la instrumentación usando técnica crown-down y con una lima 25 se tomó la longitud tentativa con el localizador de ápice root ZX (J de Morita Corp, Tokyo, Japan). Cuando el localizador indicó que estaba a 0.5 mm, 1 mm o 0 se registró la lectura.
3. Se tomó con la misma lima la longitud con el localizador Ipex (NSK, Tochigi, Japan), de igual manera se registrará la lectura en milímetros.
4. Una vez que se verificó la longitud con ambos localizadores se continuó con la toma de radiografía digital con el radiovisiografo (Radiovisiografo Kodak 5100), se archivó la imagen en la carpeta del paciente que se había creado previamente, y se concluyó con el tratamiento de conductos.

5. Una vez que se terminó la endodoncia, se tomó la medida de la distancia entre la lima y el ápice radiográfico de la imagen obtenida con el radiovisiografo, se registraron las tres medidas en un formato de Excel, para posteriormente analizar los datos obtenidos de los 30 pacientes.

## **ANALISIS DE LOS DATOS**

1. Se realizó la estadística descriptiva correspondiente para conocer el comportamiento de nuestras variables de estudio.
2. En función del comportamiento de nuestras variables, se tomó la decisión de realizar una comparación de medias con estadística paramétrica (T student).

Nota: para el análisis estadístico nos apoyaremos del software SPSS en su versión número 20.

## RESULTADOS

En la *Tabla 1* se presenta el análisis descriptivos de los tres instrumentos utilizados para la medición de la localización de la constricción apical, donde se puede observar que el valor mínimo en los tres casos fue de 0, y el valor máximo obtenido fue para el radiovisiografo(4mm) seguido del Root Zx(1mm) y del Ipex(0.9mm). Así también, se puede observar la media o promedio de localización donde el que en promedio tuvo una cercanía mayor a la constricción apical fue el Ipex(0.366mm), seguido del Root Zx(0.5mm), y del Radiovisiografo(0.997mm). Con una variabilidad mayor (desviación estándar) para el Radiovisiografo con 1.154mm, seguido del Root Zx con 0.353mm y del Ipex con 0.251mm.

**Tabla 1. Descriptivas de los valores obtenidos con los localizadores de ápice(Ipex, Root ZX y Radiovisiografo)**

localizadores de ápice n=30	valor mínimo	valor máximo	desviación	
			media	estándar
Ipex	0	0.9	<b>0.366</b>	0.251
RootZx	0	1	<b>0.5</b>	0.353
Radiovisiografo	0	4	<b>0.997</b>	1.154

En la Tabla 2 podemos observar la Diferencia de Medias entre los diferentes instrumentos localizadores de ápice, donde se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar el Ipex con el Root Zx ( $p=0.017$ ) con una media mayor para el Root Zx; así como entre el Ipex y el Radiovisiografo ( $p=0.006$ ) con una media de localización y el mayor para el radiovisiografo (0.997) versus el Ipex (0.366); y diferencias entre el Root Zx y el Radiovisiografo

(p=0.035) con una media de localización mayor para el Radiovisiógrafo (0.997) contra la media del Root Zx (0.5).

**Tabla 2. Diferencia de medias entre los tres localizadores de ápice**

<b>localizadores de ápice n=30</b>	<b>medias</b>	<b>diferencia de medias</b>	<b>Valor de p</b>
Ipex Root Zx	0.366 0.5	-0.1345	0.017**
Ipex Radiovisiografo	0.366 0.997	-0.631	0.006***
Root Zx Radiovisiografo	0.5 0.997	-0.4966	0.035**

\*\*p≤0.05; \*\*\*p≤0.01

## DISCUSIÓN

Se han utilizado diferentes métodos para localizar la posición de la terminación del conducto radicular y la medición de la longitud de trabajo como resultado.<sup>31</sup> De tal forma que existen varios estudios que han reportado la eficacia de diversos localizadores de ápice en la determinación de la constricción apical; sin embargo, varios autores refieren que la determinación exacta de la constricción apical no puede ser determinada.<sup>18</sup> Existiendo, por otro lado, estudios tanto in-vivo como in-vitro, que han demostrado que los localizadores de ápice son extremadamente precisos. Como los realizados por Nahmias *et al*, que describieron un modelo para hacer experimentación in-vitro, y sus resultados demostraron que los localizadores pueden encontrar el foramen apical de una manera más predecible que el método radiográfico.<sup>1</sup>

Por lo que con base en los resultados del presente estudio, podemos decir que ninguno de los tres métodos utilizados para la medición de la constricción apical son del todo precisos, ya que existen diferencias estadísticamente entre los métodos de medición de la longitud de trabajo. Sin embargo, la media de la medición del Root Zx es más cercana a la media de medición de la imagen radiográfica digital (radiovisiografo), además de que el Root Zx fue más preciso en la medición de la constricción apical en comparación con el localizador de ápice iPex. Lo anterior considerando lo establecido por Kim (2004) sobre la tolerancia clínica de  $\pm 0,5$  mm como aceptable. Por lo tanto, las mediciones obtenidas dentro de esta tolerancia son consideradas muy precisas. Sin embargo, algunos autores debido a la falta de frecuencia de una constricción apical bien delineada prefieren dar una tolerancia de error de  $\pm 1$  mm que puede considerarse clínicamente aceptables.<sup>5</sup> Lo que se traduce a que de acuerdo a los resultados obtenidos, tanto el Root ZX y iPex pueden ser considerados como precisos y por lo tanto utilizados para la determinación de longitud de trabajo.

Un estudio realizado en 2009 con dos tipos de localizadores apicales: Root ZX y Raypex 5, que también es considerado un localizador de cuarta generación al igual que el iPex, en este análisis la precisión presentaba una disfunción de los localizadores del ápice de cada sexto paciente y la consistencia de Root ZX fue estadísticamente significativamente mayor que Raypex5, aun cuando esta diferencia no fue clínicamente significativa.<sup>32</sup> Sin embargo, los resultados reportados no son comparables con los del presente estudio, debido a que se utilizaron distintos localizadores de ápice.

En otro estudio realizado en 2010, se comparó in vitro tres localizadores de ápice: dos de cuarta generación (Elements Apex Locator y Precision Apex Locator) y el Root Zx II; donde el análisis de varianza mostró una diferencia altamente significativa entre los localizadores de ápice, y el Root Zx II fue el localizador más preciso para localizar el foramen apical en comparación con los otros localizadores usados en el estudio.<sup>24</sup> Lo que concuerda con los resultados obtenidos en nuestro estudio, donde el Root Zx fue el más preciso de los tres métodos para la determinación de la longitud de trabajo, aun cuando los localizadores utilizados fueron distintos.

En otro estudio, Stober y col. (2011), reportaron resultados que difieren con los obtenidos en el presente estudio: su análisis estadístico no reveló diferencias significativas entre el Root ZX y dispositivos iPex con respecto a su exactitud en la determinación de la longitud del área de trabajo.<sup>18</sup> En el mismo año, otro estudio in vitro comparó el uso de localizador de ápice de tercera generación, DentAport ZX y la imagen radiográfica digital, reportando como resultado que la diferencia de medias no fue estadísticamente significativa para los localizadores apicales electrónicos y la técnica radiográfica digital;<sup>28</sup> resultado que difiere con lo obtenido en el presente estudio. Otro estudio, comparó la efectividad en la determinación de la longitud en vivo, dividiendo 188 conductos en dos grupos, un grupo usando el localizador de ápice Raypex 5 y el otro con radiografía de trabajo a 1 mm del foramen apical, y finalmente usando como referencia la radiografía de cono

maestro para comparar ambos métodos con respecto a esta. Concluyendo que los resultados del tratamiento endodóntico utilizando localizadores de ápice son bastante comparables, resultado una precisión diagnóstica mejor con el localizador Raypex 5, pero sin encontrar diferencias estadísticamente significativas entre los dos métodos.<sup>31</sup> Lo que difiere con los resultados del presente estudio, donde se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los localizadores de ápice y la radiografía digital.

En otro análisis, se comparó la exactitud de la radiografía digital y 3 localizadores de ápice Endex, ProPex II y Root Zx en la determinación de la longitud de trabajo de 101 dientes humanos extraídos con control visible bajo un microscopio. Los resultados mostraron que Endex y PROPEX II fueron más precisas que Root ZX en la determinación de la longitud de trabajo real.<sup>33</sup> Resultados no comparables con lo obtenido en el presente estudio, debido a que nos e compararon los mismos localizadores de ápice. En el presente año (2013), se evaluaron los localizadores de ápice utilizados en este estudio, pero en presencia de diferentes soluciones irrigantes como el hipoclorito 2.5% y clorhexidina 2%. Se usaron treinta y dos dientes humanos unirradiculares en los que estaba prevista la extracción. La exactitud de iPex y Root ZX no se vio afectada por NaOCl al 2,5% o 2% de CHX. Sin embargo, se observaron diferencias significativas entre las lecturas de la iPex y Root ZX. Donde el iPex fue menos exacto que el Root ZX en la determinación de la longitud de trabajo real; coincidiendo con los resultados del presente estudio.<sup>29</sup>

Hassanien *et al* encontraron que la determinación radiográfica 0.5 mm del ápice radiográfico estaba más cerca de la constricción apical de utilizar que el Root ZX, pero también encontró que los localizadores fueron capaces de localizar la lima más cerca del foramen apical mientras permanece dentro de los confines del conducto.<sup>19</sup> Lo que difiere con los resultados obtenidos en el presente estudio.

## CONCLUSIONES

La medición exacta de la constricción apical para la obtención de la longitud de trabajo sigue siendo tema de controversia en la endodoncia. El desarrollo de la localización de ápice electrónica ha contribuido a que la evaluación de la longitud de trabajo sea más precisa y predecible.

Sin embargo, aún con los estudios realizados y los resultados reportados de los mismos, Williams et al<sup>34</sup> menciona que las lecturas falsas a menudo se obtienen a partir de localizadores apicales electrónicos que indican la necesidad de películas radiográficas de verificación. La información radiográfica incluye ancho de conducto, grado de curvatura del conducto, y la relación de conductos múltiples dentro de la misma raíz. Una investigación realizada por Hembrough et al. concluyó que las radiografías son indispensables para determinar la longitud de trabajo. Estudios han concluido que el uso de una combinación de métodos para determinar una longitud de trabajo adecuada puede ser más exitoso que confiar en un solo método.

Siguiendo las recomendaciones de Williams et al, en el presente estudio se compararon dos localizadores de ápice y la imagen de la radiografía digital, donde se puede concluir que bajo las condiciones de este estudio, el localizador de ápice Root ZX es un localizador confiable para la determinación de la longitud de trabajo seguido del localizador iPex, comparados con las imágenes radiográficas digitales. Lo que sin duda, más allá de los resultados obtenidos, nos hace pensar en la posibilidad de que pueden ser métodos complementarios en la determinación de la longitud de trabajo. La edad es un factor que puede afectar la medición.

## BIBLIOGRAFIA

1. Basrani E, Blank AJ y Cañete M. Radiología en endodoncia. Editorial Amolca. 1era edición, 2003. Cap.18: 247-251.
2. Ellingsen MA, Harrison GW, and Hollender LG. Radiovisiography for detection of small instruments in endodontic length determination. Part 1 in vitro evaluation. JOE; Vol. 21, no. 6 June 1995:154-158.
3. Pécora JD, Saquy PC, Sousa, Woelfel JB. Root form and canal anatomy of maxillary first premolar. Braz Dent J 1992;3: 81–85.
4. Goga R, Chandler NP, Love RM. Clarity and diagnostic quality of digitized conventional intraoral radiographs. Dentomaxillofacial Radiology 2004; 33: 103–107.
5. Kim E, Lee S.J. Electronic apex locator. Dent Clin N Am 2004;48; 35-54.
6. Sharma C., Arora V. Determination of Working Length of Root Canal. MJAFI; Vol. 66, No. 3, 2010: 231-234.
7. Hargreaves KM, Cohen S, Louis H. Vías de la pulpa. Mosby Elsevier, décima edición, 2011. Capítulo 8, 10: 242-245, 354-356.
8. Serota KS, Vera J, Barnett F, Nahmias Y. The New Era of Foramenal Location. oralhealth August 2004: 48-54.
9. Melius B, Jiang J, and Zhu Q. Measurement of the Distance Between the Minor Foramen and the Anatomic Apex by Digital and Conventional Radiography. JOE; Vol. 28, No. 2, February 2002: 125-126.
10. Alothmani OS, Friedlander LT, Monteith BD y Chandler NP. Influence of clinical experience on the radiographic determination of endodontic working length. Int Endodon J 2013; 46: 211-216.
11. Shanmugaraj M, Nivedha R, Mathan R, Balagopal S. Evaluation of working length determination methods: An in vivo / ex vivo study. Indian journal of dental research 2007, Vol. 18 , Issue,2: 60-62.

12. Weigner R, Geigle JC, Zahnartz H, Löst C. An in vitro comparison of two modern apex locators. JOE; vol.25. No. 11, November 1999: 765-768.
13. Gordon MPJ y Chandler NP Electronic apex locators. Int Endodon J. 2004; 37: 425–437.
14. Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. Endodontic Topics 2005; 10: 3–29.
15. Mayeda D, Simon J, Animar D, Finley K. In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the endex apex locator. JOE; vol. 19, no. 11, nov 1993: 545-48.
16. Nekoofar M. H., Ghandi M.M., Hayes S.J. & Dummer P.M.H. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. Int Endod J 2006; 39: 595–609.
17. Saad Y, Al-Nazham S. Radiation dose reduction durin endodontic therapy: Anew technique combining an ápex locator (root Zx) and a digital imaging system (radiovisiography). JOE; vol. 26 No. 3, Marzo 2000: 144-47.
18. Stober EK, Duran-Sindreu F, Mercad M, Vera J, Bueno R y Roig M. An Evaluation of Root ZX and iPex Apex Locators: An In Vivo Study; JOE Volume 37, Number 5, May 2011: 608-610.
19. Siu C, Gordon Marshall J, Baumgartner JC. An In Vivo Comparison of the Root ZX II, the Apex NRG XFR, and Mini Apex Locator by Using Rotary Nickel-Titanium Files. JOE; Vol. 35, No. 7, July 2009: 963-965.
20. Cunha D´Assunção DL, Santana de Albuquerque D, Correia de Queiroz Ferreira L. The Ability of Two Apex Locators to Locate the Apical Foramen: An In Vitro Study. JOE; Vol. 32, No. 6, June 2006: 560-562.
21. Ounsi HF, Haddad G. In vitro evaluation of the reliability of the endex apex locator. JOE; Vol. 24. No. 2 Febrero 1998: 120-121.
22. Nair MK, Nair UP. Digital and Advanced Imaging in Endodontics: A Review; JOE; Vol. 33, No. 1, January 2007:1-6.

23. Tselnik M, Craig Baumgartner J, Gordon Marshall J. An evaluation of root zx and elements diagnostic apex locators. JOE; Vol. 31, No. 7, Julio 2005: 507-509.
24. Guise GM, Goodell G, Imamura GM. In Vitro Comparison of Three Electronic Apex Locators. JOE; Vol. 36, Number 2, February 2010: 279-281.
25. 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. Inter Endod J March early view 2013: 1-6
26. Herrera M, Ábalos C, A. Planas J, Llamas R. Influence of Apical Constriction Diameter on Root ZX Apex Locator Precision. JOE; Vol. 33, Number 8, August 2007: 995-998
27. Lozano A, Forner L, Llena C. In vitro comparison of root-canal measurements with conventional and digital radiology. Int Endod J 2002; 35: 542-550.
28. Saeed MH, Luke AMJ, Abtahl NA, Pradeep P. An in vitro Comparison of Root Canal Measurement in Permanent Teeth by Electronic Apex Locator, Conventional and Digital Radiography. World Journal of Dentistry, October-December 2011; 2(4): 312-315.
29. Duran-Sindreu F, Gomes S, Stober E, Mercadé M, Jané L, Roig M. In vivo evaluation of the iPex and Root ZX electronic apex locators using various irrigants. Int Endod J 2013: 2-6.
30. Fan W, Fan B, Gutmann JL, Bian Z, Fa MW. Evaluation of the accuracy of three electronic apex locators using glass tubules. Int Endod J 2006; 39: 127–135.
31. Ravanshad S, Adl A, Anvar J. Effect of Working Length Measurement by Electronic Apex Locator or Radiography on the Adequacy of Final Working Length: A Randomized Clinical Trial. JOE. Vol. 36, No. 11, November 2010:1753-1755.

32. ElAyouti A, Dima E, Ohmer J, Sperl K, von Ohle C, Löst C. Consistency of Apex Locator Function: A Clinical Study. JOE, Vol. 35, No. 2, Febrero 2009: 179-181.
33. Cianconi L, Angotti V, Felici R, Conte G, y Mancini M. Accuracy of Three Electronic Apex Locators Compared with Digital Radiography: An Ex Vivo Study. JOE, Vol. 36, No. 12, Diciembre 2010: 2003-2007.
34. Williams B, Joyce A, Roberts S. A Comparison between In Vivo Radiographic Working Length Determination and Measurement after Extraction. JOE, Vol. 32, No. 7, Julio 2006: 624-627.