



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**Localizador apical Root ZX®:
Revisión bibliográfica**

T E S I N A

Que para obtener el Título de:

CIRUJANA DENTISTA

Presenta:

ANGÉLICA HUERTAS VÁZQUEZ

DIRECTORA: C. D. ALEJANDRA RODRÍGUEZ HIDALGO

MÉXICO, D.F.

2004

Una firma manuscrita en tinta negra, que parece ser la del autor o director, con el nombre 'VÁZQUEZ' visible al final.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A Dios, por lo que soy y por todo lo que me ha dado.

A mis padres, por haberme dado la vida y por su gran amor y apoyo que siempre me han brindado.

A mi hermana, por los bellos momentos que juntas hemos vivido.

A mi esposo, por amarme y por querer compartir conmigo su vida.

A mi hijo, por ser la motivación de mi vida.

A Perla, por su profunda amistad que siempre llevaré en mi memoria.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a la Facultad de Odontología por darme la oportunidad de estudiar mi Licenciatura.

A la C. D. Alejandra Rodríguez Hidalgo por sus acertados consejos y la dirección de esta tesina.

Al C. D. Jaime Vera Cuspínera por permitirme cursar el Seminario de Endodoncia.

A la M. en C. Adriana Huertas Vázquez por el apoyo que me brindo al realizar este trabajo.

A los miembros de jurado, C. D. José Luis Ramiro Árceaga, C. D. María Rosario Lazo García, C. D. Gustavo Arguello Regalado y C. D. Pedro José Palma Salazar, por la revisión crítica del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

I. INTRODUCCIÓN.....	1
----------------------	---

CAPÍTULO 1

LONGITUD DE TRABAJO

1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Definición.....	4
1.3 Importancia de la longitud de trabajo.....	5
1.4 Consecuencias de la incorrecta determinación de la longitud de trabajo.....	6
1.5 Métodos para determinar la longitud de trabajo.....	7
1.5.1 Sensación táctil.....	7
1.5.2 Radiografía.....	8
1.5.3 Radiovisiografía.....	10
1.5.4 Localizador apical.....	12

CAPÍTULO 2

ASPECTOS HISTÓRICOS DE LOS LOCALIZADORES APICALES

2.1 Generalidades.....	14
2.2 Primera generación.....	15
2.3 Segunda generación.....	16
2.4 Tercera generación.....	17

CAPÍTULO 3

LOCALIZADOR APICAL ROOT ZX®

3.1 Elementos que integran el localizador apical Root ZX®.....	22
3.2 Características del localizador apical Root ZX®.....	24
3.3 Funcionamiento.....	25
3.3.1 Conceptos básicos de electricidad.....	25
3.3.2 Principios del funcionamiento de los localizadores apicales de la tercera generación.....	27
3.3.3 Localizador apical Root ZX®.....	28
3.4 Indicaciones.....	29
3.5 Contraindicaciones.....	31
3.6 Ventajas.....	33
3.7 Desventajas.....	34
3.8 Metodología para utilizar el localizador apical Root ZX® en el tratamiento de conductos radiculares.....	34
3.8.1 Consejos para superar algunas dificultades en las mediciones.....	37

CAPÍTULO 4

ESTUDIOS SOBRE EL LOCALIZADOR APICAL ROOT ZX

4.1 Estudios in vivo.....	40
4.2 Estudios in vitro.....	44

CONCLUSIONES..... 47

FUENTES DE INFORMACIÓN..... 48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Unión CDC.....	2
Figura 2. Rejilla milimétrica.....	10
Figura 3. Radiovisiografo.....	11
Figura 4. Sono-explorer®.....	15
Figura 5. Endocater®.....	17
Figura 6. Endex®.....	18
Figura 7. Apit®.....	18
Figura 8. Justy II.....	19
Figura 9. Root ZX.....	19
Figura 10. Apex Finder AFA 7005.....	20
Figura 11. Endo Analyzer 8005.....	20
Figura 12. Tri auto ZX®.....	20
Figura 13. Bingo 1020®.....	21
Figura 14. Elementos que integran el Root ZX®.....	24
Figura 15. Principio de medición de la impedancia.....	28
Figura 16. Principio de medición del Root ZX®.....	29
Figura 17. Portador de lima en contacto con la lima.....	36
Figura 18. Pantalla que registra la constricción apical a 0.5 mm del foramen apical.....	36

I. INTRODUCCIÓN

La maniobra más importante para el éxito del tratamiento de conductos es la determinación exacta de la longitud de trabajo, ya que indica que tanto deben avanzar los instrumentos de trabajo y en que punto se debe terminar la preparación y obturación final de los conductos radiculares.¹⁹ La longitud de trabajo corresponde a la distancia entre un punto de referencia coronal en el diente hasta la constricción apical o unión cemento-dentina-conducto (CDC).⁴

En cuanto al punto de referencia apical, la primera investigación extensa fue realizada por Yuri Kuttler en 1955, publicó un estudio muy completo sobre la anatomía microscópica del ápice radicular. Llegó a la conclusión de que era un error clínico preparar el conducto hasta el ápice radiográfico, que podría producir dolor postoperatorio y limitar las posibilidades de éxito del tratamiento.⁴² Determinó una distancia media de 0.524 – 0.659 mm entre la constricción apical y el centro del foramen apical.²⁷

Existe un acuerdo casi generalizado en que el nivel apical debiera ubicarse en la constricción apical, es decir, en el sitio más estrecho de la zona apical del conducto radicular, próximo al foramen apical, cuya apertura al periodonto se dispone casi siempre lateralmente al ápice anatómico, puesto que, desde el punto de vista mecánico, es la zona en la que mejor se conforma un tope apical; además suele coincidir con la unión CDC, zona donde termina el "conducto dentinario" e inicia el "conducto cementario", pero no necesariamente.^{5, 31} Esto es, la pulpa dental y el ligamento periodontal tienen su frontera en la unión CDC (figura 1). El término de constricción apical se refiere a un elemento anatómico dentro del conducto radicular, y su utilidad es clínica.⁵ El tratamiento de conductos se realiza a nivel del conducto dentinario para que los cementoblastos que recubren el conducto cementario contribuyan al cierre biológico apical.³¹ Desde el punto de vista

histológico, la unión CDC varía de forma significativa en los distintos dientes, en las diferentes raíces y de una pared a otra dentro del conducto; no es posible localizarla con precisión mediante radiografías durante los procedimientos clínicos.⁷

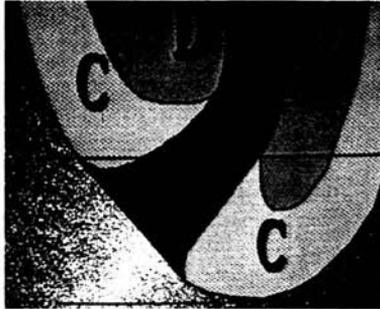


Figura 1. Unión CDC

Debido a la importancia de obtener una correcta longitud de trabajo en el éxito final del tratamiento de conductos, se utilizan técnicas que proporcionan resultados útiles y exactos, así como métodos que son prácticos y eficaces como lo son el uso de localizadores apicales, como el Root ZX®.⁴²

El propósito de esta revisión es conocer el localizador apical Root ZX® como método auxiliar para obtener la longitud de trabajo, los elementos que lo integran, su funcionamiento, sus indicaciones, contraindicaciones, ventajas, desventajas, su forma de utilización en la clínica así como algunos consejos que facilitarán el empleo de este aparato. Además se aportarán datos obtenidos de los últimos estudios con respecto a este localizador apical.

CAPÍTULO 1

LONGITUD DE TRABAJO

1.1 Antecedentes

En los años veinte Grove, Hatton, Blaney, Coolidge y otros estudiaron exhaustivamente la región apical. Grove concluyó que el tejido pulpar no podía ir más allá de la unión CDC, ya que el odontoblasto (la célula característica de la pulpa dental) no sobrepasaba la unión CDC. Hatton y Grove advirtieron que si la preparación sobrepasaba la constricción apical a nivel de la unión CDC se podían lesionar los tejidos periapicales. Blaney y Coolidge publicaron casos y estudios histológicos, asegurando que los mejores resultados se conseguían cuando la obturación terminaba un poco antes del extremo radicular.⁴²

Yuri Kuttler, odontólogo de la Ciudad de México se dedicó a investigar la anatomía apical, realizó el estudio al microscopio más completo y exhaustivo sobre la terminación apical del diente.⁴³ Estudió miles de dientes con el microscopio óptico,⁴² tanto en cortes histológicos como radiográficamente.⁴³

En 1955, Kuttler publicó entre otros datos:

- Que sólo en el 3% de los casos, el foramen apical sale al periodonto en línea recta de la dirección de la raíz. En el 97% restante, el foramen sale hacia un lado.
- Que entre los 18 a 25 años de edad, la distancia entre la unión CDC y el foramen apical es de 0.524 mm.
- Que en pacientes de 55 años o más, la distancia entre la unión CDC y el foramen apical es de 0.659 mm.

- Que no es recomendable traspasar la lima más allá de la unión CDC puesto que provocaría dolor postoperatorio disminuyendo el cierre biológico por el cemento radicular.⁴³
- Que el espesor del cemento disminuye hacia el ápice y aumenta con la edad.²⁷

No todo el mundo aceptó sus ideas en ese momento. Sin embargo, a casi 50 años, sus conclusiones siguen vigentes y se le reconoce universalmente como el autor de uno de los descubrimientos más importantes en Endodoncia.⁴³

Los estudios de Kuttler fueron fundamentales para mantener los límites de la instrumentación y obturación en el interior del conducto radicular.⁵

1.2 Definición

En Endodoncia, después de la correcta apertura de la cámara pulpar, de la localización y permeabilización de los conductos, el siguiente paso es la conductometría. La conductometría es el conjunto de maniobras necesarias para la determinación clínica de la longitud de trabajo del diente que se va a tratar.³¹

La longitud de trabajo consiste en determinar la distancia a la que se debe instrumentar y obturar los conductos radiculares.⁵

La longitud de trabajo corresponde a la distancia entre un punto de referencia coronal (borde incisivo en el caso de dientes anteriores o el vértice de una cúspide en posteriores) en dientes intactos y la constricción apical.⁴ Esta longitud suele expresarse en milímetros.⁶

El punto de referencia coronal se utiliza a lo largo de la preparación y obturación del conducto radicular. Por lo tanto, se elige un punto de

referencia que se pueda ver con facilidad y no cambie durante o entre las citas.⁴⁰ Es indispensable que los dientes con cúspides fracturadas o muy debilitadas por caries o restauraciones sean reducidas hasta obtener una superficie plana, sostenida por dentina. Cuando esto no se hace, quedan cúspides o paredes de esmalte débiles que se fracturan entre una visita y la siguiente. Así pues se pierde el punto original de referencia y existe la posibilidad de sobreinstrumentación.¹⁹

Por consiguiente, además de registrar la longitud de trabajo de un conducto hay que registrar también el punto de referencia que se haya utilizado para dicha medición.⁴²

Para poder establecer la longitud del diente, es necesario utilizar una lima, con un tope de hule sobre el vástago. El tamaño de la lima deberá ser tan pequeño que éste pueda penetrar toda la longitud del conducto, aunque no tanto que quede suelto dentro del mismo. Un instrumento suelto puede inadvertidamente desplazarse hacia adentro o afuera del conducto, y ser la causa de un grave error en la determinación de la longitud de trabajo.¹⁹

1.3 Importancia de la longitud de trabajo

La importancia en determinar una correcta longitud de trabajo radica en que:

- Este cálculo nos permite determinar a qué extensión hay que introducir los instrumentos en el conducto, y por consiguiente, hasta qué profundidad del diente hay que eliminar los tejidos, residuos, productos de degradación, etc.
- Limita la extensión a la que se debe obturar el conducto.
- De este cálculo dependerán el dolor y las molestias que pueda experimentar el paciente tras la sesión de tratamiento.

- Si el cálculo es correcto, influirá favorablemente en el resultado del tratamiento.⁴²

Por todo esto debe calcularse lo más exactamente posible la longitud de trabajo.³¹

1.4 Consecuencias de la incorrecta determinación de la longitud de trabajo

Si no se determina una apropiada longitud de trabajo, el conducto no puede ser limpiado, preparado y obturado apropiadamente.³²

Si no se establece con precisión la longitud de trabajo, el resultado será la perforación apical y la sobreobtención, que a menudo se acompaña de dolor postoperatorio¹⁹ debido a que se lesionan (y en ocasiones se infecta) el tejido periapical, lo que puede desencadenar una reacción inflamatoria o, incluso, la formación de un absceso periapical agudo. Además, es de esperar un período de reparación prolongado y un mayor índice de fracaso a causa de la regeneración incompleta de cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar.¹⁹ Por lo tanto, si se ensancha demasiado el foramen apical se tendrá un relleno excesivo del conducto con material de obturación.¹⁶

Otra de las consecuencias es una instrumentación incompleta y la obturación insuficiente con los problemas que ello conlleva. Entre éstas cabe notar el dolor persistente y la molestia por la retención del tejido pulpar y su inflamación. Por último, puede presentarse percolación apical hacia "el espacio muerto", no obturado, en el ápice. Esto podría provocar una lesión periapical persistente y una mayor frecuencia de fracasos.¹⁹

Estudios histológicos han demostrado que el forzar materiales de obturación en los tejidos periapicales pueden provocar una condición inflamatoria persistente.⁹

1.5 Métodos para determinar la longitud de trabajo

Los requisitos de un método para valorar la longitud de trabajo son: precisión, posibilidad de fácil confirmación y posibilidad de llevarlo a cabo con facilidad y rapidez.¹⁹

Los principales métodos para la determinación de la longitud de trabajo incluyen entre otros: la sensación táctil, radiografía, radiovisiografía y la localización electrónica.³ Otros autores han añadido: el método con la punta de papel, la respuesta dolorosa del paciente, mediciones estandarizadas para cada diente, el conocimiento y la experiencia del médico tratante.⁴³

Kuttler escribe: "El ideal es establecer la longitud de trabajo de forma fácil y rápida para cada conducto antes de comenzar su tratamiento. No obstante, el gran número de técnicas y combinaciones descritas, valiéndose de la percepción táctil, de la rejilla metálica milimetrada, de cálculos matemáticos, de la electrónica o de tanteo; esta facilidad y rapidez todavía no es posible, por depender de muchos factores. Por diferentes razones todas las técnicas son imprecisas, por lo que raras veces se puede obtener con ellas, a la primera intención, la longitud de trabajo exacta. De ahí que el primer dato que se obtiene es tentativo o aproximado y a continuación se obtiene el corregido o definitivo".⁴³

1.5.1 Sensación táctil

La sensación táctil es de utilidad, especialmente cuando se han ensanchado previamente las porciones más coronales del conducto.¹⁸

Después de preparar los tercios coronales del conducto radicular, la calidad de la información táctil mejora. Una vez eliminada la interferencia dentinaria del tercio coronal del conducto, el clínico puede detectar un repentino aumento de la resistencia cuando la lima se aproxima al ápice. El estudio del ápice se puede mejorar con el uso de una lima cuyo diámetro sea igual o ligeramente superior a la constricción. Un minucioso estudio de la anatomía apical pone de manifiesto dos hechos que permiten la identificación táctil: 1) el conducto no reabsorbido suele estrecharse antes del punto de salida de la raíz y 2) el conducto acostumbra a cambiar de curso en la raíz.⁶ En ella se confía al introducir la lima en la exploración del conducto.¹⁹ El clínico experto desarrolla un sentido del tacto preciso y obtiene una información considerable del paso de la lima a través del conducto.⁶ Sin embargo, no se puede confiar sólo en ella para determinar la longitud de trabajo.⁵ Este enfoque empírico no toma en cuenta el conducto radicular no bien desarrollado, el angosto en toda su longitud o el que tiene una raíz excesivamente curva donde el instrumento establece contacto con las paredes del conducto. Una encuesta puso de manifiesto que pocos dentistas generales, y ningún endodoncista, confían en este método táctil para localizar el ápice.¹⁹

1.5.2 Radiografía

A partir de 1899, momento en que Kells empezó a utilizar los rayos X en Odontología, se pudo comprobar que los dientes tratados sin la ayuda de las radiografías pero sometidos posteriormente a estudios radiológicos presentaban errores. En los primeros años del siglo XX, para calcular la longitud de trabajo se tomaba la punta de la raíz en las radiografías (el ápice radiográfico) como el punto exacto hasta que había que preparar y obturar el conducto.⁴²

La radiografía es la ayuda diagnóstica más empleada en Endodoncia, brinda información veraz del ápice radiográfico y muestra la situación del instrumento respecto a este para determinar la longitud de trabajo. Cuando las radiografías son usadas para determinar la longitud de trabajo la calidad de la imagen es importante para una adecuada interpretación.^{5, 9, 28}

La mayor limitación de la radiografía es que solo se observa en un solo plano lo que es tridimensional. Ya que la dimensión vestibulo-lingual no se observa en una radiografía, para ello se debe recurrir a diferentes técnicas de angulación, tanto horizontal como vertical, además para lograr la calidad radiográfica se requiere de una precisa angulación del tubo de rayos X.³⁶ Levy y Glatt observaron que la salida del conducto se desvía hacia la parte bucal o lingual del diente con una frecuencia dos veces mayor que hacia el lado mesial o distal. Esto confirma la importancia de las radiografías anguladas, que pueden revelarnos esta desviación bucal o lingual. Por lo tanto, las radiografías anguladas combinadas con la radiografía directa proporcionan información adicional de gran utilidad.⁴²

Otra de las desventajas de la radiografía convencional en el tratamiento de conductos es el incremento de la radiación en las múltiples exposiciones.¹⁴

Antes de iniciar el tratamiento endodóncico debemos conocer la posible configuración de los conductos, la longitud aproximada de las raíces, el número y el lugar de salida de los conductos, la curvatura y anchura aproximada de los mismos y cualquier variante que pueda existir. Para ello tenemos que analizar las radiografías preoperatorias disponibles, normalmente proyecciones directas y proyecciones anguladas.⁴² El método radiográfico para calcular la longitud de trabajo consiste en localizar la punta de la lima en relación con el ápice radiográfico y entonces retroceder de 0.5 a 1 mm (distancia a la que aproximadamente se encuentra la unión CDC). Con

este método puede haber problemas cuando el conducto desemboca a más de 1 mm del ápice radiográfico, que generalmente es un punto excéntrico a la punta de la raíz.⁴²

Una variación del método radiográfico, es la utilización de rejillas milimétricas (figura 2). Best y colaboradores describen esta técnica, que consiste en colocar un perno metálico de 10 mm de longitud sobre la cara vestibular del diente, y así se toma la radiografía colocando sobre la misma una escala milimetrada transparente. Luego, por lectura directa se obtiene la medida del diente.²



Figura 2. Rejilla milimétrica

1.5.3 Radiovisiografía

Desde la introducción del radiovisiografo por Trophy en 1987 su uso en Endodoncia ha aumentado debido a que produce imágenes instantáneas durante la determinación de la longitud de trabajo (figura 3). Esta tecnología posee un dispositivo de carga dentro de un sensor intraoral que produce una imagen digital inmediata en el monitor después de una exposición de más o menos 50% de la exposición de radiación requerida por una radiografía convencional. La imagen puede ser almacenada, mejorada y guardada en la historia clínica del paciente.²² Su principal ventaja sobre las radiografías convencionales es la rapidez en la adquisición de la imagen, la reducción en la radiación del paciente, la posibilidad de editar la imagen y su calidad y detalle es similar a la conseguida con la radiografía convencional.²⁸ Sin

embargo, a veces, resulta incómoda debido al grosor y la rigidez de los captadores de la radiación intraoral.³¹



Figura 3. Radiovisiografo³²

Hedrick y colaboradores, compararon la radiovisiografía contra la radiografía convencional, sin encontrar una diferencia significativa en relación con la exactitud de las observaciones. La radiovisiografía presenta las ventajas de su rapidez en la observación, eliminación del proceso de revelado, manipulación electrónica de las imágenes y menor cantidad de radiación. Sin embargo, el costo aumenta de tres a cinco veces más en el equipo de la radiovisiografía.⁴³

Las radiografías convencionales y las radiovisiografías proveen datos importantes sobre la morfología de la raíz y de las estructuras vecinas, sin embargo, no son confiables por completo debido a las siguientes razones: el foramen con frecuencia no coincide con el vértice radicular y su posición lateral no siempre es revelada por la radiografía; complejidades anatómicas como dilaceraciones apicales pueden pasar sin observarse, en especial cuando la desviación se produce en el plano vestibulolingual o vestibulopalatino; en dientes con reabsorciones apicales significativas el contorno radicular es impreciso; la superposición de estructuras anatómicas (en especial en los molares superiores) puede dificultar o impedir la visualización adecuada de la región apical; la subjetividad de la interpretación

radiográfica, como lo muestran los trabajos que revelan un bajo índice de concordancia entre diversos observadores, comprueba las limitaciones del método.³⁸ Pero el mayor inconveniente de este método es que no detecta la constricción apical, solo se puede apreciar con exactitud el ápice radiográfico (que estadísticamente se encuentra entre 0.5 y 1.5 de la unión CDC)¹⁹. Estas dificultades favorecieron el desarrollo de aparatos electrónicos con el fin de detectar el foramen apical y obtener así, la longitud del conducto radicular.³

1.5.4 Localizador apical

La determinación electrónica de la longitud de trabajo en el tratamiento del conducto radicular es otro método que ha generado interés y controversia, se conoce que ayudan a establecer el punto final ideal para la instrumentación y preparación de los conductos, pero se ha recomendado que sea un método complementario a la radiografía convencional para la determinación de la longitud de trabajo, debido a todas las alteraciones que se encuentran frecuentemente en la anatomía dental.²⁸

Los localizadores apicales, cuando se utilizan correctamente y se adquiere experiencia en su manejo, son el método más fiable en la actualidad para detectar la constricción apical. Conviene aclarar en este punto, que la utilización de este aparato no descarta la necesidad de estudios radiográficos, imprescindibles en el momento actual, tanto para el diagnóstico (informan acerca del número, la forma y el grado de curvatura de los conductos), para conocer la calidad de la obturación, así como para los controles postoperatorios. Lo que sí reducen es el número de radiografías en un tratamiento, además de incrementar la seguridad en los tratamientos de conductos.^{31, 40}

Los localizadores electrónicos del ápice son necesarios para obtener información predecible, exacta y fiable sobre la longitud de trabajo. Los localizadores del ápice de la tercera generación (incluyendo el Root ZX®) proporcionan mayor exactitud en la determinación de la longitud de trabajo.⁷ Con la práctica y experiencia clínica, los localizadores apicales son capaces de medir con precisión.¹¹

CAPÍTULO 2

ASPECTOS HISTÓRICOS DE LOS LOCALIZADORES APICALES

2.1 Generalidades

En 1942, Susuki publicó un estudio sobre ionoforesis de nitrato de plata (AgNO_3) en dientes de perros. Colocaba la solución en los conductos radiculares y procedía a dispersarla colocando un electrodo negativo en contacto con la mucosa oral. Con este experimento dedujo que la resistencia eléctrica del ligamento periodontal, que solo se podía medir a través del conducto, equivalía a la resistencia eléctrica de la mucosa oral.⁴² Además, observó que los valores de resistencia eléctrica eran muy similares en todos los tejidos blandos bucales aunque los dos electrodos estuvieran situados a distancia.⁵

En 1962, Sunada utilizó un óhmetro de corriente directa con un circuito simple para medir la resistencia eléctrica entre el ligamento periodontal y la mucosa oral.⁴² Trabajó con 124 dientes humanos y halló que cuando colocaba una lima conectada al óhmetro en diferentes puntos del conducto radicular, el aparato proporcionaba lecturas diferentes.² Sin embargo, cuando la lima llegaba al ligamento periodontal, el óhmetro media siempre 6.5 kOhms (kiloohmios).⁴² Este valor permanecía sin cambios, aún en el caso de perforaciones en las paredes cuando se tocaba el periodonto.² Estas lecturas eran siempre las mismas en un mismo individuo en todos los niveles de las estructuras periodontales, así como en dientes de diferentes tipos y configuraciones.⁴² Por lo tanto, Sunada fue el primero en desarrollar

un método electrónico que pudiera medir la longitud del conducto radicular.³²

En 1969, Inoue sorprendió a los asistentes del congreso anual de la American Association of Endodontics celebrado en Atlanta con su demostración del cálculo electrónico de la longitud de trabajo,⁴² presentó el primer localizador de ápice comercializable,¹⁹ basándose en las teorías de la resistencia eléctrica de Susuki y Sunada.³⁶ Además, utilizó una oscilación a baja frecuencia para producir señales acústicas variables que identificaban la posición de la lima con respecto al foramen apical del diente.¹⁷

2.2 Primera generación

Aplicando los principios de Susuki y Sunada, aparece la primera generación de localizadores apicales.³⁶ En 1969, se desarrolló el Root Canal Meter (Onuki Medical Co.) utilizando corriente alterna de 150 Hz (Hertz). El aparato transmitía tanta corriente que el paciente experimentaba dolor durante las mediciones.

En 1972, Inoue desarrolló uno de los localizadores apicales más utilizados en los años 70's y 80's, el Sono-explorer® (Hayashi Dental Supply),^{32, 43} (figura 4).



Figura 4. Sono explorer®³²

Otros localizadores apicales que pertenecen a esta generación son: Exact Apex,³¹ Forameter, Neosono D (Amadent-Cherry Hill), Apex Finder (Analytic Tech),⁵ Odontometer, Evident,³⁶ entre otros.

Estos aparatos son conocidos como de tipo resistencia.³⁹ Al hacer avanzar la lima por el conducto, toca el tejido periodontal apical, entonces la resistencia eléctrica del localizador apical y aquella entre la lima y la mucosa bucal son iguales, el aparato indica que la lima llegó al ápice.³¹ El principal problema con esta generación de dispositivos era que daban determinaciones erróneas cuando los conductos estaban húmedos (por soluciones irrigantes, sangre, restos pulpares, exudado, quelantes, etc.); y para tener el conducto seco, este debía ser limpiado y, como se deduce parcialmente instrumentado.³² Otro inconveniente era que el contacto con restauraciones metálicas podía producir lecturas falsas determinando el cierre de la corriente antes de localizar la posición del foramen e interferir en los resultados obtenidos.⁴²

2.3 Segunda generación

Debido a las limitaciones que presentaron los localizadores apicales de la primera generación, en los años posteriores algunos estudios cuestionaron la posibilidad de obtener una localización exacta en presencia de electrólitos como el hipoclorito de sodio, exudado, tejido pulpar o excesiva hemorragia, apareciendo los localizadores de la segunda generación basada en el principio de impedancia.^{11, 16, 19} Esta teoría se basa en que el conducto radicular, al ser un tubo largo y hueco, desarrolla una impedancia eléctrica mayor en la entrada del conducto y sufre un descenso brusco a nivel de la unión cemento-dentina y que, en consecuencia, puede medirse eléctricamente.⁴² Por lo tanto, estos aparatos indican el punto más estrecho del conducto (la constricción apical) y no el punto en que el electrodo sale del diente como los localizadores de

la primera generación.²⁹ En los sistemas de impedancia el circuito se cierra con un electrodo sujetado con la mano y no hay que colocar al paciente una pinza labial. Las limas están aisladas para no contactar con el efecto negativo de los líquidos en el interior del conducto y con las restauraciones existentes, pueden detectar bifurcaciones en los conductos, perforaciones e incluso conductos auxiliares. Su principal inconveniente es que el aislante es voluminoso e impide la inserción en conductos estrechos y curvos.⁴²

En 1979,⁴² Hasegawa creó y comercializó el único aparato de esta generación, el Endocater (Hygienic Corporation, Akron, Ohio),⁵ que utilizaba ondas de alta frecuencia 400 kHz (kiloHertz) como medida de la corriente⁴³ (figura 5). Además utilizaba unas limas especiales recubiertas de teflón, excepto en su extremo apical, para evitar el efecto negativo de los líquidos.⁵ Su inconveniente era el fácil deterioro de la cubierta aislante, lo que proporcionaba mediciones falsas.³⁶

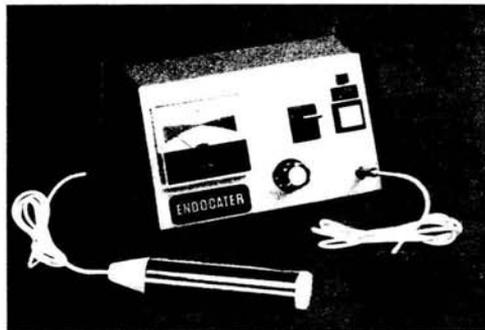


Figura 5. Endocater®
Cortesía de Hygienic Corporation

2.4 Tercera generación

En un esfuerzo de mejorar la exactitud y confiabilidad en la determinación de la longitud de trabajo, se desarrolló la tercera generación de localizadores apicales.¹¹

En 1984, Saito y Yamashita confeccionan la tercera generación de localizadores apicales,³⁶ basados en un nuevo principio físico: la medición de la diferencia de impedancias entre dos corrientes alternas de diferentes frecuencias; esta diferencia de impedancias es máxima en la constricción apical.¹⁷ Estos localizadores apicales tienen las siguientes ventajas:

- Permiten la utilización de cualquier tipo de lima.
- Efectúan mediciones en conductos húmedos.
- No hace falta eliminar el contenido de los conductos, lo que hace posible su utilización desde el comienzo de la instrumentación, solo hay que permeabilizar el conducto.
- Fiabilidad constante y superior. En una de las últimas publicaciones, se afirma que el índice de error en la aproximación a la constricción apical con uno de estos localizadores es menor que con el método radiográfico, considerándolos por tanto más fiables.³⁶

El primero de esta generación fue el Endex ® (conocido en EUA), figura 6 o Apit® (como se conoce en Europa), figura 7; ambos de Osada Electrical Co., Tokio, Japan⁴³ con dos frecuencias de 1 y 5 kHz.⁵ Este aparato es capaz de dar una medida exacta del conducto radicular aún si un electrolito fuerte esta dentro del conducto. El Endex debe ser calibrado varios milímetros del foramen apical en cada conducto radicular.³⁴

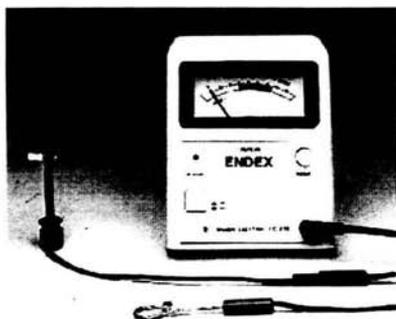


Figura 6.
Endex ®⁴³



Figura 7.
Apit ®³¹

Otro dispositivo de esta generación es el Justy II® (Yoshida Co., Japan) figura 8, similar al anterior.⁵



Figura 8. Justy II®³¹
Cortesía de Yoshida Dental

En 1991 Kobayashi y colaboradores introducen el “método del cociente” para medir la longitud del conducto radicular, según el cual, la resistencia eléctrica a nivel de la constricción apical varía de acuerdo con la frecuencia; ellos comercializaron Root ZX® (J. Morita Corporation, Kyoto, Japan) figura 9. Este método del cociente mide simultáneamente la impedancia de dos frecuencias diferentes: 400 Hz y 8 kHz, y el microprocesador calcula el cociente de las impedancias y expresa este cociente para indicar la posición del electrodo (lima) dentro del conducto radicular.^{23, 34} No necesita calibración.³⁵



Figura 9. Root ZX®

Otros localizadores apicales de esta generación son el Apex Finder AFA

7005 (Analytic Endodontics) posee cinco frecuencias comprendidas entre los mismos valores que el Root ZX (figura 10). El Neosono Ultima EZ (Amadent), incorpora un pulpómetro, también es un dispositivo multifrecuencia.⁵ El Analytic Apex Finder® (Analytic Endodontics, Orange, CA) usa tres frecuencias diferentes con una lectura digital. Analytic también produce el Endo Analyzer 8005® que funciona como un localizador apical y como un vitalómetro eléctrico (figura 11).²²



Figura 10. Apex Finder AFA 7005 **Figura 11.** Endo Analyzer 8005
Cortesía de Analytic Endodontics

El tri auto ZX® (J. Morita Co., Kyoto, Japan) es una pieza de mano inalámbrica con un localizador apical y esta diseñado para la preparación del conducto radicular con instrumentos de rotación continua fabricados con níquel titanio (figura 12).¹⁵



Figura12. Tri auto ZX®³²

Recientemente se ha introducido otro localizador apical, el Bingo 1020® (Foru, Engineering Technologies, Rishon Lesión, Israel), este aparato utiliza dos frecuencias (figura 13).²⁴

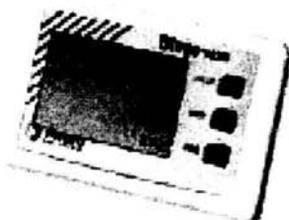


Figura 13. Bingo 1020®³²

Como se puede observar desde los primeros estudios, los localizadores apicales son dominados por investigadores japoneses y ellos mismos han ido a la vanguardia en el perfeccionamiento de estos aparatos electrónicos.⁴²

CAPÍTULO 3

LOCALIZADOR APICAL ROOT ZX®

3.1 Elementos que integran el localizador apical Root ZX®

Este aparato consta de varios elementos (figura 14):

1. Unidad central.

- Emite una corriente eléctrica de doble frecuencia (400 Hz y 8 kHz).
- Pantalla de cristal líquido donde gráficamente se registra el avance de la lima en el interior del conducto, con una señal en forma de barra (de 3 a 0 mm) que correspondería a la constricción apical y avisos en el foramen.³⁵ Su último mm es modificable por un sensor ubicado debajo de la unidad central.² Esta pantalla es fácil de leer, y le permite al especialista ver la pantalla desde cualquier ángulo, respecto a su posición de trabajo.
- Señales acústicas con "bip" espaciados en principio, que se hacen más frecuentes en el punto de constricción apical (0.5 a 1 mm del ápice radicular) y continuos en el foramen.³⁵ También emite una señal audible intermitente que se hace constante cuando se sobrepasa el límite apical.²
- En la base tiene distintos sensores para ajustar la barra de constricción apical, el tipo de sonido³⁶ (tres sonidos de alarma diferentes)²⁰ y el volumen del mismo³⁶ es ajustable.²⁰
- Indicador de batería.²⁰ La fuente que alimenta este aparato es de 5 pilas de 1.5 voltios "AA" cada una, y aparece en la pantalla la cantidad de carga de batería que posee² (aproximadamente 100 horas de uso).²⁰

- Apagado automático. Se apaga automáticamente, si después de 20 minutos no esta en uso.
- Su diseño exterior liso permite una fácil limpieza.
- Sus dimensiones externas son: 96 mm de ancho X 80mm de profundidad X 105 mm de altura.
- Su peso aproximado es de 550 gramos.²⁰

2. Gancho labial.³³ Electrodo negativo (ánodo), en forma de signo de interrogación para colocar en la comisura labial humedecida. El aparato viene provisto de cinco unidades para intercambiar entre los pacientes y estos se pueden esterilizar por autoclave.^{2, 36}

3. Portador de lima.²⁰ Electrodo positivo (cátodo), es un elemento plástico con un extremo metálico en forma de pinza para sujetar cualquier tipo de lima. El aparato contiene tres unidades intercambiables y esterilizables. Las limas deben ser tomadas lo más cerca posible del mango, para evitar modificaciones en la medición del aparato.^{2, 36} El portador de lima permite una fácil manipulación dentro de la cavidad bucal por su forma delgada. Los contactos del portador de lima se hacen extremadamente durables, con metal resistente a la corrosión.²⁰

4. Cable que une los dos electrodos entre sí.
5. Auricular. Una vez conectado suprime el altavoz de la unidad central para reducir la tensión del paciente.³⁶



Figura 14. Elementos que integran el Root ZX®⁴

3.2 Características del localizador apical Root ZX®

- **CERO AJUSTE.** No es necesario poner el aparato en cero antes de medir cada conducto radicular individual.
- **CALIBRACIÓN AUTOMÁTICA.** Este localizador apical posee una calibración automática exacta que elimina los efectos dentro del conducto, como cambios de temperatura, humedad, vaho, etc., aún durante la medición.
- **EN CUALQUIER CONDICIÓN TRABAJA.** La exactitud en la medición no se afecta por la presencia o carencia de sangre, y otras soluciones dentro del conducto como secreciones, hipoclorito de sodio, agua salina, anestésico local o peróxido de hidrógeno.
- **CONTROL CONFIABLE DE LA INFECCIÓN.** El localizador apical Root ZX® es fácil de limpiar porque todas sus superficies son lisas. El portador de lima y el gancho labial son esterilizables.
- El flujo minucioso de la electricidad usado para la medición no causa ningún malestar en el paciente.²⁰

3.3 Funcionamiento

3.3.1 Conceptos básicos de electricidad

Antes de explicar como funciona el localizador apical Root ZX®, es importante conocer algunos conceptos básicos sobre electricidad que permitan comprender el funcionamiento de este.

En electricidad, la cantidad de corriente eléctrica se especifica en función de la carga (cantidad de electricidad positiva o negativa contenida en un cuerpo) y del tiempo empleado para mover la carga en un punto dado. La cantidad de corriente eléctrica se especifica en coulombs por segundo. Pero como coulombs por segundo es una palabra larga, la unidad básica de corriente eléctrica se llama ampere. Por lo tanto, un ampere es igual a un coulomb por segundo. Se eligió el nombre de ampere en honor de André Marie Ampere, un científico francés que realizó algunos trabajos iniciales en el campo de la electricidad. La abreviatura de ampere es A.¹²

La corriente continua se caracteriza porque los electrones libres siempre se mueven en el mismo sentido por el conductor y con una corriente eléctrica constante. Mientras que la corriente alterna se caracteriza porque el flujo de los electrones se mueve por el conductor en un sentido y en otro, y además el valor de la corriente eléctrica es variable. La corriente alterna es la forma más común de transportar la energía eléctrica.¹

La oposición que ofrece un material conductor a la corriente continua se llama resistencia.¹² Este fenómeno se puede explicar así: cuando los electrones circulan por un conductor, éstos tienen que moverse a través de todos los átomos, produciéndose una especie de rozamiento (resistencia al movimiento de electrones). Estos choques son menores en los buenos

conductores que en los malos.¹ El símbolo para la resistencia es R. Todos los materiales ofrecen cierta resistencia a la corriente eléctrica. Se necesita más energía para liberar un electrón en materiales de elevada resistencia que en los de baja resistencia. La unidad empleada para especificar el valor de la resistencia es el ohm. El símbolo usado como abreviatura del ohm es Ω (la letra griega omega mayúscula). 1 kiloomio (kOhm) es igual a 1000 ohmios. Se llama ohm en honor de Georg Ohm que halló la relación entre corriente (I), voltaje (V) y resistencia (R). Esta relación se llama Ley de Ohm. La ley de Ohm puede expresarse como, "La intensidad de la corriente que recorre un circuito eléctrico es directamente proporcional al voltaje (tensión) e inversamente proporcional a la resistencia eléctrica". Escrita como expresión matemática, la Ley de Ohm es: $I=V/R$

El voltaje se mide con un voltímetro, la corriente con un amperímetro y la resistencia con un óhmetro.

La resistencia es una forma de oposición a la corriente; la impedancia es otra forma de oposición, solo que al paso de la corriente alterna. El símbolo de la impedancia es Z. Como en la resistencia, la unidad básica de la impedancia es el ohm. La impedancia se mide por cierta técnica indirecta, en función de la frecuencia, así que la impedancia se mide para cierta frecuencia establecida y por lo tanto es diferente para cada una de estas.

A la rapidez con la que se producen los ciclos en una corriente alterna se le llama frecuencia (f). La frecuencia representa la rapidez de la corriente. La unidad base de la frecuencia es el hertz (Hz). Un hertz es igual a un ciclo por segundo.¹²

3.3.2 Principios del funcionamiento de los localizadores apicales de la tercera generación

Como se describió anteriormente tanto la resistencia eléctrica como la impedancia miden la dificultad de la electricidad para atravesar algún material. La resistencia eléctrica guarda relación con una corriente directa estable (unidireccional); la impedancia se relaciona con la corriente alterna (cambiante) que toma en cuenta entre otros factores, la frecuencia.

El tejido blando de la boca conduce la electricidad con relativa facilidad. Por otra parte, los tejidos duros tienden a oponer resistencia al paso de la corriente eléctrica.¹⁹

Estos aparatos operan según la fórmula física de la ley de Ohm.²

Se realizaron una serie de experimentos en pacientes donde se encontró que la corriente eléctrica en el conducto radicular a nivel del ligamento periodontal y la mucosa oral es de 39 a 41 mA (miliamperes) con una variación mínima.²²

Si en la escala de medida se registra una intensidad de 40 mA frente a una resistencia de 6.5 kOhm, el instrumento introducido en el conducto se encuentra en la constricción apical.¹⁶

Los localizadores electrónicos de la tercera generación poseen dos electrodos, uno que se adapta al labio del paciente, y el otro que se ajusta al instrumento endodóncico. Con la penetración de la lima, en dirección apical, la discrepancia entre los valores de impedancia comienzan a aumentar y será máxima en la constricción apical,⁴¹ "cerrando el circuito" con el electrodo del labio (figura 15).¹⁹

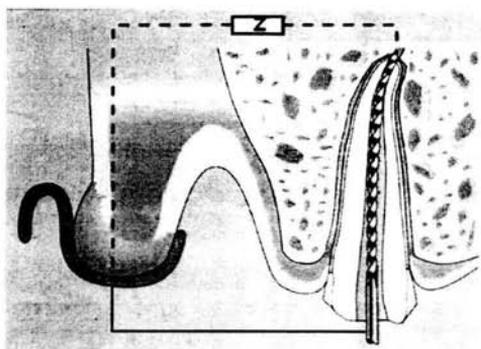


Figura 15. Principio de medición de la impedancia⁴

La impedancia eléctrica entre un electrodo que establece contacto en el tejido apical y otro adherido a la mucosa del labio es casi constante desde un diente a otro y de un paciente a otro.¹⁹

3.3.3 Localizador apical Root ZX®

Este localizador apical posee dos electrodos, uno que se adapta al labio del paciente, y otro que se ajusta al instrumento endodóncico.⁶

El localizador apical Root ZX® usa el método del cociente, es decir, mide la impedancia de dos frecuencias diferentes (8 kHz y 400 Hz), calcula el cociente de las impedancias, y expresa este cociente en términos de la posición de la punta de la lima y la mucosa bucal (electrodos)⁴³ y utiliza el valor calculado para detectar la constricción apical (figura 16).²⁸ El localizador apical tiene integrado un circuito que mide automáticamente la corriente (microamperes) que fluye entre los electrodos.¹⁹

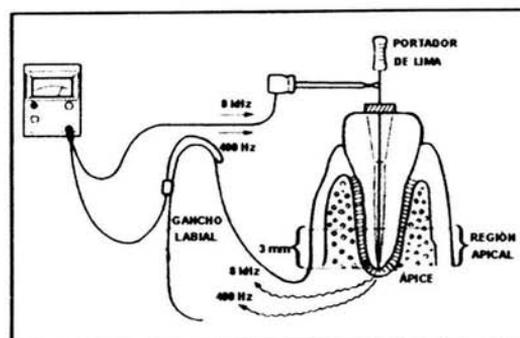


Figura 16. Principio de medición del Root ZX®

En otras palabras, este localizador apical funciona a través de corriente alterna de dos frecuencias,⁵ y se basa en el hecho de que los diferentes puntos de un conducto tienen una impedancia diferente entre las frecuencias altas (8 kHz) y bajas (400 Hz) y promedian el cambio cuando la constricción apical es alcanzada. La parte coronal del conducto da una diferencia mínima entre estas dos frecuencias. Sin embargo, según va penetrando la lima en el conducto esta diferencia aumenta y alcanza su valor máximo a nivel Unión Cemento-Dentina (UCD) o constricción apical.⁴² Junto con el registro en el visor del aparato, una alarma sonora indicará esa posición.³⁹

Este aparato mide la impedancia del electrodo que está sondeando en contacto con los tejidos más que la impedancia de los propios tejidos.⁴³

El localizador apical Root ZX® no necesita calibración, es automático, el microprocesador del aparato corrige el cociente calculado; así la posición de la punta de la lima y la lectura del contador son directamente relacionados.^{33, 38}

3.4 Indicaciones

El localizador apical Root ZX® puede ser utilizado de rutina para determinar la longitud de trabajo en dientes con pulpa vital o necrótica.³⁶

En casos donde la porción apical del sistema de conductos radiculares se observa radiográficamente obstruida.²² Esto ocurre a menudo con los molares superiores, donde el proceso cigomático del maxilar, el arco cigomático o el suelo del seno maxilar (estructuras radiopacas) pueden superponerse a los ápices de estos dientes, dificultando el cálculo de la longitud de trabajo. Las protuberancias mandibulares pueden hacer lo mismo en el caso de molares y premolares inferiores.⁴² Otras estructuras que pueden provocar este problema son dientes impactados, torus, cuando existe densidad de hueso excesiva (cementosis) o aún en patrones de hueso medular y cortical normal. En estos casos pueden proveer información que la radiografía no.

En perforaciones radiculares, detecta el punto de salida de la perforación del conducto al ligamento periodontal. Sobre todo si la perforación ocurre en vestibular o lingual donde es difícil de detectar con una radiografía. Este localizador apical es un instrumento de confianza para detectar la perforación y la longitud del área donde existe,²² brindando la posibilidad de obturar sin sobreobturar dichas perforaciones.²

Cuando un diente está involucrado con un episodio de inflamación crónica del tejido periapical¹³ (osteólisis)³¹ y que termina en reabsorción apical, puede ser difícil de establecer la longitud de trabajo si la constricción apical ha sido patológicamente alterada. En estos casos la combinación de la sensación táctil y la radiografía tienen limitaciones importantes para determinar la longitud ideal, siendo una ayuda la utilización del localizador apical Root ZX® que ha demostrado una exactitud del 62.7 al 94.0%.¹³ Se recomienda realizar la medición con limas de mayor calibre para lograr una medición más exacta.²³

En conductos permeables.⁵ Por lo tanto para hacer posible las mediciones en dientes que necesitan retratamiento de conductos, es

necesario desobturar el conducto hasta que esté libre de restos de gutapercha y de selladores, de tal forma que este totalmente permeable y permita alcanzar la constricción apical con el instrumento.^{5, 36}

También deben ser utilizados en el tratamiento de pacientes embarazadas²² o pacientes oncológicos muy irradiados² para reducir la exposición de radiación al tomar radiografías; en pacientes que no toleren el posicionamiento de la radiografía por reflejo de náusea puede ser una herramienta útil y en pacientes discapacitados.²²

En dientes con problemas periodontales en los cuales no se ha encontrado ninguna dificultad, ni diferencia en las mediciones efectuadas en los distintos casos con problemas periodontales más o menos severos.³⁶

Y por último en paciente con enfermedades como Parkinson los cuales no tienen la capacidad de mantener la radiografía en su sitio.²²

3.5 Contraindicaciones

La principal situación en la que el localizador apical realiza medidas erróneas es cuando existen grandes lesiones de caries o destrucciones que comunican el conducto con la encía, ya que la saliva cierra el circuito.³¹ En estos casos el aparato marca el grado máximo de la escala con un "bip" continuo como si se estuviera en el foramen apical cuando apenas es introducida la lima en el conducto.³⁶ En este caso la solución será realizar una restauración de la caries o la obturación defectuosa, lo mismo pasa si hay hemorragia que desborde la corona, en este caso se debe detener la hemorragia. Así mismo, el localizador apical interfiere con obturaciones, muñones y coronas metálicas²⁶ en íntimo contacto con el conducto,³⁶ por lo que se debe evitar que contacten con metal tanto el gancho labial como la lima.²⁶

No se recomienda su uso en conductos no permeables (calcificados o con material de obturación).³ En el caso de conductos calcificados es lógico que el localizadora apical no funcione, pues al no estar permeable el conducto no se establecen diferencias de impedancia. Una vez que se encuentra permeable el conducto con limas finas, quelantes y paciencia, si es posible hacer mediciones. En los retratamientos en los que quedan restos de material de obturación (gutapercha) en los conductos, el aparato no emite ninguna señal (ni visual, ni acústica).³⁶

La ausencia de patencia en los conductos han sido reportados como impedimentos para el establecimiento exacto de la longitud de trabajo, entonces puede ser de ayuda instrumentar el conducto en coronal antes de usar el localizador apical. En un estudio se observó una diferencia de error de 0.04 en los ensanchados en el tercio coronal del conducto frente a un 0.4 de los no ensanchados.¹⁸

En dientes sin apexificar² (con ápice abierto) la lectura generalmente es errónea.⁴³

En pacientes portadores de marcapasos. Las instrucciones del fabricante aconsejan no utilizar el localizar electrónico por la posibilidad de interferencias.³⁶ Aunque algunos estudios han demostrado que pueden ser utilizados, después de haber realizado estudios in vitro evaluando la influencia de cinco tipos de localizadores apicales (entre ellos Root ZX®) en marcapasos, pero sería necesario realizar estudios en humanos para confirmar estos reportes. En esta misma publicación se describe que puede haber interferencias, según el tipo de marcapasos y aconseja consultar al cardiólogo. Ante esta posible situación y sus graves consecuencias, se aconseja no utilizarlo en estos pacientes.³

En casos de fracturas radiculares horizontales u oblicuas se ha comprobado una clara discrepancia entre el laboratorio y la clínica. En la mayor parte de los casos “in vitro” se ha observado que el aparato marca el punto de máxima estrechez, cuando la lima llega al nivel de la línea de fractura. En los pocos casos que se ha tenido la oportunidad de medir “in vivo”, el localizador apical detecta la línea de fractura sólo después de varios intentos.³⁶

3.6 Ventajas

La principal ventaja de localizador apical Root ZX®¹ es que permite una aceptable localización de la constricción apical.⁵ Ha sido evaluado con una exactitud del 96.2% en su uso clínico.²⁰

Una ventaja adicional es la disminución del número de radiografías, y por lo tanto, disminuye el número de exposiciones a rayos X al paciente¹¹ (particularmente importante en niños, en pacientes embarazadas y pacientes oncológicos muy irradiados).¹⁶

Permite la utilización de cualquier tipo de lima.²

Root ZX efectúa mediciones en conductos húmedos e incluso en presencia de electrolitos,¹¹ sangre, secreciones y restos pulpares.³⁹ Aunque es posible su uso en conductos húmedos, no es recomendable que la cámara pulpar esté inundada con solución irrigante, con sangre o con otros líquidos.⁴³

Puede evitar que se perfora la constricción apical en los dientes en que el agujero apical se encuentra a varios milímetros del ápice radiográfico.¹¹

Ahorro de tiempo,² ya que el procedimiento es fácil y rápido.⁴³

Buena esterilización de las partes.²

Menor costo en relación con el equipo radiográfico.⁴³

3.7 Desventajas

Estos aparatos pueden proporcionar mediciones inexactas o incorrectas por muchas causas. El conducto puede estar muy húmedo (hay que secar ligeramente con puntas de papel), o muy seco (hay que irrigar ligeramente con agua esterilizada), la lima puede ser muy delgada en comparación con la constricción apical (hay que utilizar una lima que ofrezca cierta resistencia), puede existir un bloqueo (hay que intentar superarlo con mucho cuidado), puede soltarse la pinza labial (comprobar que está en su sitio), etc.⁴²

La batería puede estar gastándose⁴² y dar lecturas cortas³¹ (hay que comprobar y cambiar la batería con cierta frecuencia.⁴²

Alto costo inicial.²

3.8 Metodología para utilizar el localizador apical Root ZX® en el tratamiento de conductos radiculares

Antes de usar este aparato conviene leer cuidadosamente y entender las instrucciones. Y si es posible consultar a un odontólogo que utilice el localizador apical y observar su uso clínico. El método que se describe a continuación se debe combinar con el uso de radiografías de gran calidad.⁴² Es muy frecuente que cuando se empieza a utilizar, como en cualquier procedimiento nuevo, se pase por períodos en los que el localizador apical funciona perfectamente, obteniendo medidas precisas y correctas, y períodos en los que parece que el aparato no funciona, dando longitudes exageradas o mínimas. Sin embargo, se aconseja "no desistir",

ya que en poco tiempo se irá adquiriendo habilidad y confianza en su uso.³⁶

El manejo de este aparato es muy sencillo. Se describirá el método utilizado para el tratamiento de conductos radiculares.

1. Estudio radiográfico y diagnóstico. El estudio radiográfico se basa en tomar radiografías preoperatorias directas y/o anguladas para obtener información sobre la posible configuración del conducto.
2. Anestesia.
3. Aislamiento con dique de hule. Es preciso que exista un aislamiento lo más perfectamente posible entre el medio humedecido de la encía y el conducto.
4. Apertura de la cámara pulpar.
5. Localizar y permeabilizar los conductos.
6. Irrigar con hipoclorito de sodio u otra sustancia irrigadora.
7. Secar con una torunda de algodón la cámara pulpar (no los conductos), para evitar falso contacto.
8. Colocar el electrodo labial en la comisura humedecida, evitando el contacto con obturaciones metálicas o coronas protésicas.
9. Encender la unidad central. Es preciso esperar uno o dos segundos para que se efectúe el ajuste automático, en ese momento aparecerá la barra intermitente de la señal de constricción apical.
10. Introducir la lima en el interior del conducto. Se utiliza una lima que corresponda a la anchura calculada.⁴²
11. Conectar el electrodo portador de lima a la lima (figura 17).

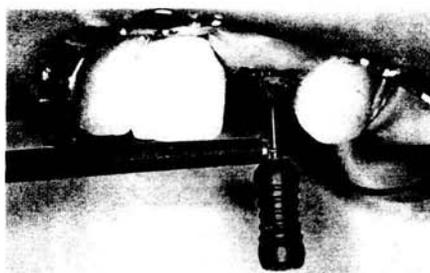


Figura 17. Portador de lima en contacto con la lima

12. Hacer presión, y con ligeros movimientos rotatorios, si es necesario, ir introduciendo la lima hasta que en la pantalla de la unidad central detecte la constricción apical, que corresponderá con el aumento de la frecuencia de las señales acústicas (figura 18). Esta determinación se verifica retirando e insertando la lima repetidas veces. Se debe observar la barra intermitente del localizador apical, para asegurar siempre la misma indicación apical y determinar una medición fiable.⁶



Figura 18. Pantalla que registra la constricción apical a 0.5 mm del foramen apical
Cortesía de J. Morita USA

13. Retirar el electrodo de la lima, ajustar el tope de hule con la referencia elegida.

12. Posteriormente se toma una radiografía con la lima introducida hasta la longitud indicada por el localizador apical y se examina dicha radiografía para rectificar la longitud obtenida.⁴² Dicha radiografía puede revelar la necesidad de un ajuste adicional.⁶ Por último se saca la lima del conducto para registrar la medida efectuada.

Todo el proceso de medición con el localizador apical Root ZX® requiere unos dos minutos de tiempo.³⁶

3.8.1 Consejos para superar algunas dificultades en las mediciones

Detectar una medición falsa es fácil, pues casi siempre en la pantalla se reflejará como una ausencia de señal, a pesar de las distintas posiciones de la lima en el interior del conducto, o como un exceso marcando al máximo el aparato nada más al entrar en contacto la lima con el tercio coronario del conducto.

La siguiente tabla es de gran utilidad para superar algunos problemas en las mediciones de la longitud de trabajo con el localizador apical Root ZX®.¹⁰

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
No hay registro	1. Conducto obstruido por barrillo dentinario.	1. Tomar la lectura antes de limar o remover los restos de barrillo dentinario en la región apical.
	2. No hay contacto del gancho labial.	2. Comprobar que esté en su sitio y humedecer el labio del paciente.
	3. Usar limas cortas en conductos largos.	3. Probar con una lima más larga.

	4. Desconexión del portador de lima o el gancho labial al cable principal.	4. Volver a conectar el portador de lima o el gancho labial.
	5. Conducto seco.	5. Irrigar el conducto.
	6. Conducto calcificado.	6. Hacer permeable el conducto con limas finas o quelantes.
	7. Restos de gutapercha en retramientos.	7. Eliminar los restos de gutapercha.
	8. Ausencia de patencia en los conductos.	8. Instrumentar el tercio coronal del conducto.
Lectura "Apex" inmediata	1. Cámara pulpar inundada de solución irrigante.	1. Secar la cámara pulpar con una torunda de algodón.
	2. Restos de metal en la cámara pulpar.	2. Remover los restos de metal de la cámara pulpar.
	3. Lesiones de caries proximal que comunican con la encía.	3. Remover la caries si hay una comunicación con el periodonto y colocar una restauración temporal.
	4. Lima en contacto con restauraciones metálicas o coronas protésicas.	4. Separar la lima de la restauración metálica o corona protésica con el dedo.
	5. Perforación radicular	5. Verificar radiográficamente.
Lecturas inestables cuando la lima	1. Abundante tejido pulpar en el conducto.	1. Extirpar el tejido pulpar.
	2. Usar limas pequeñas	2. Intentar ajustar una lima.

entra al conducto	en conductos amplios o con ensanchamiento excesivo.	
	3. Excesivo irrigante en la cámara pulpar.	3. Eliminar todo el irrigante de la cámara pulpar.
	4. Restauraciones metálicas.	4. Evitar cualquier contacto con restauraciones metálicas.
	5. Conductos accesorios amplios.	5. Verificar radiográficamente.
	6. Batería baja.	6. Comprobar y cambiar con cierta frecuencia la batería.
Lecturas detenidas en 2- 3 mm y limas que no avanzan	1. Limar el conducto antes de tomar la lectura y es bloqueada el área apical.	1. Limpiar el área apical.

Y en el caso de conductos que se unen en el tercio medio o apical, se puede obtener una medida correcta en el conducto más recto y una medición falsa en el conducto que desemboca en el anterior.³⁶

CAPÍTULO 4

ESTUDIOS SOBRE EL LOCALIZADOR APICAL ROOT ZX®

Cuando los localizadores apicales son comparados para determinar su exactitud en la literatura, los métodos científicos usados incluyen conductos simulados en acrílico, dientes extraídos, de animales o cadáveres y estudios en humanos.²²

4.1 Estudios in vivo

El localizador apical Root ZX® ha sido introducido como un mecanismo capaz de funcionar con precisión en la presencia de hipoclorito de sodio, solución salina, sangre, agua, anestésico local, tejidos pulpaes, peróxido de hidrógeno, clorhexidina, etc.³⁴

Un estudio in vivo determinó la capacidad del localizador apical Root ZX® para localizar el foramen apical en conductos radiculares de dientes vitales. El localizador apical Root ZX® fue usado para localizar el foramen apical en 26 conductos radiculares de dientes vitales. Después de la extracción del diente, fue usado el microscopio óptico estereoscópico para confirmar visualmente la relación de la punta de la lima endodóncica en el foramen apical. El localizador apical Root ZX® fue capaz de localizar el foramen apical de 25 dientes. Shabahang y colaboradores determinaron que la exactitud clínica en la localización del ápice puede ser del 96.2% con el localizador apical Root ZX®.³⁸ Para lograr este grado de exactitud el operador debe tener un buen conocimiento de la anatomía de los

conductos radiculares así como también debe estar alerta de las posibles variaciones en su morfología. La experiencia con los localizadores apicales también es esencial para buenos y consistentes resultados.

Se ha verificado la exactitud en la determinación de la longitud del conducto radicular con el localizador apical Root ZX® en presencia de tejido vital, y se evaluaron los efectos de la variación del foramen apical. Se utilizaron 35 dientes de 19 pacientes que estaban programados para exodoncia, después de la extracción se analizó la relación de la lima con el foramen apical bajo microscopio óptico estereoscópico. La muestra fue dividida en 2 grupos: grupo A (con la presencia de un foramen apical coincidente con el ápice radicular) y grupo B (con la presencia de un foramen apical lateral, desviado del ápice). Con un nivel de tolerancia de $\pm 0.5\text{mm}$, se reportó un rango de precisión de 82.75% en el total de la muestra encontrando que los dientes del grupo A presentaron mayor exactitud en la medición con el localizador apical Root ZX®. 100% de los forámenes apicales fueron localizados correctamente con un margen de error de $\pm 0.5\text{ mm}$, por otro lado cuando el foramen estaba lateral, la exactitud de la longitud fue significativamente menor, en este grupo el instrumento identificó el ápice con un margen de error de $\pm 0.5\text{ mm}$ solo en 9 de 14 dientes.³⁴

Otro estudio in vivo, evaluó la exactitud del localizador apical Root ZX® para determinar la localización de la constricción apical. Se estudiaron 54 dientes, que requerían tratamiento endodóncico. El total de conductos examinados fue de 157, los cuales en la gran mayoría de los casos pertenecían a molares (94.9%), repartiéndose el 5% restante entre incisivos, caninos y premolares. Participó un solo operador previamente entrenado en el uso del localizador. Se irrigó con hipoclorito de sodio al 5% determinándose la longitud del conducto húmedo con el localizador electrónico, con una lima k de calibre 15, salvo en los conductos más

anchos en los que se empleaba de calibre 20. Se registraron además entre otras variables, el estado de la corona dentaria en la cual se estableció la siguiente clasificación: caries o fractura sin tratar, obturación de composite, obturación de amalgama y corona protésica (metálica o metal-cerámica). Se llegó a la conclusión de que el localizador apical Root ZX® tiene un porcentaje de fiabilidad (medidas dentro del intervalo ± 0.5 mm) obtenido con los conductos húmedos, del 74.6% y que la fiabilidad en función del estado de la corona dentaria, registra mediciones más imprecisas en presencia de obturaciones metálicas o de caries, y en menor medida de coronas protésicas.²⁹

Se realizó un estudio en 29 dientes para comparar la determinación de la longitud de trabajo con un localizador apical hasta la constricción apical de conductos vitales y necróticos. Fue utilizado el localizador apical Root ZX® para medir la longitud del conducto radicular. El localizador apical Root ZX® fue preciso en 82.3% dentro de 0.5 mm de la constricción apical. La distancia media de la constricción apical fue de 0.21 mm en casos de pulpa vital contra 0.49 mm de pulpa necrótica. No existen diferencias estadísticas entre la capacidad del localizador apical Root ZX® para determinar la constricción apical en conductos vitales y necróticos.⁸

En un estudio se utilizó irrigación con hipoclorito de sodio y se evaluó la influencia de este en la exactitud de los localizadores apicales. Se montaron 40 dientes humanos extraídos en un aparato experimental, después de realizar un buen acceso, se obtuvieron las longitudes de trabajo utilizando el localizador apical Root ZX®. Posteriormente los conductos fueron irrigados con hipoclorito de sodio y se tomaron nuevamente las medidas con el mismo localizador apical. Finalmente los dientes fueron removidos del aparato y la longitud fue determinada midiendo la lima que fue llevada hasta la constricción apical (verificada por visualización directa), encontrando una exactitud del 83%, concluyendo que el localizador apical

Root ZX® no puede ser adversamente afectado por la presencia del hipoclorito de sodio.³⁰

En un estudio se tomó una muestra de 22 dientes que totalizaban 31 conductos. Se midió cada uno de ellos con el localizador apical Root ZX® y se les tomó una radiografía individualmente, por diferentes operadores, para evaluar el porcentaje de exactitud de este aparato. Se dividió el análisis según: los líquidos en los conductos, el diagnóstico y la longitud radiográfica.²

Análisis según líquidos en los conductos

Root ZX	Sangre y restos	Hipoclorito de	Total de
	Pulpaes	sodio	conductos
Aceptable	10	11	29 (94 %)
No aceptable	1	0	2 (6%)

Porcentaje de aceptación del localizador apical Root ZX®

Root ZX	Necrosis	Pulpitis	Retratamiento	Total de
				dientes
Aceptable	8	9	3	20 (91 %)
No aceptable	0	1	1	2 (9 %)

Análisis por conducto comparado con la Rx.

Distancia	0.5 mm	1.0 mm	2.0 mm	Total de
ápice RX				conductos
Root ZX	27	2	2	31
%	87.1	6.45	6.45	100

Se realizó un estudio en 14 dientes para evaluar una nueva técnica para reducir la dosis de radiación durante la terapia endodóncica: combinando un localizador apical (Root ZX®) y un sistema de imagen digital (radiovisiografía). Después de examinar la película preoperatoria, se utilizó el localizador apical Root ZX® para medir la longitud de trabajo. Se realizó la preparación biomecánica y el cono maestro fue evaluado por una radiovisiografía (RVG). Se tomó una RVG postoperatoria para evaluar la obturación final. El seguimiento y examinación clínica y radiográfica durante un período de 6 a 8 meses, reveló satisfactoriamente la curación apical. Estos resultados indicaron que el éxito de la técnica de obturación puede ser realizada con una sola exposición a la radiación usando la RVG para la evaluación del cono maestro. Esta técnica puede ser utilizada en pacientes que no pueden exponerse a repetidas radiaciones durante la terapia endodóncica.³⁷

4.2 Estudios in vitro

Un estudio in vitro evalúa la habilidad del localizador apical Root ZX® para evitar la instrumentación más allá del foramen apical en premolares extraídos que fueron sometidos a la determinación de la longitud de trabajo radiográfica y electrónica, utilizando una regla calibrada. Se encontró que la determinación de la longitud de trabajo radiográfica más allá del foramen apical fue de más o menos 51% de los conductos radiculares. La medición electrónica del ápice radiográfico con el localizador apical Root ZX® redujo el porcentaje a 21%. Estos resultados recomiendan el uso de los modernos localizadores apicales adicional a la determinación de trabajo radiográfica, donde probablemente va a confrontar al clínico con valores que probablemente le causen desacuerdo, por consiguiente debe tomar una decisión. En casos con pequeñas diferencias (menos de 2 mm) entre la medición electrónica y radiográfica se recomienda usar la medida más corta

porque la frecuencia más baja de instrumentación más allá del foramen apical fue alcanzada cuando se utilizó la medida más corta de ambos métodos. Esto enfatiza el beneficio de la combinación de la radiografía y de los localizadores apicales para la determinación de la longitud de trabajo.⁹

Se realizó un estudio in vitro para hacer una comparación experimental del localizador apical Root ZX® con una medición real de la longitud del conducto radicular usando un gel salino para simular el periodonto. Se utilizaron 39 dientes extraídos con una sola raíz y ápices cerrados. Los resultados de este estudio demostraron que el localizador apical Root ZX® da mediciones dentro de un rango de 0.5 mm en el 87.72% de los casos.³¹

En otro estudio se evaluó la exactitud in vitro del localizador apical Root ZX® en presencia de diferentes irrigantes endodóncicos. El modelo in vitro, descrito por Donnelly consistió en gelatina refrigerada hecha con 0.9% de cloruro de sodio diluido en agua. El seguimiento de este estudio se realizó con los siguientes irrigantes: lidocaína al 2% con 1:100,000 de epinefrina, hipoclorito de sodio al 5.25%, RC prep., EDTA líquido, peróxido de hidrógeno al 3% y Peridex. Un total de 30 extractos fueron usados en dientes con una sola raíz. Los resultados indicaron que este localizador apical mide con exactitud entre 0.31 mm y que no existen diferencias entre los seis irrigantes que fueron utilizados para la determinación de la longitud de trabajo. Estos resultados soportan el concepto de que el localizador apical Root ZX® es útil, versátil y exacto para la determinación de la longitud de los conductos radiculares ante cualquier irrigante utilizado.²¹

En otro estudio in vitro, se comparó el localizador apical Root ZX® con el Endex® o Apit® en cuanto a la habilidad y exactitud para localizar la constricción apical en presencia de varios fluidos, se utilizaron 41 conductos radiculares, los cuales fueron irrigados con hipoclorito de sodio

al 1%, agua oxigenada al 3% y cloruro de sodio al 0.9%, respectivamente; posteriormente se tomaron medidas con el localizador apical Root ZX® (lecturas: apex, 0.5 y 1) y con el Apit® (lectura: apex y 3) se observó que el localizador apical Root ZX® es más exacto (76-85%) para medir la longitud de trabajo tanto en la lectura a 0.5 como la lectura denominada Apex y sobre todo si el conducto contiene hipoclorito de sodio, mientras que el Apit® es más fiable en las lecturas que realiza como Apex y se ve más influenciado por el contenido del conducto.⁴¹

En un estudio in vitro se evaluó la exactitud del localizador apical Root ZX® para determinar la longitud de trabajo en dientes con resorción radicular apical simulada. En este estudio fueron usados 15 dientes humanos extraídos con una sola raíz y ápices completos. Se realizó una cavidad irregular perforando el ápice de cada diente simulando una resorción radicular apical. Tres operadores utilizaron el Root ZX® para medir la longitud de trabajo, comparando las lecturas electrónicas con las mediciones visuales directas. El Root ZX® fue exacto en 62.7%, 94% y 100% dentro de 0.5 mm, 1 mm y 1.5 mm de las mediciones visuales directas.¹³

CONCLUSIONES

El uso del localizador apical Root ZX es un método rápido, objetivo, cómodo y preciso para determinar la longitud de trabajo. Aunque no sustituye el método radiográfico, se complementan.

El localizador apical Root ZX® es especialmente eficaz, para detectar la constricción apical del conducto. Los datos que provee, sumados a los obtenidos por medio, de las indispensables radiografías de gran calidad, proporcionan una base más segura para la intervención en los conductos radiculares.

Según diversos estudios, el localizador apical Root ZX®, proporciona índices de precisión que varía entre el 74.6% y 96.2%.

El localizador apical Root ZX® es útil y preciso para la determinación de la longitud de los conductos radiculares ante cualquier irrigante utilizado.

Cuando se utiliza a menudo, resulta más eficaz, puesto que el profesional va adquiriendo más destreza en su manejo.

La confiabilidad de este aparato contribuirá al uso creciente de este importante recurso para determinar la longitud de trabajo.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Alcalde, P. Curso de electricidad general. Madrid, Paraninfo, 1998. 18-27.
2. Basrani, E. Endodoncia Integrada. 1ª ed. Caracas, Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica, C.A., 1999: 143-151.
3. Beach, C., Branwell, J., Hutter, J. Use of an electronic apex locator on a Cardiac pacemaker patient. Journal of Endodontics. 1996;22(4): 182-4.
4. Beer, R., Baumann, M., Kim, S. Atlas de Endodoncia. Masson, 1998: 110-117.
5. Canalda, S., Brau, E. Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas. Masson, 2001: 161-163.
6. Cohen, S. Pathways of the pulp. 7ª ed. St. Louis, Missouri, Mosby. 1998: 209-211.
7. Cohen, S. Vías de la pulpa. 8ª ed. Ed. Mosby, 2002: 244.
8. Dunlap, C., Remeikis, N., BeGole, E., Rauschenberger, C. An in vivo evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals. Journal of Endodontics. 1998;24(1): 48-50.
9. Elayouti, A., Weiger, R., Lost C. The ability of root zx apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. Journal of Endodontics. 2002; 28(2): 116-119.
10. Engel, G., McClanahan, S. Uso clínico de los localizadores electrónicos del ápice con un énfasis en el Root ZX®. Actualización Clínica. 2003, 25:9.

11. Ford, P. Endodoncia en la práctica clínica. 4ª ed. McGraw-Hill Interamericana, 1999: 66-67.
12. Fowler, R. Electricidad: principios y aplicaciones. Reverté, 1994: 27-351.
13. Goldberg, F., De Sivio, A., Manfre, S., Nastri, N. In vitro measurement accuracy of an electronic apex locator in teeth with simulated apical resorption. *Journal of Endodontics*. 2002;28(6): 461-463.
14. Griffiths, B. Comparasion of three imaging techniques for assessing endodóntico working length. *Journal of Endodontics*. 1992;25: 279-287.
15. Grimberg, F., Banegas, G., Chiachio; L., Zmener, O. In vivo determination of root canal length: a preliminary report using the tri auto ZX apex-locating handpiece. *Journal of Endodontics*. 2002;35: 590-593.
16. Guldener, P., Langeland K. Endodoncia. Diagnóstico y tratamiento. Barcelona, Cuellar, 1995: 159-165.
17. Hembrough, J., Weine, F., Pisano, J., Eskoz. Precisión de un localizador electrónico del ápice: valoración clínica en molares superiores. *Endodoncia*. 1993;11(3): 150-156.
18. Ibarrola, J., Chapman, B., Howard, J., Knowles, K., Ludlow, M. Effect of preflaring on Root ZX apex locators. *Journal of Endodontics*. 1999;25(9): 625-6.
19. Ingle, J. Endodoncia. México, Interamericana, 1996: 198-205.
20. J. Morita Corporation. Root ZX-root canal length measuring device, operator's manual. Tustin, CA: J. Morita Corporation.

21. Jenkins, J., Walker, W., Schindler, W., Flores, C. An in vivo evaluation of the accuracy of the Root ZX in the presence of various irrigants. *Journal of Endodontics*. 2001;27(3): 209-211.
22. Johnson, W. *Color Atlas of endodontics*. Ed. W. B. Saunders Company, 2002.
23. Kaufman, A., Fuss, Z., Keila, S., Waxenberg, S. Reability of different electronix apex locators to detect root perforations in vitro. *Journal of Endodontics*. 1997;30(6): 403-7.
24. Kaufman, A., Keila, S., Yoshpe, M. Accuracy of a new apex locator: an in vitro study. *Journal of Endodontics*. 2002;35: 186-192.
25. Kobayashi, C., Okiji, T., Kawashima, N., Suda, H., Sunada, I. A basic study on the electronic root canal length measurement: Part. 3. Newly designed electronic root canal length measuring device using division method. *Jpn. J. Conserv. Dent*. 1999;34:144-48
26. Kobayashi, C. Electronic canal length measurement. *Oral Surg*. 1995;79: 226-31.
27. Kuttler, Y. Microscopic investigation of root apexes. *The journal of the American Dental Association*. 1955;16: 544-552.
28. Martinez, M., Corner, L., Sanchez, J., Llana, P. Methological considerations in the determination of working length. *Journal of Endodontics*. 2001;34: 371-376.
29. Mastch, L., Rodríguez, A., Paz, C., Pazos, R., López, A., De Paz, H. Evaluación clínica del localizador de ápices Root ZX. *Endodoncia*. 2000;18(3): 159-165.

30. Meares, W., Steiman, R. The influence of sodium hypochlorite irrigation on the accuracy of de Root ZX electronic apex locator. *Journal of Endodontics*. 2002;28(8): 595-598.
31. Muñoz, R. Localizadores de ápices: últimas generaciones. *Gaceta Dental*. 2001;119: 64-69.
32. Ochoa, C., Jiménez, A. Localizadores apicales. *Pontificia Universidad Javeriana*. 2003;7:40-52.
33. Ounsi, H., Naaman, A. In vitro evaluation of the reability of the rot ZX electronic apex locator. *Journal of Endodontics*. 1999;32: 120-123.
34. Pagavino, G., Pace, R., Baccetti, T. A SEM study of in vivo accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *Journal of Endodontics*. 1998;24(6): 438-441.
35. Root ZX Operation Instructions. 1998. J. Morita Corporation. Tokyo, Japan. 1-13.
36. Ruiz, P., Barasona, P. Localizadores electrónicos de ápice de doble frecuencia: aplicaciones clínicas. *Endodoncia*. 1998;16(3): 147-159.
37. Saad, Y. Radiation dose reduction during endodontic therapy new technique combining an apex locator (Root ZX) and digital imaging system (RadioVisioGraphy). *Journal of Endodontics*. 2000;26(3): 144-147.
38. Shabahang, S., Goon, W., Gluskin, A. An in vivo evaluation of Root Zx electronix apex locator. *Journal of Endodontics*. 1996; 22: 616-18.
39. Soares, I. *Endodoncia. Técnicas y Fundamentos*. Médica Panamericana, 2002: 83-84.

40. Walton, R., Torabinejad M. Endodoncia: principio y prácticas. 2ª ed. México, McGraw-Hill Interamericana, 1996: 209-212.

41 Weiger, R., John, C., Geigle, H., Lost, C. An in vitro comparasion of two modern apex locators. Journal of Endodontics. 1999;25(11): 765-68.

42. Weine, F. Tratamiento Endodónico. 5ª ed. Barcelona, Harcourt Brace, 1997: 395-422.

43. www.iztacala.unam.mx/~rrivas/