



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE TRABAJO
MEDIANTE EL USO DEL LOCALIZADOR ELECTRÓNICO,
EN 3D.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

ADRIANA ALEJANDRA ÁNGELES SORIANO

TUTOR: Esp. MARIO GUADALUPE OLIVERA EROSA

ASESORA: Esp. LUCÍA CRUZ CHÁVEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE TRABAJO MEDIANTE EL USO DEL
LOCALIZADOR ELECTRÓNICO, EN 3D.

Agradezco a Dios por todas las oportunidades que ha puesto en mi camino, por permitirme concluir esta gran etapa de mi vida, por todas las personas bonitas que me rodean, llenan de amor y dan alegría a mi vida, ayudándome a ser mejor persona en cada paso que doy.

A mi mamá, por confiar siempre en mí, porque me impulsaste a dar lo mejor en cada momento y a luchar por lo que soñaba, porque nunca te cansaste de repetirme lo valiosa que soy y lo fuerte que tengo que ser para los momentos difíciles, gracias por siempre estar para mí. Bonita esto te lo debo a ti, por tu dedicación y esfuerzo por verme bien. Me llevo tus palabras de aliento acompañadas de tú sonrisa en mi corazón, de aquí al cielo te dedico esto con amor.

A mi papá, por siempre buscar dar lo mejor a tu familia, por todos los sacrificios que haces para verme bien y con una sonrisa, eres mi hombre favorito y mi gran ejemplo a seguir. Gracias por todo tu esfuerzo, dedicación y paciencia para que esto fuera posible, por confiar en mí y darme una palabra de aliento, por apoyarme en cada paso que doy, por inculcarme junto a mamá valores para ser mejor persona y nunca darme por vencida.

A mis hermanos, por siempre apoyarme y ayudarme cuando más lo necesito, por su cariño y comprensión, por sus palabras de aliento para cada momento, por la unión que tenemos para realizar una locura y por sus sonrisas que hacen felices mis días pero sobre todo por ser los mejores compañeros de vida que pude tener.

A Toño, por siempre estar para mí y escucharme en todo momento y darme tanto amor, por tu paciencia bonita hacía mi, por tu positivismo que siempre me buscas contagiar y que día a día busque ser mejor persona, por todos los momentos felices en mis días difíciles, amo aprender y crecer a tu lado.

A Javy, por ser como un hermano y siempre apoyar a mi familia.

A mis amigas, Angie, Pao, Xime y Lore por enseñarme el valor de una gran amistad, ustedes han confiado mucho en mí, me han enseñado a ser mejor persona, el haberlas conocido le dio un giro bonito a mi vida, gracias por compartir y transmitirme sus conocimientos y experiencias durante la carrera y en el ámbito profesional, por todos los momentos de alegría que hemos pasado juntas.

DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE TRABAJO MEDIANTE EL USO DEL
LOCALIZADOR ELECTRÓNICO, EN 3D.

A mi tutor Esp. Mario Guadalupe Olivera Erosa y mi asesora Esp. Lucía Cruz Chávez por ayudarme y guiarme en esta etapa, por el tiempo y dedicación para que este trabajo fuera posible.

Y especialmente gracias a mi segunda casa, la UNAM porque sin ella nada de esto estaría pasando, a cada uno de mis profesores que formaron parte de mi formación académica, por su dedicación y entrega, por transmitirme cada conocimiento y experiencia de esta hermosa carrera.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
OBJETIVO.....	7
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES	8
CAPÍTULO 2 CONCEPTOS ANATÓMICOS.....	26
2.1 Conducto dentinario	27
2.2 Conducto cementario.....	27
2.3 C.D.C.....	28
2.3.1 Constricción apical	31
2.4 Foramen apical	33
2.5 Posición del foramen apical	37
2.5.1 Ápice anatómico.....	38
2.5.2 Ápice radiográfico	38
CAPÍTULO 3 DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD REAL DE TRABAJO	40
3.1 Definición	40
3.2 Métodos radiográficos	40
3.3 Imagen radiovisiográfica	50
3.4 Método electrónico	51
CAPÍTULO 4 TÉCNICA.....	56
CAPÍTULO 5 EFECTIVIDAD DEL MÉTODO ELECTRÓNICO PARA DETERMINAR LA LONGITUD DE TRABAJO	61
CAPÍTULO 6 RESORCIONES APICALES	70
CONCLUSIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

INTRODUCCIÓN

El éxito del tratamiento de conductos radiculares consta de diferentes etapas, una de las etapas más importantes es la correcta determinación de la longitud del conducto radicular, y así precisar con la mayor exactitud posible el límite apical de la instrumentación y la obturación radicular final.

La longitud de trabajo está definida como la distancia desde un punto de referencia coronal preestablecido hasta la unión cemento-dentina-conducto, que es el punto en el que deberían llegar los instrumentos en el interior del conducto, se ha reportado que el mejor pronóstico se tiene cuando la obturación llega a la unión cemento-dentinaria-conducto, esto permite una preservación del muñón pulpar, el cual juega un papel importante para la reparación del tejido perirradicular.

Es importante tener en cuenta la anatomía dentaria interna, ya que es necesario tener el conocimiento de todo lo que conlleva sus variaciones normales, es fundamental para una perfecta ejecución de desinfección microbiana adecuada, conformación y un sellado hermético del conducto radicular.

A lo largo de los años se han descrito una variedad de métodos para la determinación de la longitud de trabajo, estos han abarcado desde la sensación táctil, la presencia de fluidos corporales en la puntas de papel, el conocimiento de la morfología de los conductos radiculares, las radiografías y el método electrónico.

DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE TRABAJO MEDIANTE EL USO DEL LOCALIZADOR ELECTRÓNICO, EN 3D.

Durante mucho tiempo el método radiográfico ha sido el más utilizado, a pesar de los inconvenientes que plantea la subjetividad de la interpretación y limitación de una imagen que sólo muestra la visualización de dos dimensiones, además de la superposición de planos y la distorsión de imagen.

Una alternativa al método radiográfico es el empleo de localizadores apicales electrónicos los cuales son dispositivos que tratan de localizar la constricción apical, unión cemento-dentina o el agujero apical. Su principio se basa en la diferencia de cargas y resistencias eléctricas entre el ligamento periodontal y el interior del conducto radicular. Los localizadores electrónicos de última generación permiten obtener resultados satisfactorios. Diferentes autores recomiendan el empleo combinado de radiografías y el localizador electrónico de ápice para una determinación de la longitud radicular más precisa, la radiografías aportan información anatómica elemental que se podría olvidar si se utiliza sólo localizador de ápice electrónico.

Los localizadores electrónicos ayudan en el diagnóstico de perforaciones y de resorciones radiculares, así como también la comunicación de esta con el ligamento periodontal.

OBJETIVO

Describir la efectividad, confiabilidad y precisión del método electrónico mediante el uso de localizadores apicales para la correcta determinación de la longitud de trabajo, así como también el conocimiento de la anatomía dental interna para lograr de manera satisfactoria un pronóstico favorable en el tratamiento de conductos haciendo uso de la revisión bibliográfica.

CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES

Todo procedimiento del tratamiento endodóncico debe estar limitado dentro del sistema de conductos radiculares. La longitud de trabajo o conductometría es un procedimiento clínico que requiere un nivel de precisión, esto se debe a la relación con la preparación biomecánica, eliminación de bacterias y consecuente obturación tridimensional de los conductos radiculares por ello tiene como objetivo principal detectar la terminación apical del conducto radicular y así precisar el límite del conducto, esto contribuye al éxito del tratamiento.^{1,2}

Existen diversos métodos para determinar la longitud de trabajo, estos van desde la percepción táctil, el conocimiento anatómico, la sensibilidad periapical, las puntas de papel humedecidas con sangre, radiografías y los localizadores electrónicos del foramen apical.¹

El método electrónico con localizadores del foramen apical para la determinación de la longitud de trabajo actúa con el principio de funcionamiento de circuito eléctrico y utiliza al cuerpo humano como uno de los componentes. El valor de la conductividad eléctrica de los tejidos alrededor del ápice de las raíces de los dientes es mayor que la conductividad dentro del sistema de conductos radiculares.^{1,30}

El método electrónico fue investigado por primera vez por *Custer* en 1918.¹ Posteriormente *Suzuki* en 1942, realizó un estudio que consistía en el flujo de corriente directa realizando iontoforesis en dientes de perros donde obtuvo valores constantes de 6.5 kiloohmios (k Ω) (equivalentes a 40 μ A) de resistencia eléctrica entre el electrodo colocado en la mucosa bucal y el instrumento colocado en el conducto radicular, suponiendo que los valores obtenidos serían la longitud radicular del diente.^{1,5}

Sunada en 1962, realizó un estudio similar en humanos, construyó el localizador de ápice electrónico original, señalando que la punta del instrumento endodónico había alcanzado la membrana periodontal a través del agujero apical, la resistencia eléctrica entre el instrumental y la membrana de la mucosa bucal daba un valor constante, con independencia de la edad del paciente, del diámetro del conducto o de las formas de los dientes. Entonces según este principio fundamental, estos aparatos basados en la resistencia deben ser capaces de detectar tejido periodontal en el agujero apical. A partir de este descubrimiento, los localizadores electrónicos han sido de gran utilidad en los tratamientos de conductos.⁶

La mayoría de los localizadores demostraron ser muy precisos en canales secos, desafortunadamente su uso fue limitado a la falta de precisión en conductos húmedos o con presencia de sangre, electrolitos, exceso de humedad, tejido pulpar vital o restos de irrigantes.¹²

Beatty y Aurelio destacan que una de las mayores ventajas que la toma de radiografías tiene sobre el uso de localizadores apicales electrónicos es el hecho de que sirve como documento concreto.³

En la actualidad el desarrollo de localizadores de ápice electrónico ha generado a la fecha la clasificación de cuatro generaciones. Esta clasificación es la modificación de la clasificación de *McDonald*. La clasificación se basa en el tipo de flujo de la corriente y la oposición al flujo de corriente así como el número de frecuencias implicadas.²

Primera Generación

Se basaron en el principio de resistencia eléctrica que consistía en dos electrodos, uno acoplado al instrumento que va insertado en el conducto radicular y otro aplicado en la mucosa bucal, entre los electrodos se determina una corriente continua de bajo amperaje, esto se observaba cuando la punta de la lima alcanza el ápice en el conducto, el valor de la resistencia es de 6,5 kilohmios (corriente eléctrica 40mA). Se ha demostrado que los localizadores de ápice basados en la resistencia son exactos en condiciones secas dentro del conducto. Estos dispositivos también se conocen como localizadores apicales de resistencia.^{1, 33}

Dispositivos como el Root Canal Meter fue desarrollado en 1969. El principio de funcionamiento de este dispositivo fue de resistencia y corriente alterna con una onda sinusoidal de 150Hz. Esto provocaba dolor en los pacientes debido a las elevadas corrientes. Posteriormente fue mejorado y se lanzó al mercado con el nombre de Endodontic Meter y Endodontic Meter S II, la diferencia entre ellos era que utilizaba una corriente de menos 5 μ A.¹

Otros dispositivos de primera generación son el Dentometer y el Endoradar. Se encontró que estos dispositivos son pocos fiables en comparación con las radiografías porque muchas de sus lecturas resultaban significativamente largas o cortas para una longitud de trabajo aceptable.¹

Como desventajas de esta generación no siempre son exactos en presencia de pus, electrolitos fuertes, hemorragias y tejido pulpar.²

Esta generación de localizadores de ápices cayó en desuso, ya que el empleo clínico encontraba limitaciones para la localización exacta del foramen, debido a que los conductos deben estar totalmente secos, por lo tanto prácticamente limpios e instrumentados.⁷

Segunda Generación

Los localizadores de segunda generación también conocidos como localizadores apicales de impedancia, se basaron en el principio de una corriente alternada, es decir, en la que no existe interposición entre los polos positivo y negativo, la resistencia eléctrica medida a partir de corriente eléctrica alternada se denomina impedancia (capacidad de materiales que impiden el paso de corriente eléctrica), siendo medida en ohm(Ω), la cantidad de veces que la polaridad oscila en el electrodo determina el valor de la frecuencia a la corriente. Estos aparatos utilizaban la impedancia en una sola frecuencia. La impedancia se compone de resistencia y capacitancia.^{1, 33}

El cambio al método de medición por frecuencia fue desarrollado por *Inoue* en 1971.^{2,3}

En 1973 *Inoue*, desarrolló el método audiométrico que es capaz de realizar la longitud de trabajo uniendo el uso del amperímetro con el reconocimiento de las señales sonoras producidas por el paso de corriente eléctrica a través de la membrana periodontal. *Inoue* se basó en el hecho que la encía y el ligamento periodontal son tejidos continuos con la capacidad de producir señales sonoras de baja frecuencia.^{2, 3}

En 1977 *Suchde y Talim*, observaron en un aparato experimental que ya seguía los principios de la impedancia, un índice de acierto, in vivo, del orden del 88.2%, donde los casos que no fueron precisos están relacionados con la presencia de lesión en los tejidos periapicales, exudado, ápice amplio o abierto.³

Un dispositivo de esta generación era el Sono-Explorer (Hayashi Dental Supply, Tokio, Japón) que calibra en la bolsa periodontal de cada diente y mide la retroalimentación del asa osciladora.^{2,3}

En un estudio al utilizar el Sono Explorer Mark III para probar su eficiencia en la determinación de la longitud del conducto radicular con señal sonora, se utilizó una lima tipo K que fue colocada en la presilla e insertada en el conducto hasta que el punto de panel medidor se ubicara entre las dos “L”, disparando simultáneamente una alarma audible. Con la lima en posición se tomó la radiografía para la confirmación. En los dientes probados, a través de la interpretación radiográfica de la región apical, se observó que el método audiométrico suministró un halo radicular entre el fin del instrumento y el vértice radiográfico que osciló entre 0,5 a 1,5 mm. En solo 5% de los casos estudiados, la distancia entre la punta del instrumento y el vértice radiográfico fue igual a 0,0 mm. En el 61,7% de los casos, el halo radiográfico midió 1,0 mm y en 23,33% de los casos, la punta de la lima al vértice radiográfico de la raíz fue igual a 1,5 mm y en 10,00% de las oportunidades, el halo midió 0,5 mm la certeza radiográfica de la presencia de un halo de estructura dental que recubre la punta del instrumento debe asegurar que se está actuando dentro de los límites del conducto.³

Hasegawa en 1978, desarrolló el método electrónico de impedancia, utilizando alta frecuencia (400 kHz), cuyo aparato más representativo fue el Endocater (Hygenic), que utiliza sondas recubiertas de teflón, excepto en su extremo apical, para evitar el efecto negativo de los líquidos en el interior del conducto radicular, este aparato no presentó la precisión necesaria para subsistir los métodos radiográficos.^{1,12}

La desventaja de los localizadores apicales de esta generación era la inexactitud al medir los conductos en los que hay presencia de tejido y soluciones irrigantes electroconductoras, ya que modifican las cargas eléctricas y producen mediciones erróneas, por lo general más cortas.^{7,33}

Pilot y Pitts estudiaron que la solución de hipoclorito de sodio al 5.25%, la solución de EDTA al 14.45% y la solución salina normal son conductoras, en tanto el RC Prep y el alcohol isopropílico no lo son.³³

Aunque se diseñaron instrumentos con una aislación especial, a fin de que el extremo fuera el único punto conductor, esta capa superficial se deterioraba con el uso y no permite trabajar en conductos estrechos, ya que se atascaba en ellos.⁷

Algunos dispositivos de esta generación son:

- **Sono Explorer II:** Es uno de los primeros localizadores del ápice de 2da generación.
- **Apex Finder (SybronEndo/ Analytic; Orange, California):** Tenía un indicador visual digital LED y se autocalibra. Comparado con la estimación radiográfica de la longitud de trabajo, la exactitud se sitúa en 67% (0,5 mm del ápice radiográfico).³³
- **Endo Analyzer (Analytic/ Endo: Orange, California):** Es un pulpómetro y localizador de ápice combinado. De este dispositivo se han realizado varios estudios in vivo. En comparación con las estimaciones radiográficas de la longitud de trabajo, un estudio ubicó la exactitud en 67%(0.5 mm del ápice radiográfico).³³
- **Digipex (Mada Equipment Co., Carlstadt, Nueva Jersey):** Tiene un indicador visual digital LED y un indicador audible, requiere de calibración.
- **Digipex II:** Es una combinación de localizador del ápice y probador de la vitalidad pulpar.
- **Exact-A-Pex (Ellman International, Hewlett, Nueva York):** Tiene una pantalla LED de gráfico de barra y un indicador de audio. Un estudio in vitro reportó una exactitud de 55% (0,5 mm del ápice).

- **Formation IV (Parkell Dental):** Tiene un flash de luz LED y una pantalla digital LED, no requiere de calibraciones. Se ha encontrado que las determinaciones electrónicas son exactas en el 65% de los casos. En otros estudios obtuvieron resultados del 32% en casos que coincidieron con el ápice radiográfico y 36% se quedaron cortos, ninguno excedió. Este dispositivo es pequeño, ligero y económico.
- **El Pio (Denterials Ltd., St. Louis, Missouri):** Tiene una pantalla métrica analógica y un indicador de audio. Tiene botón de ajuste para calibración.^{2,33}

Tercera Generación

En 1983, *Ushuyama* desarrolló un nuevo método electrónico para medir conductos radiculares aún ante la presencia de sangre, exudado, saliva o suero.³

Yamashita en 1984, propuso un método para calcular la diferencia entre dos potenciales del conducto radicular, a partir de fuentes emisoras de ondas de dos frecuencias.⁷

Yamaoka et al. en 1989, demostraron una variación en el método electrónico, basado en la determinación de los valores de resistencia eléctrica en función de dos frecuencias de corriente alterna (lectura de la impedancia frecuencia dependiente o simplemente método de la frecuencia).^{1,3}

Al inicio de los años 90, fueron introducidos este tipo de localizadores, estos dispositivos utilizan una tecnología más avanzada, usan frecuencias múltiples para determinar la distancia del extremo del conducto, midiendo la diferencia que existe entre la impedancia entre dos frecuencias (número de veces que se repite un proceso periódico por unidad del tiempo) o bien el rango de dos impedancias electrónicas. Estas unidades cuentan con unos

microprocesadores potentes, capaces de procesar el cociente matemático y los cálculos de un algoritmo el cual es denominado método de medición proporcional para obtener lecturas precisas.^{1,2,15} Se demostró que los electrolitos no tenían ningún efecto significativo en la precisión de la unidad.¹⁵

En los entornos biológicos, el componente reactivo facilita el flujo de la corriente alterna para frecuencias más altas que bajas, de tal manera que un tejido a través del cual fluyen dos corrientes alternas de frecuencias distintas obstaculizará más a la corriente de frecuencia baja que a la corriente de frecuencia más alta. El componente reactivo del circuito puede verse modificado conforme cambia la posición de una lima en un conducto. Cuando esto sucede, las impedancias ofrecidas por el circuito a las corrientes de frecuencias distintas cambiarán el uno con respecto al otro.

Estos dispositivos miden la impedancia y no la frecuencia y las magnitudes relativas de las impedancias se convierten en la medida de la longitud de trabajo.³³

En 1993, *Kauf-man y Katz*, indican que el uso de localizadores apicales electrónicos también demostró cualidades interesantes en los que se refiere a los conductos perforados, ya que limita la penetración de la lima, impidiendo el fracaso y optimizando el pronóstico de la perforación.³

Kobayashi en 1995, dio a conocer un método proporcional para medir la longitud del conducto radicular a partir del promedio de dos frecuencias diferentes calculado cuando se llega al ápice. El principio se basa en que, un tejido a través del cual fluyen corrientes alternas de distintas frecuencias, se impedirá más el paso de la corriente de menor frecuencia que el de la mayor frecuencia: pero esta situación cambiará cuando la lima se ubique cerca al ápice.⁷

Dispositivos de esta generación incluye el Endex o Apit (Osada): este fue el localizador de ápice original de 3ra. generación, fue descrito por *Yamaoka* y cols.² Utiliza un método que responde a valores de frecuencia relativa (dos frecuencias de 1 y 5 kHz) para detectar la constricción apical por medio de sustracción, este localizador es capaz de medir longitudes en presencia de electrolitos, sin embargo, es necesario calibrar el aparato en cada conducto.^{5,15}

Los dispositivos de tercera generación tienen como ventajas:

- Diversos mecanismos de lectura, ya sea pantallas de cristal líquido; en las cuales se leen los valores progresivos alcanzados por la profundización del instrumento utilizado en la medición, también por sistemas luminosos de LED; que indican los valores de la longitud del conducto radicular con respecto al foramen.⁷
- Todos presentan algún tipo de alarma lumínica, sonora o combinada el cual indica que se ha alcanzado el foramen apical.⁷
- El dispositivo tiene más exactitud cuando el conducto está relleno con electrolitos, es más efectivo cuando el agujero apical es ancho.
- El fabricante señala que el tamaño del instrumento endodónico no interfiere en la medición.
- Puede emplearse para determinar la longitud de trabajo bajo varias condiciones tales como hemorragias, exudado e hipoclorito de sodio en los conductos.
- Permiten controlar el avance del instrumento dentro de la luz del conducto a medida que se aproxima al foramen, esto es en los últimos tres milímetros apicales.⁷

DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE TRABAJO MEDIANTE EL USO DEL LOCALIZADOR ELECTRÓNICO, EN 3D.

La exactitud es de 96.5%(0,5-0,0 mm de ápice).²

El estudio in vitro de dientes de cadáveres humanos realizado por *Pratten y Mc Donald* comparó las determinaciones mediante Endex con los cálculos radiográficos y con las determinaciones anatómicas directas de la longitud de trabajo; Endex fue un poco más fiable que las técnicas radiográficas dando como resultado el 81% de las determinaciones con Endex estuvieron a -0.5 a 0.0 mm de la constricción apical. ³³ Figura 1

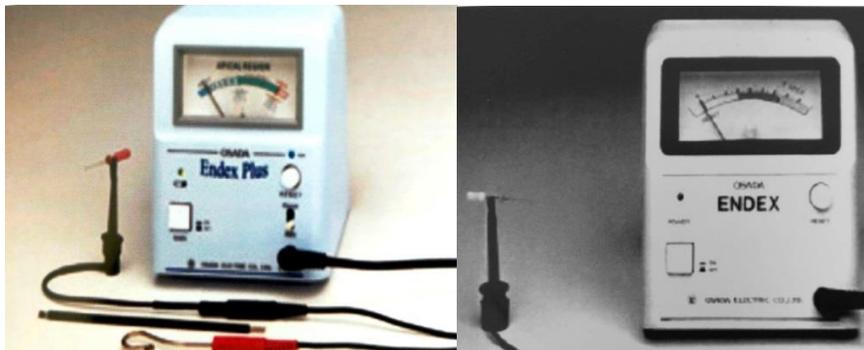


Figura 1 Localizador de ápice Endex Plus y Endex.²

El Justy -II o Justwo necesita de frecuencias de 500-2.000 Hz, se basa en un método de valor relativo en el cual se obtienen dos potenciales que corresponden a dos impedancias del conducto radicular, estos dos potenciales se convierten en valores logarítmicos y uno se resta del otro dando como resultado la activación del medidor. El fundamento del Just-II es parecido al Root ZX. El medidor analógico y el indicador de audio exhiben la posición de la punta del instrumento dentro del conducto, éste dispositivo determina la longitud de trabajo en la presencia de electrolitos (figura 2).^{2,33}



Figura 2 Localizador Justwo.

El Root ZX (Morita) con 2 frecuencias de 8 y 0,4 kHz. ¹⁵ Fue uno de los más investigados y en general con muy buenos resultados, fue desarrollado por *Kobayashi* y *Suda* en 1994, mostraron el método del cociente y la auto calibración. Un microprocesador en el dispositivo calcula la relación de las dos impedancias. El método de cociente trabaja sobre el principio en la cual dos corrientes eléctricas con diferentes frecuencias de onda, miden impedancias que son comparadas como un cociente sin afectar el tipo de electrolito contenido en el conducto, el cociente de las impedancias se exhibe en un panel LCD del medidor y representa la posición de la punta del instrumento dentro del conducto. Este dispositivo vino a solucionar los problemas de lecturas falsas producidos por los primeros dispositivos y ha sido objeto de numerosos estudios.⁵

VENTAJAS

- No necesita de ajustes o calibración, este puede ser utilizado cuando los conductos están llenos con electrolitos fuertes o cuando el conducto está vacío y húmedo.
- El medidor LCD es de fácil lectura.

- La ubicación de la punta del instrumento dentro del conducto está indicada en el medidor LCD y por señales audibles del monitor.
- Permite la conformación y limpieza de conductos radiculares con el monitoreo simultáneo y continuo de la longitud de trabajo.
- La exactitud para el dispositivo oscila entre 84% a 100% (0,5 mm para el ápice).³³

DESVENTAJAS

- La pantalla muestra una escala relativa, no indica la distancia absoluta intraconducto de la constricción apical.²

En 1997 menciona *Shock* que las pequeñas variaciones de los resultados para el mismo aparato en estudios distintos pueden ser atribuidos a diversos factores, inclusive condiciones de uso y calibrado del aparato.³

Varios estudios han estudiado sobre la exactitud y fiabilidad del Root ZX, en estos estudios las determinaciones electrónicas de la longitud de trabajo realizadas por Root ZX se compararon con mediciones anatómicas directas de la longitud de trabajo, en tres estudios dio como resultado una exactitud que fluctuó entre el 84y 100% (± 0.5 mm del agujero apical). *Murphy et al.* ocuparon la constricción apical como el punto de referencia apical ideal en el conducto y observaron una precisión del 44% en el rango de tolerancia de 0.0 a +0.5 mm de la constricción apical. En otro estudio se concluyó que el Root ZX mostraba menos desviación promedio que los dispositivos de segunda generación.³³ Figura 3

DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE TRABAJO MEDIANTE EL USO DEL LOCALIZADOR ELECTRÓNICO, EN 3D.



Figura 3 Localizador Root ZX.²

El Apex Finder AFA7005 (Analytic Endodontic) tiene una señal que posee 5 frecuencias para leer cuatro amplitudes de cociente, también presenta un auto calibrador y puede leer en presencia de electrolitos, según resultados obtenidos por *Pommer et al.* encontraron que las puntas de las limas se encontraban entre 0,5 y 1 mm del ápice radiográfico en 86% de los casos, detectando constricción apical en 76.6% de los casos necróticos y 93.9% de los vitales. Tiene un indicador de audio y una pantalla de cristal líquido (LCD) que indica la distancia que se halla de la punta del instrumento del agujero apical en incrementos de 0,1 mm.^{4,12,2} Figura 4



Figura 4 Localizador Apex Finder AFA.²

Otros dispositivos de esta generación fue el Neosono Ultima EZ (Satelec Inc; Mont Laurel, NJ, EU) que incorpora un pulpómetro, también es un dispositivo

multi-frecuencia, y el Endo-Analyzer 8005 (Analytic Endodontics) combina el localizador electrónico AFA y un pulpómetro.^{4,12}

Cuarta Generación

Los localizadores electrónicos de ápice de cuarta generación miden la resistencia y capacitancia por separado en lugar de medir el valor resultante de la impedancia. Utilizan dos frecuencias separadas (de 0,4 Hz y 8 kHz), esta combinación de emplear una frecuencia a la vez y utilizar medidas basadas en la media de la raíz cuadrada de los valores de las señales aumenta la presión en la medición y confiabilidad. (Goroon, 2004.) Sin embargo, la impedancia del electrodo no está influenciada por el contenido electrolítico dentro del conducto, cuando se sobrepasa el foramen con la lima este valor se reduce dramáticamente determinando de esta forma la longitud de trabajo de manera eficaz.¹

Un aspecto importante con estos localizadores de ápices es que tienen integrado un microprocesador, el cual computa los valores obtenidos y elimina la necesidad de hacer una calibración durante la determinación de la longitud de trabajo. Estos dispositivos no son afectados por la presencia de irrigantes, sin embargo, es posible que la causa de mediciones erróneas sea por aspectos morfológicos, tales como conductos laterales, accesorios, convergentes, bifurcaciones, reabsorciones patológicas, perforaciones, contacto con fluidos o metales.¹

El dispositivo que destaca más en esta generación es el *Bingo 1020*, que posteriormente VDW lanzaría como Raypex, este aparato está basado en el principio del valor relativo.

Emplea dos frecuencias separadas de 400 Hz y 8 kHz producidas por un generador de frecuencia variable parecidas a los de 3ra. generación, el dispositivo sólo utiliza una frecuencia a la vez, lo que elimina la necesidad de filtros que separan las distintas frecuencias proporcionando una señal más sencilla.²

Kauffman et al. y *Tinaz et al.* encontraron que el Bingo 1020 es tan confiable como el *Root ZX* para la determinación de la longitud de trabajo; siendo superior al método radiográfico aunque existió una correlación entre los resultados, la determinación del primero fue más precisa, a 0,08 mm de la constricción apical(figura 5).²



Figura 5 Bingo 1020.

Uno de los recientes localizadores de la 4ta. generación lanzado en 2003 es el Elements Diagnostic Unit and Apex Locator (SybronEndo, Anaheim, CA,EU) este aparato no procesa la información de la impedancia como un algoritmo matemático, pero toma las mediciones de la resistencia y la capacitancia y los compara con una base de datos que determina la distancia del ápice. Usa una forma compuesta de dos señales 0.5 y 4 kHz, las señales viajan hacia un convertidor digital analógico que lo convierte en una señal análoga que es amplificada y entonces el modelo del circuito se

comporta como resistor y capacitor. Sus fabricantes argumentan menores errores en la medición y lecturas más consistentes. Este dispositivo usa múltiples frecuencias para eliminar la influencia de las condiciones del conducto de manera similar al Root ZX.⁵

Platino et al. compararon en vivo la exactitud del Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator y el Propex, encontraron que la exactitud dentro de ± 0.5 mm fue similar para el Root ZX y el Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, mientras la mayoría de las lecturas con Propex estuvieron pasadas a la constricción apical.⁵ Figura 6



Figura 6 Elements Diagnostic Unit and Apex Locator.²

Propex (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suiza) es un dispositivo que permite la medición del canal radicular en cualquier condición presencia de hipoclorito, de sodio, canal seco, canal húmedo, como resultado de su tecnología de multifrecuencia. Su funcionamiento se basa en múltiples frecuencias para la determinar la longitud del conducto radicular; una característica importante de *Propex* es que el cálculo se basa en la energía de la señal, mientras que los otros localizadores utilizan la amplitud de la señal.⁶ Algunos otros ejemplos de aparatos de esta generación son Root ZX 11, Raypex 4/ 5, Raypex 6, i-Pex.¹Figura 7



Figura 7 Raypex-5.²

Moshonov (2005) realizó un estudio para evaluar confiabilidad del aparato APEX DSP, constató que en 84.72% de los casos hubo coincidencia de las medidas de la longitud de trabajo en relación con el aparato Root ZX.³

Los localizadores apicales antiguos producían una leve corriente eléctrica continua mediante la resistencia de los tejidos a la marcha de ella. Los actuales transmiten una corriente leve, pero de forma alterna y miden la impedancia entre el tejido apical y la mucosa bucal. El localizador de ápice es un aparato apropiado para determinar la longitud de trabajo. Está comprobado que la utilización de localizador de ápice electrónico tiene una mayor eficacia en la longitud de obturación y la disminución de radiografías necesarias, de utilización simple y que ofrece resultados eficaces y precisos.¹³

Diversos investigadores han valorado la capacidad de los localizadores electrónicos en la determinación de la ubicación del foramen, logrando resultados de alto porcentaje de efectividad en conductos con contenido de líquidos conductores de electricidad, por ejemplo: *Trope et al.* (1985), 90%;

Frank et al. (1993), 89%; *Weine et al.* (1993), 88%; *Frajlich et al.* (1994), 69%; *Glushi* (1996), 96%; *Goldberg* (2002), 90%. En los casos estudiados, los resultados positivos oscilan entre el 75 y el 100%.⁷

Diferentes autores recomiendan el empleo combinado de radiografías y el localizador electrónico de ápice para una determinación de la longitud radicular más precisa.¹ Las radiografías aportan información anatómica elemental que se podría olvidar si se utiliza sólo localizador de ápice electrónico. Por lo tanto el localizador de ápice electrónico no se debe considerar infalibles puesto que existen variables que afectan su eficiencia.

CAPÍTULO 2 CONCEPTOS ANATÓMICOS

La estructura anatómica de la cavidad pulpar está considerada muy compleja, por ello es importante tener el conocimiento de todo lo que conlleva sus variaciones normales ya que se intenta interpretar mediante la ayuda de las radiografías teniendo en cuenta que éstas sólo tiene dos dimensiones, y la cavidad pulpar es un plano tridimensional. Esto es fundamental para una perfecta ejecución del proceso de limpieza y preparación del conducto radicular y así aumentar notablemente el porcentaje de éxitos en el tratamiento de conductos.^{11,28}

Kuttler en 1955, divide el conducto radicular en dos partes bien diferenciadas: porción dentinaria: larga, rodeada por dentina y porción cementaria: corta, rodeada por cemento. Esta división tiene gran significado biológico y práctico (figura 8).²⁸

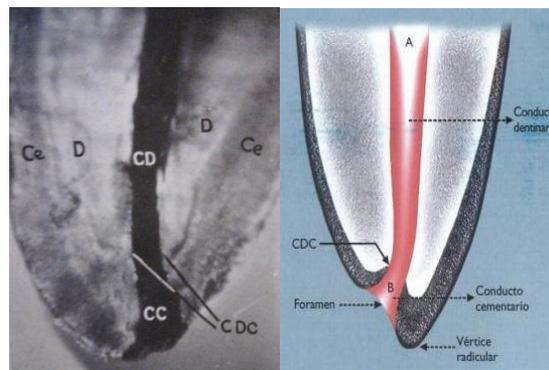


Figura 8 Anatomía del ápice radicular. Conducto dentinario, conducto cementario.

2.1 Conducto dentinario

Esta estructura está formada por dentina radicular, constituido por un tejido conjuntivo mucoso de tipo embrionario rico en dentinoblastos. Se representa en todas las raíces como embudo constante en dirección apical. Kuttler relata que el conducto dentinario se estrecha en sentido apical y el cementario se abre en sentido apical.¹¹ Éste conducto representa la casi totalidad del conducto radicular y abriga al tejido pulpar. Está dentro de los límites que se debe trabajar para la conformación de conductos, tiene por límite apical la unión cemento-dentina-conducto. Su diámetro disminuye con la edad debido a la constante deposición de dentina.^{10, 29}

Es muy importante conocer las curvaturas que pueden estar presentes en el conducto dentinario, ya que sólo un 3% de los conductos es recto.²⁸

2.2 Conducto cementario

El conducto está cubierto de cemento radicular, constituido por un tejido conjuntivo maduro, sin dentinoblastos y perteneciente a la región periapical, su tamaño es corto y su longitud promedio es de 524 micras en dientes jóvenes y 659 micras en dientes de personas mayores de 55 años, por lo general se abre hacia la región apical en forma de cono invertido aunque no siempre tiene la forma de cono invertido, si no que puede tener paredes paralelas o de forma irregular, esta forma de embudo no sólo se va a observar en la porción cementaria del conducto principal, sino que también en las ramificaciones, tiene su porción menor cuando toca internamente a la dentina y su porción mayor en la región apical la cual constituye el foramen apical anatómico. Se encuentra completamente formado entre los tres y cinco años después de la erupción dental.^{10,28,29}

Éste conducto aumenta su espesor con el transcurrir del tiempo debido a las presiones fisiológicas por su continua deposición de nuevas capas que respetan el trayecto del eje vascular nervioso, esto quiere decir que se depositan en forma de abanico. Está constituido por un tejido conjuntivo denominado muñón pulpar que posee características tanto del ligamento periodontal como del tejido pulpar, por lo cual está exento de odontoblastos.^{9,10}

Es muy importante esta porción del conducto y merece la mayor consideración y cuidado durante el tratamiento de conductos, en la terapia endodóncica no se trabaja el conducto cementario, ya que a partir del tejido que lo recubre tendremos el inicio de reparación fisiológica post tratamiento endodóncico, que es constatada microscópicamente por la deposición de cemento en torno al foramen apical.^{10,25}

2.3 C.D.C.

La zona considerada como límite de los procedimientos endodóncicos se conoce como unión cemento-dentina-conducto (C.D.C). Esta estructura anatómica, es la unión que divide la cavidad pulpar en dos regiones, correspondientes al conducto dentinario y conducto cementario que se extiende en dirección del foramen y que es depositada sobre la dentina apical, también es el punto donde termina el tejido de la pulpa y comienzan los tejidos periodontales, es esta característica lo que permitiría las condiciones más adecuadas para la obtención de la salud del tejido periapical.^{1,10,11,15}

El C.D.C es una referencia histológica y no puede ser localizada radiográficamente o clínicamente.² Figura 9

DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE TRABAJO MEDIANTE EL USO DEL LOCALIZADOR ELECTRÓNICO, EN 3D.

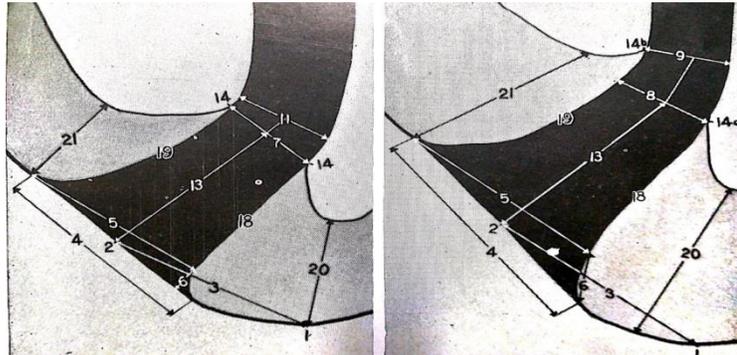


Figura 9 1, Vértice o centro apical. 2, centro del foramen. 3, distancia entre el vértice. 4, diámetro del foramen. 5, diámetro del foramen-conducto. 9, diámetro del conducto al nivel del punto de unión CDC cercano. 11, ubicación del diámetro menor del conducto. 13, distancia entre el centro foraminal y el diámetro más estrecho del conducto. 14,14a y 14b, puntos de unión entre cemento, dentina y conducto.²⁵

Cerca de esta región, en los casos de pulpa vital, se determina la extensión apical para la preparación del conducto radicular. Para las situaciones de necrosis pulpar, con o sin lesión periapical, en virtud de posible reabsorción el límite apical de selección debe ser de aproximadamente 1 mm del vértice apical radiográfico (figura 10).¹¹

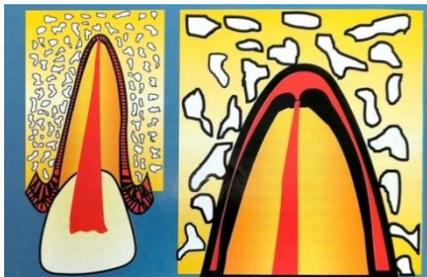


Figura 10 Representación esquemática del área del límite cemento-dentina-conducto (límite CDC).

En 1920, Grove concluyó que el tejido pulpar no podría extenderse más allá del C.D.C. los odontoblasto, no se encontraba más allá del C.D.C.²

Ricucci y Langeland comprobaron que las condiciones histológicas más favorables eran cuando la instrumentación y obturación se mantuvieran antes de la unión cemento-dentina conducto (C.D.C.) y que la sobreobturación con gutapercha y sellador siempre provoca inflamación severa a pesar de la ausencia de dolor.¹

Hatton y Grove advirtieron que la preparación más allá de la C.D.C. resultaría en lesión al tejido periapical.²

Langeland reportó que el C.D.C. no siempre coincide con la constricción apical, los puntos C.D.C. pueden encontrarse en las paredes a un mismo nivel, o uno más apical que el otro, esto se debe a que la invaginación de cemento dentro del conducto o los espesores de este último pueden variar a cada una de las paredes y presentarse una diferente disposición histológica.^{2,7}

La localización del C.D.C está en 0.5 a 3.00 mm antes del ápice anatómico mientras que la distancia entre la constricción apical y el ápice radiológico puede variar entre 3.7 y 0.0 mm.^{2,9} Debido a las variaciones, existen problemas en la localización de las referencias apicales y en la interpretación de sus posiciones en las radiografías.^{2,7} Figura 11

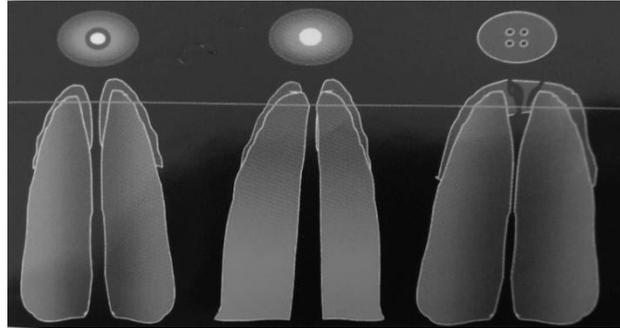


Figura 11 Distintas posibilidades de disposición histológica de los tejidos en el foramen apical en la zona más constricta del conducto cada uno de los forámenes de una pieza multirradicular puede presentar una diferente morfología histológica.⁸

2.3.1 Constricción apical

En el tratamiento de conductos una de las fases primordiales es localizar el foramen y determinar la longitud de trabajo. Este procedimiento clínico consiste en identificar la zona cemento-dentina-conducto (C.D.C.), constricción apical, foramen apical y obtener la medida real del conducto radicular.¹

El ápice radicular presenta habitualmente gran variabilidad en la forma, dimensión y localización de la constricción apical. La constricción apical es un elemento anatómico en la porción apical del conducto radicular que tiene el diámetro más estrecho, el cual mide aproximadamente de 224 micras en jóvenes y 210 micras en las personas seniles, en su mayoría es de forma oval, seguida por una forma redonda, pero también puede tener una forma triangular, de riñón o irregular.^{9,28}

El diámetro menor se ensancha apicalmente hacia el foramen y asume una forma de embudo.² Es un término más anatómico que histológico.¹² Figura 12

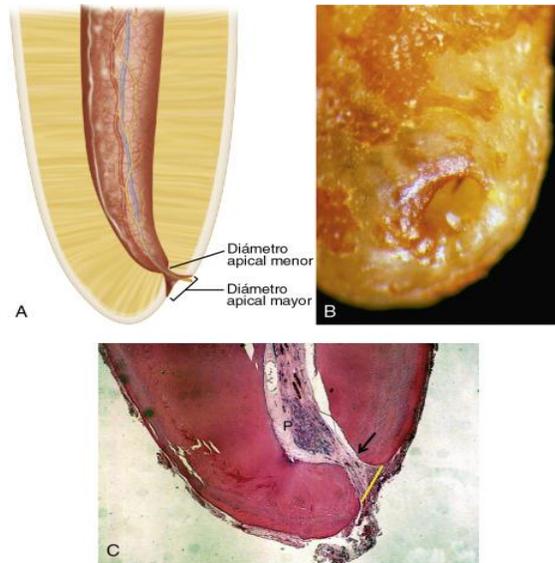


Figura 12. A. Morfología del ápice radicular. Desde su orificio, el conducto se estrecha hasta la constricción apical, o diámetro apical menor, que generalmente se considera la parte más estrecha del conducto. A partir de ese punto, el conducto se ensancha conforme sale de la raíz por el agujero apical o diámetro apical mayor. El espacio entre los diámetros apicales menor y mayor tiene forma de embudo. B. Proyección clínica del agujero apical mayor. C. Proyección histológica del estrechamiento del conducto y el agujero.¹⁵

En la localización de la constricción apical intervienen diferentes factores, como son el tipo de diente, la ubicación y el diámetro de la constricción apical.¹⁵

Se ha identificado que la constricción apical fluctúa entre 0.5 mm y 0.67 mm del foramen. *Mizutani et al.* identificaron que la constricción apical, cuando se localiza en dirección mesio-distal, se encuentra desde 0.30 a 0.37 mm respecto al ápice radicular, mientras cuando se limita en sentido vestibulo-

lingual se ubica desde 0.36 hasta 0.42 mm. En los dientes de estudio en los que la constricción apical se definió verticalmente encontraron medidas desde 0.82 a 1.01 milímetros en relación al vértice radicular. Ponce y Vilar estudiaron en cortes histológicos de dientes antero-superiores que la extensión de cemento dentro del conducto es más acentuado en caninos que incisivos centrales y laterales, destacando la gran variabilidad de las mediciones realizadas entre diferentes dientes, con lo que se puede corroborar que la unión cemento-dentina es un componente histológico irregular que no corresponde con la constricción.⁵

2.4 Foramen apical

El foramen apical es el orificio final del conducto radicular en el tercio apical de la raíz dental que comunica a la pulpa con el resto del organismo. Esta abertura es la entrada y salida principal del haz vascular y nervioso los cuales son responsables del suministro a la pulpa. Este orificio tiene como diámetro promedio 495 micrómetros en dientes de jóvenes y 607 en los de adultos.^{8,9,29} Figura 13

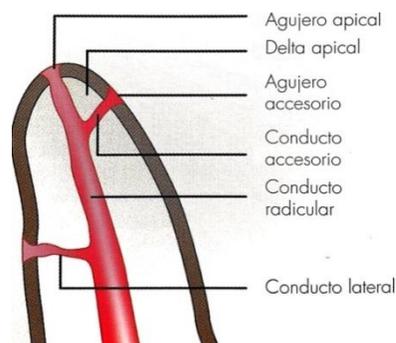


Figura 13 Anatomía del ápice radicular.²

Durante la formación radicular, el foramen apical se ubica centralmente en la medida en la que el diente completa su desarrollo el foramen apical disminuye de diámetro y toma una posición más excéntrica ubicándose la mayoría de las veces en forma lateral. Kuttler demostró que esta desviación se da en 68% al 80% de los dientes.² De tres a cinco años después de la erupción dentaria, el ápice radicular se encuentra completamente formado.¹⁰

Figura 14

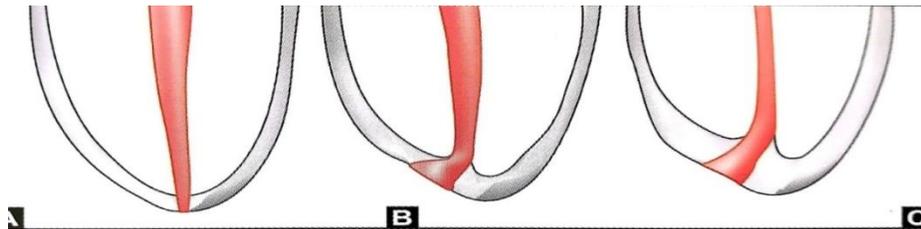


Figura 14 A) Concepto del ápice, (B) ápice de una persona joven, (C) el cambio del ápice debido a la deposición de tejido duro.²

El diámetro del foramen varía con la edad y con la magnitud del depósito de tejidos duros fisiológicos que se producen durante su función.⁸

Estudio realizado por Kuttler, observó 268 dientes de cadáveres y en ellos pudo observar que la distancia del foramen a la constricción apical se localiza en dientes jóvenes a 0.5 mm y 0.8 mm en dientes adultos.^{5,8}

Levy y Glatt demostraron que el foramen apical se desvía de la punta radicular en al menos dos tercios de todos los dientes. Esta desviación ocurre dos veces más frecuente hacia el aspecto bucal o lingual que hacia el aspecto mesial o distal.² Figura 15

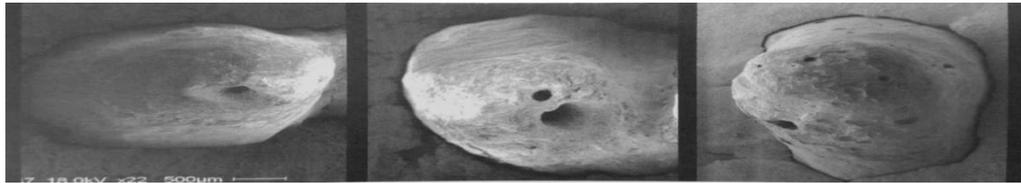


Figura 15 Ápices con distintas cantidades de forámenes.⁸

La morfología del foramen es variable. Puede presentarse en forma de embudo, al ras en el extremo apical, con los tabiques, con foraminas accesorias, y con sus paredes divergentes, paralelas o convergentes hacia el foramen (figura 16).⁸

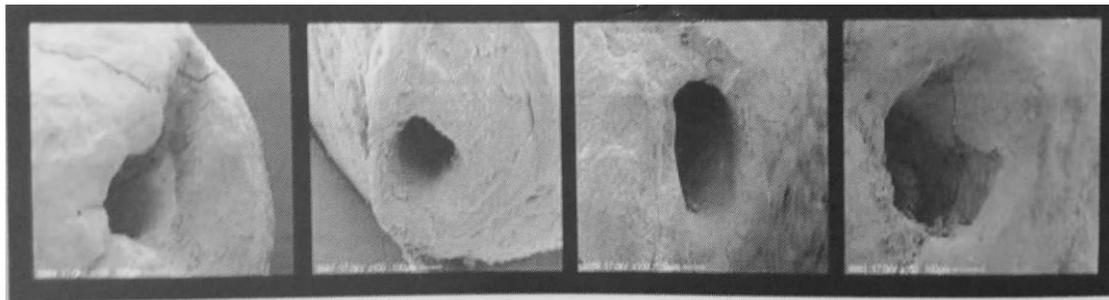


Figura 16 Forámenes apicales al MEB, se muestran variables anatómicas.

Se ha usado la microscopía electrónica de barrido para observar y determinar el número y el tamaño de los agujeros apicales principales, su distancia al ápice anatómico y el tamaño de los agujeros accesorios.¹⁵

Morfis et al. encontraron más de un agujero principal en todos los dientes, excepto en la raíz palatina de los molares superiores y en la raíz distal de los molares inferiores. No se observó ningún agujero principal en el 24% de los

premolares superiores ni tampoco en el 26% de los incisivos superiores. Las raíces mesiales de los molares inferiores (50%), los premolares superiores (48%) y los molares superiores (42%) presentaron el porcentaje más alto de agujeros principales múltiples. Los tamaños medios de los agujeros principales variaron entre 210 μm de los premolares superiores y 392 μm de las raíces distales de los molares inferiores. Todos los grupos de dientes presentaron al menos un agujero accesorio. Los premolares superiores tenían los agujeros accesorios más numerosos y más grandes (tamaño medio 53 μm), así como la morfología apical más complicada. Los premolares inferiores mostraron características notablemente similares, una posible razón por la que el tratamiento de conductos puede fracasar en los premolares.¹⁵

Una disposición anatómica de relevancia clínica es el delta apical, constituido por múltiples orificios de salida en los que se divide el conducto radicular, que se localiza en el ápice o cercano a él. El delta puede estar constituido por ramificaciones de la pulpa, periodonto invaginado o capilares encerrados por cemento.⁸ Básicamente pueden diferenciarse dos tipos de deltas apicales según *Gorino*; típico y complementario.^{28,12}

Seltzer y coautores en sus estudios histopatológico encontrado ramificaciones en el 34% de los conductos.²⁸ Figura 17



Figura 17 Al MEB de ápice radicular que presenta múltiples foraminas características del delta apical.⁸

2.5 Posición del foramen apical

La distancia del foramen al ápice radicular en los conductos varía de 0.1 a 4 mm. En el 23.5% de los casos, la dirección más frecuente del foramen se ubica hacia distal. Esta situación es más infrecuente en el conducto palatino. *Kuttler y Pineda* examinaron 7000 dientes con lo cual se comprobó que la localización del ápice radicular y la del foramen apical coincidían solo en el 17% de los casos y que el 83% el foramen se distanciaba del ápice alrededor de 2 a 3 mm. *Dummer et al.* describieron la posición y la topografía del foramen apical y concluyeron que la distancia promedio entre ápice y foramen es de 0.38 mm.⁷⁻¹¹

Mjör et al. encontraron que la salida del foramen apical por el eje longitudinal del conducto generalmente se encuentra desviado. *Kuttler*, coincidió en lo anterior, mencionaba que en el 68% de los dientes estudiados en grupos de 18 a 25 años de edad el foramen se encontraba fuera o externamente al centro del vértice apical, mientras en los dientes de 55 años o mayores, el foramen se situaba lateralmente en un 80%. Cabe destacar que los premolares habitualmente tienen curvatura, generalmente hacia distal (79.9%) y la salida del foramen en estos casos suele encontrarse lateral al ápice.²

Burch y Hullen analizaron la relación del foramen apical con el ápice radicular en 877 dientes, destacaron que el 92.3% de los dientes sus forámenes apicales se abrían después del límite apical, siendo que la distancia media del ápice radiográfico al foramen apical fue de 0.59 mm. El centro del ápice radicular no siempre coincide con el foramen apical.¹¹

Marroquín y colaboradores demostraron que principalmente en las raíces con curvatura, el foramen apical no coincide con el vértice anatómico de la raíz, ya que puede estar desplazado de 1 a 3 mm con respecto a este último.⁸

En el 68% de los dientes jóvenes y en el 80% de los mayores de edad la parte cementaria no sigue la dirección de la dentina ni acaba en el vértice apical (figura 18).⁸

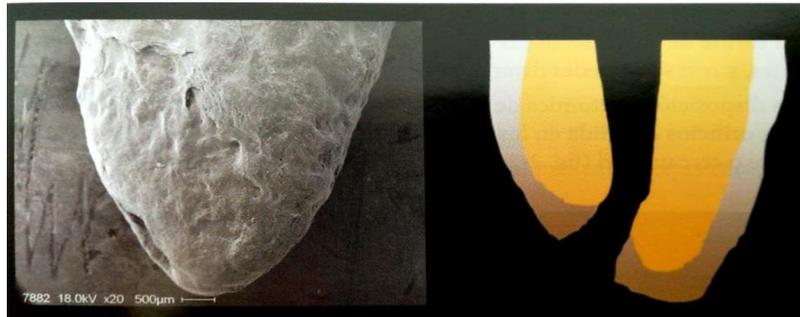


Figura 18 Se observa la desviación de la desembocadura del foramen apical previo al ápice radiográfico.

2.5.1 Ápice anatómico

Es la punta o la terminación de la raíz determinada morfológicamente.²

2.5.2 Ápice radiográfico

En los inicios del año 1900, se decía que la pulpa dental se extendía a través del diente más allá del agujero apical en el tejido periapical, el diámetro más estrecho de la porción apical del conducto radicular estaba

exactamente en el sitio en donde el conducto sale del diente en el extremo del ápice.²

Ya que existía una gran dificultad para localizar clínicamente la constricción apical y el agujero apical, varios investigadores han analizado que el ápice radiográfico constituye un punto de referencia más fiable. Esos autores recomiendan terminar el tratamiento del conducto radicular a menos de 3 mm desde el ápice radiográfico, dependiendo del estado de la pulpa. En los casos con vitalidad, los datos clínicos y biológicos indican que un punto favorable para terminar la terapia es de 2 a 3 mm corto con respecto al ápice radiográfico.¹⁵

En 1995, Kuttler realizó un estudio de la anatomía de la punta radicular, y concluyó que la obturación hasta el ápice radiográfico era un procedimiento clínico imprudente, que contribuye al dolor postoperatorio y reduce la producción de casos exitosos. Por consiguiente, muchos odontólogos decidieron instrumentar a distancias específicas lejos de la punta radicular en un esfuerzo por impedir la obturación en los tejidos periapicales.²

Así pues, el ápice radiográfico es la punta o la terminación de la raíz determinada radiográficamente.²

CAPÍTULO 3 DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD REAL DE TRABAJO

3.1 Definición

Es la distancia desde un punto de referencia coronal hasta el punto en el cual la preparación y la obturación del conducto deben terminar. Tiene como objetivo detectar la terminación apical del conducto y determinar hasta dónde se colocan los instrumentos en el conducto para la eliminación del detritus, metabolitos, productos finales y otros elementos indeseados dentro del sistema de conductos radiculares. Si se define bien la longitud desempeñará un papel importante en el éxito del tratamiento y si es calculada incorrectamente puede resultar en el fracaso del tratamiento.²

3.2 Métodos radiográficos

En los primeros días del tratamiento endodóncico a finales del siglo XIX las radiografías aún no habían sido aplicadas a la odontología y la longitud de trabajo era calculada usualmente hasta el sitio donde el paciente experimentaba sensibilidad al instrumento colocado en el conducto. Esto conducía a una multiplicidad de errores. Entonces con el advenimiento de la aplicación de los rayos X a la odontología por Kells en 1899, los dientes tratados sin el beneficio de las radiografías fueron evaluados por radiografías dentales e indicaron que estos cálculos eran erróneos.²

Más adelante fomentaron la técnica prevalente para calcular hasta la punta de la raíz en la radiografía o ápice radiográfico como el sitio correcto hasta el cual se termina la preparación del conducto. Así, el ápice radiográfico sustituyó la respuesta del paciente como la posición apical para el cálculo de la longitud de trabajo.²

Método de Grossman

Según Grossman, un instrumento que se introduce hacia la constricción apical se coloca en el conducto radicular y se determina por la sensación táctil digital, se toma una radiografía. Se coloca una marca o un tope en el punto de referencia oclusal o incisal. Mediante las mediciones de la longitud de las imágenes radiográficas del diente y del instrumento de medida así como la longitud real del instrumento el clínico puede determinar la longitud real del diente por una fórmula matemática.²

$$\text{Longitud real del diente} = \frac{\text{Longitud real del instrumento} \times \text{Longitud radiográfica del diente}}{\text{Longitud radiográfica del instrumento}}$$

Técnica de Ingle

El procedimiento para calcular la longitud del diente establece la extensión apical de la instrumentación y el nivel apical de la obturación del conducto radicular, si no se establece con precisión la longitud del diente, el resultado será la perforación o la sobreobturación que es acompañado a menudo con dolor postoperatorio.³²

Se requiere de:

- Una buena radiografía preoperatoria, que muestre la longitud total de todas las raíces del diente afectado.
- Acceso adecuado en todos los conductos.
- Regla milimetrado endodóncica.
- Conocimiento operativo de la longitud promedio de todos los dientes.
- Plano de referencia definido sobre algún punto de referencia anatómico del diente.

Método

1. Se mide el diente en la radiografía preoperatoria.
2. Se resta un “margen de seguridad” mínimo de 1,0 mm por la posible distorsión o amplificación de la imagen.
3. Se fija la regla endodóncica a esta longitud de trabajo tentativa y se ajusta el tope sobre el instrumento a este nivel.
4. El instrumento se coloca dentro de conducto, hasta que el tope se encuentre en el plano de referencia a menos que el paciente sienta dolor (en caso de no utilizar anestesia) en cuyo caso el instrumento se deja a ese nivel y se ajusta de nuevo, el tope de caucho hasta este nuevo punto de referencia.
5. Se prosigue a tomar radiografía.
6. En la radiografía se mide la diferencia entre la punta del instrumento y de la raíz, se suma esto a la longitud original medida con el instrumento dentro del diente. Sí a causa de algún descuido la lima ha pasado el ápice se resta esta diferencia.
7. A esta longitud ajustada del diente se resta un milímetro para coincidir con la determinación apical del conducto radicular y la unión cemento con la dentina.
8. Se fija la regla endodóncica a este nuevo nivel, corrigiendo y ajustando de nuevo el tope sobre la lima.
9. Es conveniente tomar radiografía para confirmar la longitud ajustada. Esto permitirá que se evite la molestia y el fracaso derivado de la falta de precisión.
10. Una vez confirmada la longitud del diente con precisión, se vuelve a fijar la regla endodóncica a esta medida.

DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE TRABAJO MEDIANTE EL USO DEL LOCALIZADOR ELECTRÓNICO, EN 3D.

Se registra la longitud final, así como el punto de referencia coronal en la historia clínica del paciente.³²

Es importante tener en cuenta que aunque ya se haya establecido una longitud esta puede acortarse al ensanchar los conductos curvos, la longitud de trabajo final puede acortarse hasta 1 mm al enderezar el conducto por ello es importante que los conductos curvos se confirmen después de haber efectuado la instrumentación (figura 19).³²

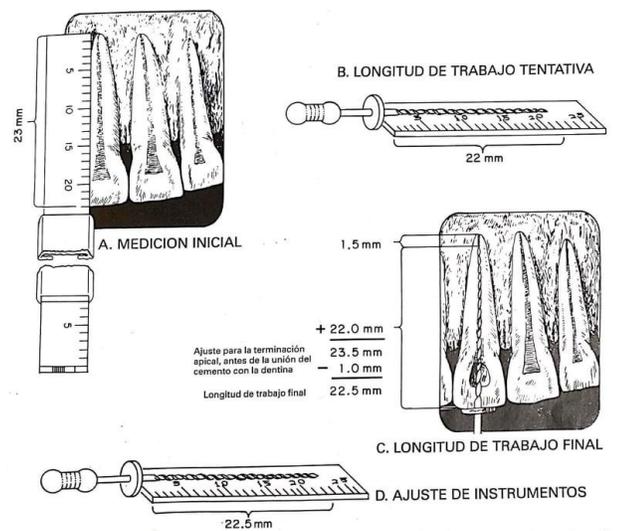


Figura 19 Procedimiento de técnica para determinar la longitud de trabajo por Ingle.

Técnica de Weine

Método recomendado por Ingle, el cual fue revisado por Bramante y Berbert los cuales reportaron que este método es superior a los otros métodos.

DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE TRABAJO MEDIANTE EL USO DEL LOCALIZADOR ELECTRÓNICO, EN 3D.

Método

Medida inicial: se mide la longitud del diente sobre una buena radiografía, desde el borde oclusal/ incisal hasta el ápice.

Longitud de trabajo: para calcular la posición normal del foramen apical, se restan 1mm a la longitud medida; ya sea que se presente desviación inhabitual, reabsorción o ambas, esta medida se comparará con las dimensiones de la siguiente tabla:

Diente	Longitud total	Longitud de la corona	Longitud de la raíz	Número de raíces	Tipos de conductos
Incisivo central maxilar	A = 23,0	10,5	12,5	Una	I
	L = 28,0	12,0	16,0		
	S = 18,0	8,0	8,0		
Incisivo lateral maxilar	A = 22,5	9,0	16,5	Una	I
	L = 27,0	10,5	16,5		
	S = 17,0	8,0	8,0		
Canino maxilar	A = 27,0	9,5	16,5	Una	I
	L = 32,0	12,0	20,5		
	S = 20,0	8,0	11,0		
Incisivos mandibulares	A = 21,0	9,0	12,0	Una	I más frecuente II menos frecuente III poco frecuente
	L = 25,0	10,5	14,5		
	S = 16,0	7,0	9,0		
Canino mandibular	A = 24,0	10,0	15,0	Una; dos (vestibular y lingual): raras	I más frecuente II menos frecuente III poco frecuente
	L = 30,5	12,0	20,5		
	S = 20,0	8,5	11,5		

TABLA Muestra de los datos de más de 9000 casos de consulta privada, en la cual se determina una longitud total.³¹

Una vez considerada que la longitud es normal apoyándose de la tabla, la lima se introduce a través del acceso, esta puede variar según el diente a tratar en dientes unirradiculares y conducto más anchos de los molares se puede con una lima #25, los premolares con una lima #15 o #20 y los conductos pequeños con una lima #10 o #15. Una vez seleccionada la lima se mide la longitud determinada, se toma radiografía en dos proyecciones: una ortoradial o directa y otra desde la cara mesial o distal, la lima debe llegar a la longitud acordada sin forzar, en caso que la lima hace tope a poca

distancia de la longitud estimada se puede cambiar por una de calibre más pequeño, si el instrumento no baja se tomará una radiografía para comprobar si estamos en la constricción apical o bien es una obstrucción. Si se comprueba que la lima se encuentra dentro del margen de 1mm con respecto a la posición deseada.³¹

Weine se basaba en la evidencia radiográfica de la resorción radicular ósea, menciona que el foramen apical está situado a 0,5-1mm del ápice radiográfico, por ello la terminación de la preparación no debe ser más de 1mm del ápice radiográfico, si se quiere dejar cierto espacio para formar la matriz de dentina.^{2,31}

También comenta que cuando existe un área de radiolucidez periapical con indicación radiográfica de resorción apical la preparación debe terminarse a 1.5 mm del ápice radiográfico. Si la resorción apical de la raíz es extensa y muy visible radiográficamente hay que reducir a 2mm o más la longitud de trabajo con relación al ápice radiográfico para que se desarrolle la matriz de dentina.³¹

La exactitud de los métodos radiográficos dependerá de la técnica radiográfica usada. *Forsberg* demostró que la técnica de paralelismo era más confiable que la técnica de bisectriz del ángulo (figura 20).²

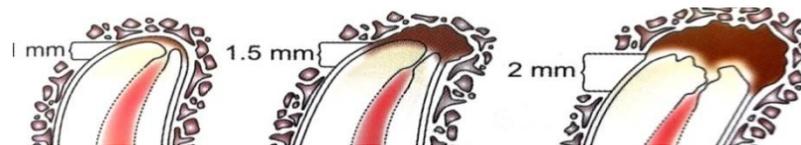


Figura 20 Método de *Weine*.

Otros métodos

Diversos métodos han sido sugeridos para determinar la longitud de trabajo. Depende respecto a la técnica y complejidad con el resultado, alguno de ellos se utilizan más que otros. Entre los métodos empleados comúnmente en endodoncia se haya los de Best, Bregmen y Bramante.

Método de Best

Consistía en la colocación de un perno de acero de 10 mm el cual se fijaba en la superficie labial del diente con cera utilitaria en una posición paralela a su eje largo antes de tomar la radiografía. La radiografía así obtenida fue llevada al calibrador BW que indica la longitud del diente.

Este método fue poco exitoso, ya que los resultados daban una longitud mayor que la longitud real de los dientes.²

Método de Bregmen

En este método se separaron sondas planas de 25 mm de longitud. Cada uno tenía una lámina de acero fijada con resina acrílica como tope, dejando un segmento libre de 10 mm para la colocación en el conducto radicular. Esta sonda es colocada en el diente hasta que el extremo metálico toque con el borde incisal o la punta cuspídea del diente. Se continúa tomando radiografía. En la imagen radiográfica se midieron los siguientes factores:

CAD= longitud aparente del diente, vista en la radiografía.

CRI= longitud real del instrumento.

CAÍ= longitud aparente del instrumento, vista en la radiografía.

Estos factores se le aplica la siguiente fórmula la longitud real del diente es CRD:

$$CRD = \frac{CRI \times CAD}{CAI}$$

El porcentaje de éxito obtenido con este método fue bajo, debido a su variabilidad alta con la cual mostraba la longitud a veces mayor y otras veces menor.²

Método de Bramante

Bramante en 1970, presentó un método para determinar la longitud del diente, empleando sondas de acero inoxidable de varios calibres y longitudes. Esas sondas fueron dobladas en un extremo, formando un ángulo recto, y este dobles fue insertado parcialmente en resina acrílica. La sonda fue introducida en el conducto radicular de modo que la resina tocara el borde incisal o la punta cuspídea, teniendo cuidado de ver que el segmento doblado de la sonda estuviera paralelo al diámetro mesiodistal de la corona dental, permitiendo visualizarlo en la radiografía. Posteriormente se toma radiografía, en la radiografía los puntos de referencia son los siguientes:

A= Ángulo interno de intersección de los segmentos iniciales y radicular de la sonda.

B= Extremo apical de la sonda.

C= Ápice del diente.

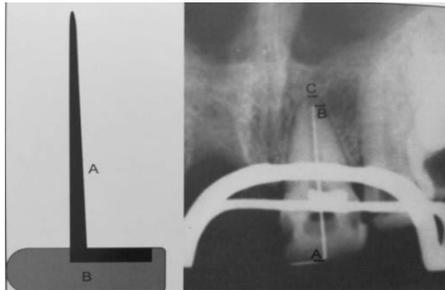


Figura 21 Método de Bramante.

La longitud del diente era calculada de dos maneras distintas:

Se mide la longitud de la imagen radiográfica de la sonda A a B; luego la longitud de la imagen radiográfica del diente de A a C; finalmente la longitud real de la sonda.

Se mide la distancia entre el extremo apical de la sonda (B) y del ápice dental(C) en la radiografía, luego se suma o se resta esta medida la longitud real de la sonda, de esta manera se obtiene la longitud del diente.

Este método es una variación que sigue los principios del método de Ingle (figura 21).²

Sistema milimetrado

Everett y Fixot en 1963, crearon un sistema de placa radiográfica milimetrado para determinar la longitud del diente. El diseño de la rejilla consistía en líneas de 1 mm de separación que corren longitudinal y transversalmente. Cada 5 mm es asentado por una línea más corta para que la lectura sea más fácil. En la radiografía el alambre de cobre esmaltado se coloca en plexiglás y se fija la película periapical regular, la rejilla se pega a la película para situarse en el diente y durante la exposición de modo que el patrón se

incorpora en la radiografía al final. Este método fue más exacto que otros métodos (figura 22).²

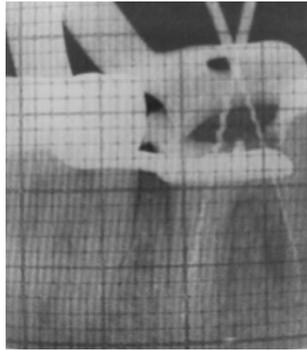


Figura 22 Método milimetrado.

CONDUCTOMETRÍA EUCLÍDICA

Este método utiliza dos radiografías geoméricamente distorsionadas para la determinación de la longitud real del diente. Las dos radiografías se toman con un cono adaptado en un dispositivo <<Updegraves XCP>> (método de extensión con cono paralelo) en dos angulaciones verticales distintas. La longitud real del diente es calculada por principios geométricos a partir de la longitud del diente en las dos radiografías y las diferencias angulares verticales conocidas.²

Las investigaciones recientes tienen a demostrar que la técnica radiográfica para la determinación de la longitud del diente es menos exacta de lo que se creía previamente.² El método radiográfico es el más ampliamente difundido y utilizado, aunque presenta limitaciones que reducen su precisión y confiabilidad, entre los principales inconvenientes es la obtención de una excelente imagen del diente que está siendo tratado, esta cualidad se vincula a diferentes variables, entre ellas la posición correcta de la película, ángulo vertical y horizontal correcto, interferencia de estructuras anatómicas que puedan dificultar o impedir la correcta visualización de la zona apical, en los casos de superposición de imágenes se hace necesaria la reorientación del

rayo en otras angulaciones a fin de desplazar las imágenes superpuestas lo cual implica exponer al paciente a una mayor cantidad de radiación, grapa, tiempo de exposición y revelado, así como la interpretación que varía de un clínico al otro. El método radiográfico es frecuentemente inexacto, ya que intervienen diferentes factores como la dirección de la curva como la dilaceración apical pueden pasar inadvertidas en especial si se encuentran en sentido bucolingual o bucopalatino, posición del foramen, aspecto fisiológico y patológico que modifica la morfología del conducto radicular, además de la interpretación subjetiva de una imagen bidimensional en un objeto tridimensional, situación que imposibilita la ubicación exacta del foramen y constricción apical.^{1,4,7}

3.3 Imagen radiovisiográfica

Consiste en un dispositivo de carga dentro de un sensor intraoral conectado a un hardware que produce una imagen digital inmediata en un monitor, a partir de una exposición que es aproximadamente un 50% menor que la empleada en una radiografía convencional, por consiguiente, la carga de radiación es menor tanto para el paciente como para el profesional. Mediante un software específico la imagen puede ser editada, mejorada y almacenada digitalmente en la historia clínica. Ya que produce imágenes de forma instantánea, este tipo de tecnología cada vez es más empleado, ya sea para dar un diagnóstico, para procedimientos quirúrgicos intraoperatorios y para determinar la longitud de trabajo.^{7,8}

Otros sistemas utilizan sensores radiosensibles del tamaño de la película radiográfica convencionales que, una vez expuestos a la radiación son introducidos en un lector que forma parte del equipamiento de un hardware específico. A través del Software son introducidos a imágenes en un monitor y manejadas de forma similar al sistema descrito anteriormente. La ventaja que surge de este sistema es que es rápido, disminuye la radiación necesaria y también la posibilidad de edición y almacenamiento.^{7,8} Fig.23, 24

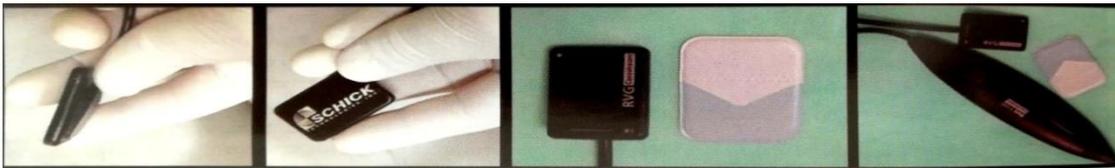


Figura 23 Equipo radiovisiógrafo Kodak 500 comparado con una película radiográfica periapical, y sensor de adquisición de radiovisiógrafo Schick.⁸

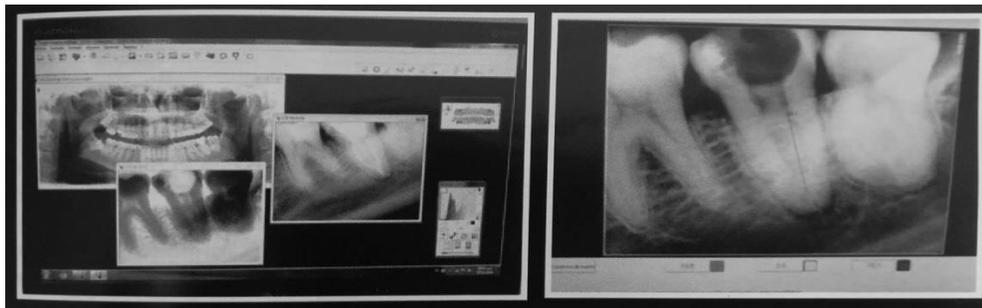


Figura 24 Monitor que presenta la visualización de múltiples imágenes radiovisiógráficas del paciente y detalle de pieza dental.⁸

3.4 Método electrónico

El método electrónico fue estudiado por *Custer* para el empleo de la determinación de la longitud de trabajo por primera vez en 1918. La base científica de los localizadores apicales se desarrolló luego de la investigación de *Suzuki* en 1942 sobre las propiedades de resistencia eléctrica de los tejidos orales.^{1, 21, 24,33}

Gordon en 1960, fue el segundo en notificar el uso de un dispositivo clínico para la medición eléctrica de los conductos radiculares.³³

Inoue aportó de manera importante a la evolución de los localizadores en Estados Unidos con sus informes sobre el Sono-Explorer.

La primera generación de localizadores electrónicos se basó en la resistencia, mientras que la segunda generación se basó en la impedancia. La principal deficiencia entre ambas generaciones fue la poca precisión en presencia de electrolitos, éste cambio en presencia de electrolitos se dio hasta la tercera generación de localizadores electrónicos incluye dispositivos como el Root ZX (J Morita Corp, Tokio, Japón) el cual tiene una precisión informada que va del 82% al 100%.^{1,21,24}

El localizador de ápice de Elements es un localizador electrónico de cuarta generación declarado por el fabricante con una precisión reportada de 94.28% por *Plotino et al.*²⁴ En la actualidad ha tenido un gran desarrollo y ha superado los problemas iniciales que tenían relación con la conducción eléctrica, en presencia de sustancias irrigantes y de tejido vital o necrótico. Estos dispositivos están basados en el principio de funcionamiento de circuito eléctrico y utilizan el cuerpo humano como uno de los componentes.¹

Estos dispositivos tratan de localizar la constricción apical, unión cemento-dentina o el agujero apical y establecen la medición interna del diente, lo cual nos determina la longitud real, como resultado permite una conformación de conductos más segura hasta 0,5 mm de la terminación del conducto.^{6,15,33}

Gracias a esto sabemos que un tratamiento de conductos basado en principios biológicos el cual respeta la anatomía e histología no se puede efectuar en la actualidad sin contar con el auxiliar de la localización

electrónica del foramen apical y realizar la determinación de la longitud de trabajo sobre la base de sus precisos resultados. Si no se realiza de esta manera, la permeabilidad apical no es más que una maniobra técnica en sentido biológico que se realizará en función de la relativa fiabilidad de la imagen radiográfica.⁷

Los localizadores apicales están considerados como un método fácil y rápido, fueron desarrollados con la finalidad de corregir todo aquellos problemas que se cometen en el método radiográfico por la falta de información tridimensional como también reduce el número de radiografías, por consiguiente da menor exposición del paciente a los rayos X, es de gran ayuda en pacientes embarazadas ya que disminuye la radiación, proporciona una mayor precisión en comparación con el método radiográfico en la localización del foramen apical, permite una verificación continua y rápido de la longitud de trabajo hasta la porción final de la unión cemento-dentinaria, reduce el tiempo de trabajo, simplificará la determinación de la ubicación del foramen cuando éste no coincida con la porción radicular o en raíces con dilaceración en sentido vestibulo-lingual, ayuda en el diagnóstico diferencial de fracturas, fisuras, perforaciones y/o alguna exposición periodontal de postes metálicos, también ayuda en el diagnóstico diferencial de reabsorciones dentarias internas o externas, su precisión está influenciada por condiciones eléctricas del conducto radicular y es inexacta en dientes con ápices muy abiertos y conductos radiculares calificados.^{6,7,8}

Somma et al. mencionan que la evolución de dispositivos electrónicos para la medición de longitud del conducto radicular ayuda hacer la evaluación de la longitud de trabajo más precisa y predecible.⁶

El uso de localizadores de ápices electrónicos como herramientas para diagnosticar la longitud del conducto radicular se ha consolidado firmemente en la literatura.²³

3.4.1 Principio de la medición electrónica

Los localizadores electrónicos de foramen tienen como principio de funcionamiento el uso del cuerpo humano, en el cual se completa el circuito eléctrico. El circuito consta de dos lados; un lado del circuito estará conectado a la mucosa oral a través del clip labial y el otro lado a la lima endodóncica. El circuito eléctrico será completado cuando la lima se coloca dentro del conducto radicular y presiona apicalmente hasta que la punta del instrumento toca el periodonto en el ápice a través del foramen apical. Es posible medir los efectos de la corriente eléctrica del cuerpo humano calculando la cantidad de corriente, esto dependerá de la impedancia de conducción, diferencia de potencia y la resistencia que existe dentro del cuerpo entre los puntos de contacto (figura 25).¹

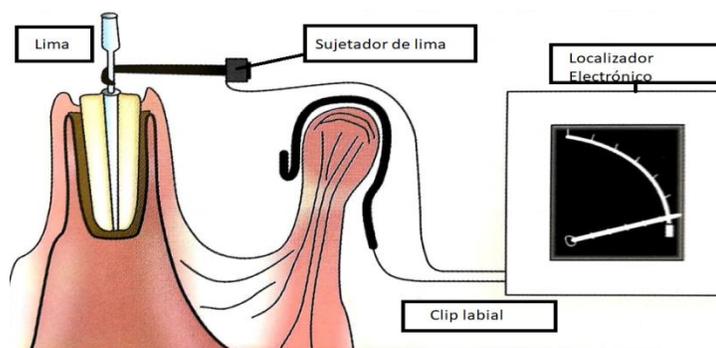


Figura 25 Esquema del funcionamiento del circuito eléctrico de los localizadores electrónicos de foramen.

Características eléctricas del diente.

Los conductos radiculares están cubiertos por dentina y cemento los cuales actúan como aislante de la corriente eléctrica, sin embargo, en el foramen apical mayor hay un pequeño agujero, en el cual los materiales conductivos dentro del conducto están eléctricamente conectados hacia el ligamento periodontal; que es conductor de corriente eléctrica. La dentina, el tejido y fluidos actúan como material resistivo del conducto, los cuales van a emplear una resistividad particular con la cual forman un resistor, y el valor dependerá de la longitud, corte de la sección transversal y la resistividad de cada material.¹

El diente tiene propiedades resistivas y capacitivas, la punta de la lima es un lado de un capacitor y el material conductivo afuera de la dentina siendo el ligamento periodontal viene realizando la otra parte del capacitador. Los fluidos y el tejido que se encuentran dentro del conducto radicular, así como también el cemento y la dentina de la pared del conducto radicular pueden considerarse como separadores de las dos placas conductoras para que así determinen una constante eléctrica, todas estas estructuras forman un capacitador complejo.¹

CAPÍTULO 4 TÉCNICA

Los localizadores electrónicos en su mayoría se componen de un cuerpo principal con una pantalla de cristal líquido, en el cual se puede observar una línea con divisiones, por lo general numerada del 0 al 3 para la ayuda de la lectura. Conforme se introduce el instrumento en el conducto una barra indicadora recorre la línea con divisiones e indica la posición de la punta del instrumento, con el cuerpo del aparato se haya conectado un mango que en su extremo va a dividirse en dos cables: uno que posibilita la colocación de un clip labial y otro con un dispositivo para sostener el instrumento endodónico el cual va a ser introducido en el conducto.¹³

La técnica ha sido escrita por Leonardo de esta forma:

1. El diente debe de estar aislado.
2. Realizar acceso.
3. Se irrigan cuidadosamente el conducto radicular con solución de hipoclorito de sodio (en las diferentes concentraciones).
4. Verificar si los cables están correctamente conectados.
5. Una vez que los cables estén conectados al aparato, se enciende el dispositivo antes de instalar los electrodos en el conector del instrumento y la comisura labial del paciente.
6. Antes de colocar el instrumento dentro del conducto radicular debemos tomar en cuenta lo siguiente :
 - Realizar un toque entre los electrodos (de la lima y el colgante del labio), esto producirá un cortocircuito de la señal. Este procedimiento deberá resultar en un movimiento del indicador en la pantalla del dispositivo, mostrando un punto próximo, aparte del referente a la posición del foramen apical.

- Siempre deberá verificarse que el diente este bien aislado y si las restauraciones metálicas no se proyectan sobre las entradas de los conductos. Las restauraciones metálicas provocaran desviación del circuito, disminuyendo la impedancia y dan una medida errónea.
7. La batería del dispositivo debe estar completa, este tipo de equipamientos de precisión no funcionan correctamente con carga parcial.
- En los casos de biopulpectomías: Una pulpectomía parcial debe realizarse a la medición para posibilitar la ejecución de la medición electrónica. Tendrá que limitarse a aproximadamente 5 mm antes de la longitud del diente en la radiografía. En caso que se produzca hemorragia no se podrá exceder el límite de las entradas de (de los) conducto(s), en caso que no se pueda controlar la hemorragia colocar algodón en la cámara pulpar para evitar que el sangrado interrumpa la lectura, el instrumento puede ir acompañado de la torunda de algodón.
 - En caso de necrosis pulpar: La solución de hipoclorito de sodio al 1% realizara la limpieza inicial, después de la etapa inicial de instrumentación progresiva, cuyo límite apical está a 5 mm antes del ápice radiográfico (longitud aparente), se introduce la lima compatible con el diámetro anatómico del conducto, de manera suave y sin ejercer excesiva presión apical. El extremo de la lima del aparto estará unido a este instrumento. El líquido de irrigación no debe penetrar en la cámara pulpar e impedir la entrada(s) de (de los) conducto(s).
8. El electrodo del labio se coloca en la comisura del paciente.

9. Cuando se realiza la técnica de instrumentación Crown Down, los instrumentos de mayor calibre pueden utilizarse hasta el límite de 5 mm más corto que la medición inicial (longitud aparente). En este momento se engancha el porta lima en el instrumento en la secuencia operatoria y se realiza la lectura. Los conductos deberán estar con solución irrigante, la cámara pulpar no deberá tener un exceso de líquido irrigante.
10. El instrumento escogido para realizar el cateterismo de la porción apical no instrumentada del conducto y a la vez conductometría electrónica, deberá estar 5 mm mayor que la longitud provisional de trabajo, ya que es necesario dejar un espacio libre para colocar el portailima en el conector entre el curso y el mango de la lima.
11. Se introduce la lima en el interior del conducto radicular, verificar que el instrumento se ajusta a las paredes internas. Instrumentos demasiado finos pueden dar una medición errónea, utilizar instrumentos con diámetro próximo al diámetro anatómico.
12. Se introduce apicalmente la lima, girándola suavemente en sentido horario, observando el inicio del movimiento del indicador del visor, en el observaremos la exacta velocidad de penetración de la lima en dirección al foramen apical.
13. Cuando se aproxima de las señalizaciones finales, se activa una alarma sonora intermitente. Seguimos introduciendo el instrumento en sentido apical hasta que la alarma sea continua, posicionando la señalización relativa a la posición de la salida del foramen, cuando llega a esta marca retroceder el instrumento hasta el punto relativo a la constricción apical. El sonido de la alarma pasara de continuo a intermitente.

14. Una vez realizado esto el operador debe señalar la longitud real de trabajo, deslizando el tope hasta el punto de referencia oclusal o incisal.³³

Se debe tomar en cuenta que la longitud de trabajo no representa un valor invariable; sino que por lo contrario este se verá modificado durante las diversas fases de la preparación del conducto, el cual tiene que disminuir en los diversos grados de curvatura del conducto acortando el efecto de la longitud de trabajo real.¹⁶

A partir de esto se derivan las siguientes indicaciones que ayudarán al operador a realizarlo de manera fácil y práctica:

- La lima debe evitar el contacto con la saliva o con el tejido oral ya que son buenos conductores de la electricidad.
- El conducto radicular debe de estar siempre húmedo.
- En caso de retratamientos, se debe remover por completo la gutapercha.
- Se debe eliminar todas las interferencias ubicadas en la parte coronal, aquellas que se encuentran en el área de entrada de los conductos al menos de 2 a 3 mm en dirección apical, de manera que el instrumento puede ser colocado de forma más rectilínea posible al eje del conducto para obtener una medición inicial de la longitud más precisa y esté sometida a variaciones menos significativas.^{4,1016}

Es necesario repetir la medición electrónica de la longitud de trabajo durante las fases de instrumentación y en especial antes de realizar la fase de modelado final del tercio apical, se aconseja no llevar jamás el ápice instrumentos de conocida aumentada sin antes haber actualizado la longitud de trabajo esto con la finalidad de evitar alterar irremediablemente el diámetro y la forma del conducto.¹⁶

Contraindicaciones

El empleo de localizadores apicales y otros dispositivos electrónicos como probadores de pulpa, instrumentos electroquirúrgicos y equipo de desensibilización son bastante seguros, sin embargo, las instrucciones del fabricante establecen que no debe emplearse en pacientes con marcapasos cardiacos, la estimulación del marcapasos interfiere en la función dispositivo, la intensidad de la interferencia dependerá del tipo específico de marcapaso y de la dependencia que el paciente tenga hacia él. Sólo se puede utilizar cuando se realiza una interconsulta con el cardiólogo tratante. En un estudio se conectaron directamente a un marcapasos cardiacos in vitro cuatro a cinco localizadores de ápices, se observó que los localizadores no interferían con el funcionamiento del marcapasos.^{15,33}

CAPÍTULO 5 EFECTIVIDAD DEL MÉTODO ELECTRÓNICO PARA DETERMINAR LA LONGITUD DE TRABAJO

Los localizadores de ápice son dispositivos que han demostrado resultados eficaces en la determinación de la longitud de trabajo, en la localización del foramen apical y las zonas cemento-dentina-conducto. Estos permiten una mayor precisión en la realización de tratamientos de conductos radiculares, se han realizado diversos estudios evaluando la precisión de los diversos localizadores electrónicos de foramen y en la mayoría de estos se demuestra una eficacia adecuada en comparación con la radiografía.¹

En un estudio publicado en JOURNAL OF ENDODONTICS en 1996, se realizó la comparación del método radiográfico con el método electrónico el cual dio como resultado que hay mayor confiabilidad en la determinación de la posición de la constricción apical con un localizador electrónico; sus datos fueron que el 59% de las lecturas coincidieron con la constricción apical y tuvo un 11% de las lecturas que marcaron una desviación por >0.5 mm, tanto el 7% de las lecturas se observaron más allá de la constricción apical. Mientras que el método radiográfico fue menos confiable ya que solo el 18% de las lecturas coincidieron con la constricción apical y el 63% estuvieron cortos al límite por >0.5 mm, el 30% resultaron desviados por más de ± 0.5 . Con estos resultados indican que el localizador electrónico es más confiable para determinar la longitud de trabajo correctamente, pero también se menciona que esto no significa que no sirva el método radiográfico.²⁰

Desde el estudio de *Kobayashi y Sunada*, que representaron la introducción del mecanismo de operación de los localizadores electrónicos de ápices basados en el principio de la impedancia dependiente de la frecuencia se confió que los localizadores electrónicos realizaban el papel fundamental en la determinación de la longitud del conducto radicular, sin embargo, incluso utilizando el mismo principio actualmente los localizadores electrónicos operan mecanismos distintos a los propuestos originalmente algunos utilizan el principio del consciente de impedancia como: Root ZX II(0.4 y 8kHz) y Apex ID (0.5 y 5 kHz) . Raypex 6 (0.4 y 8 kHz), Propex II (0.5 y 8 kHz), y el recientemente lanzado Propex Pixi utilizan la raíz cuadrada de impedancias en 2 frecuencias. Actualmente otros localizadores electrónicos disponibles utilizan otras razones matemáticas entre los valores de impedancia en 2 o más frecuencias medidas, estos mecanismos de interpretación de impedancia han sido considerados como posibles determinantes de la precisión de los localizadores electrónicos en diferentes condiciones clínicas de uso.²¹

En 2006, *Hilú et al.* obtuvieron una efectividad del 82% con el localizador en la marca de 0,5 mm; en 2008, *Hilú et al.* con el localizador electrónico en marca de 0,0 mm obtuvieron resultados favorables en el 82,8% de las mediciones. Todos los estudios fueron realizados con diferentes modelos de localizadores de ápices. *Beilke et al.* fueron quienes establecieron la referencia apical como el momento en que la punta de la lima alcanzó la marca de sonido intermitente, obtuvieron resultados de 87.5% de efectividad. *Goldberg* observó una eficacia del 90% utilizando el método de posicionamiento apical de la lima recomendado por el fabricante.

Estableciendo como aceptable un intervalo radiográfico entre 0.0 y 2.0 mm, *Ayouti et al.* y *Chevalier et al.*, ellos en su estudio con el localizador en la marca de 0.5 mm, obtuvieron eficiencias de 97% y 92.3%, respectivamente. *Pascon et al.* con el localizador en la marca de 1 mm, obtuvieron determinaciones aceptables en el 91.82% de los casos. *Dotto et al.* establecieron el rango radiográfico aceptable de 0.5 a 2.0 mm y obtuvo un 81.5% de lecturas correctas en ese rango con el localizador en la marca de 1 mm. Generalmente, la efectividad de los localizadores electrónicos de ápices oscila entre 81.5% y 97% para los intervalos radiográficos previamente determinados.²⁵

Un estudio comparativo de cinco localizadores electrónicos publicado en el *Journal Endodontics* en el año 2017, evaluó la determinación de la longitud del conducto radicular con la utilización de los siguientes localizadores electrónicos: Root ZX II, Raypex 6, Apex ID, Propex II y Propex Pixi, todos fueron evaluados bajo los siguientes protocolos: # 1 (1.0) inserción de hasta 1.0 mm por debajo del foramen apical; # 2 (0.0 / 1.0), inserción hasta el foramen apical y retirada hasta 1.0; # 3 (0.0), inserción hasta alcanzar el foramen apical; y # 4 (sobre / 0.0), inserción hasta que supere el foramen apical y luego retírese del foramen apical. Se concluye en este estudio que los localizadores electrónicos ofrecen sus mejores resultados cuando las determinaciones electrónicas se realizan hasta el foramen apical sin sobrepasarla. En este estudio, no hubo diferencias entre los dispositivos evaluados, por tanto se observó que la retirada electrónica basada en determinaciones realizadas en el foramen apical o más allá no proporciona buenos resultados, lo que afecta negativamente la precisión de los dispositivos electrónicos.²¹

Numerosos estudios han informado sobre la precisión de los localizadores con respecto a la determinación de la ubicación de la constricción apical del conducto radicular o el foramen principal, sin embargo, varios autores han sugerido que la ubicación precisa del foramen menor no se puede determinar, y se ha demostrado que el foramen menor no siempre existe. En un estudio se hizo la comparación de lecturas in vivo e in vitro para prueba de la precisión del localizador de ápice Root ZX donde el foramen menor no se usó como un punto de referencia porque era imposible determinar su ubicación en la mayoría de las muestras, mientras que el foramen mayor se podía ubicar de manera consistente, por tanto se estableció que la longitud de trabajo final era de 0,5 mm coronal al foramen principal. El resultado del análisis estadístico no reveló diferencias significativas entre el grupo in vivo y el grupo in vitro con respecto a la precisión del dispositivo Root ZX para determinar la longitud de trabajo final. La distancia media desde la longitud de trabajo final hasta la punta de la lima fue de 0.23 ± 0.39 mm para el grupo in vivo y de 0.29 ± 0.32 mm para el grupo in vitro. Al determinar la longitud de trabajo final, el Root ZX fue exacto 78.3% del tiempo hasta ± 0.5 mm y 100% del tiempo hasta ± 1 mm en el grupo in vivo, mientras que fue exacto 74% del tiempo hasta ± 0.5 mm y 100% del tiempo hasta ± 1 mm en el grupo in vitro por tanto estos resultados no nos dan a ver una diferencia significativa.²²

Welk y cols. encontraron mayor fiabilidad al localizador Root ZX, recientemente *Selnik y cols.* no encontraron diferencia entre el Elements Diagnostic y Root ZX.¹²

Los localizadores electrónicos de foramen contemporáneos tienen una exactitud muy alta: aproximadamente el 90%, con un nivel de tolerancia de 0.5 mm, por ello la importancia de que se usen como auxiliar en las radiografías para determinar la longitud de trabajo.⁴ En el artículo “Exactitud de diferentes métodos para determinar la longitud de trabajo: estudio in vitro” publicado en la revista Oral mencionan según resultados, la exactitud del diámetro menor en el localizador Root ZX 2 fue 15% para el Element Diagnostic Unit and Apex locator fue del 8%. Los resultados obtenidos en diferentes investigaciones arrojan una exactitud del 90% para el Root ZX dentro del 0.5 mm del foramen apical o de la unión cemento dentina existen algunos estudios que muestran una exactitud del 100% cuando la lectura es tomada a un milímetro, en este estudio sólo se encontró el 68% en longitud es entre 0 y 0.5 mm. Este es un resultado que está por debajo de los obtenidos por *Pagavino et al.* pudiendo haber sido al emplear un diseño en vivo.¹⁸

En un estudio comparativo de 3 localizadores apicales electrónicos realizado en la Universidad del Argentina tras comparar las mediciones de estos localizadores con las imágenes radiográficas a un nivel de 0.5 a un menor que el ápice radiográfico, se demostró que el localizador iPex es confiable en el 90%, seguido del Propex II con un 85% y el Root ZX II un 70%. Los valores que derivan de la comparación entre las mediciones resultantes de los localizadores Root ZX II y Propex II revelaron diferencia estadística significativa ($P < 0.05$). Las obtenidas con el Root ZX y el iPex no se registraron diferencias estadísticas significativas tampoco hubo diferencias entre el Propex y el iPex.¹⁹

Shabahang et al. en un estudio encontraron que Root ZX tiene una efectividad del 96.2% para determinar la ubicación del foramen apical dentro de ± 0.5 mm cuando se usa de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. *Ounsi y Naamán* encontraron que Root ZX tenía una precisión del 84.72% hasta ± 0.5 mm del foramen apical cuando se usaba la lectura "apex" como una determinación apical.²⁴

En otro estudio in vitro se concluyó que el localizador de ápice Root ZX II fue el más preciso para ubicar el foramen apical en comparación con el localizador de ápice Elements y el localizador de ápice de precisión. Cuando se utiliza un rango de aceptabilidad clínica de ± 0.5 mm desde las longitudes reales del canal, el Root ZX II también tuvo la proporción más alta en la zona de mediciones aceptables con un 97.5%.²⁴

Cumba et al. compararon una precisión de Root ZX y Novapex para la localización del foramen apical en un estudio in vitro. Los resultados mostraron una precisión de 89.7% para Root ZX y 82.1% para Novapex con una tolerancia de ± 0.5 mm. No se vio una diferencia estadísticamente significativa, por tanto; el Root ZX y Novapex son dispositivos útiles y precisos para la ubicación del foramen apical.¹

Higa et al. evaluaron en 12 dientes humanos unirradiculares extraídos la distancia de la punta de la lima al foramen con tres distintos localizadores; Justy III, Dentaport y E-Magic Finder Deluxe. No encontraron diferencia estadísticamente significativa en las mediciones de la punta de la lima en relación con el foramen mayor.¹

Existe una gran controversia sobre si los localizadores electrónicos pueden determinar la constricción menor o el foramen mayor. Según el fabricante, la lectura de 0.5 del medidor Root ZX indica que la punta de la lima está en la constricción apical. El método in vivo / vitro de *Shabahang et al.* usaron la lectura 0.5 para probar la precisión de la Root ZX, sin embargo, *Mayeda et al.* habían llegado a la conclusión de que los localizadores electrónicos sólo son capaces de detectar el foramen principal. *Ounsi y Naamán* confirmaron este punto en 1999, concluyendo que "Root ZX no es capaz de detectar '0.5 mm desde la posición del foramen' y, por lo tanto, sólo debe usarse para detectar el foramen (diámetro mayor)". *Lee et al.* encontraron que las punta de la lima terminan en el área del foramen principal independientemente de la presencia de la unión cemento-dentina y que el foramen principal es un mejor nivel para evaluar la precisión de los localizadores electrónicos. Más actual, *Herrera et al.* encontraron que el diámetro de la punta de la lima utilizados para determinar las longitudes de trabajo con Root ZX no tuvo ningún efecto significativo hasta que los anchos apicales se instrumentaron hasta un diámetro de 1.02 mm. *Ayouti et al.* informaron que después de eliminar las raíces con obstrucciones en el ápice, Root ZX fue significativamente más consistente en sus lecturas (98.2%) que el Raypex 5 (92.6%). Finalmente, *Hassanien et al.* recientemente descubrieron que la unión cemento dentina y la constricción apical no son el mismo punto, la constricción apical siempre se encontró coronal a la unión cemento dentina y al usar la barra de constricción apical en la pantalla Root ZX, la medición obtenida es más cercana a la unión cemento dentina que a la constricción apical.²⁴

Venturi y Breschi hicieron un estudio in vitro para evaluar la precisión de Apexfinder y Root ZX en 5 etapas diferentes de la instrumentación del conducto radicular. La etapa 1 se realizaba antes de la instrumentación e irrigación, la etapa 2 era después de una breve instrumentación, irrigación con alcohol isopropílico al 70% y secado parcial, la etapa 3 después de irrigación con EDTA, etapa 4 después de la instrumentación completa e irrigación con NaOCL al 5%, etapa 5 después de sacar el conducto instrumentado. Se realizaron 133 mediciones inestables en condiciones de baja conductividad siendo más frecuente Root ZX y 63 mediciones relacionadas con la presencia de NaOCL en conductos con Apex Finder. El Root ZX mostró mediciones más precisas ($-0.03 \pm 0.39 \pm 0.46$ mm). En conductos secos Apex Finder fue más preciso (-0.0 ± 0.21) en comparación con el Root ZX (-0.05 ± 0.32). Los dos localizadores revelaron mediciones precisas durante las cinco situaciones clínicas, Apex Finder estuvo influenciado negativamente por NaOCL en el conducto radicular y el Root ZX demostró mediciones estables en los conductos de baja conductividad.¹

Once estudios utilizaron el factor de distancia al vértice radiográfico para evaluar el rendimiento de los localizadores electrónicos de ápices en su estudio. La mayoría de los estudios establecieron un rango radiográfico aceptable entre 0.5 y 1.5 mm desde el vértice radiográfico, considerando una determinación exitosa de la longitud de trabajo si la punta de la lima estaba ubicada en ese intervalo radiográfico. *Pommer et al.*, *Renner et al.* y *Giusti et al.* obtuvieron eficiencias de 86.5%, 90% y 90%, respectivamente, con el localizador apical en la marca de 1 mm.²⁵

Root ZX, Justy II y Endy 5000 resultaron ser significativamente más precisos que Endox para determinar la distancia a la constricción apical. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre Root ZX y Justy II, Root ZX y Endy 5000, o Justy II y Endy 5000. Estos hallazgos están de acuerdo con el trabajo de *Lucena-Martín et al.*, quienes tampoco encontraron diferencias entre Root ZX y Justy II.²⁶

Los datos presentados en los estudios evaluados apoyan el uso de localizadores de ápices para las mediciones de la longitud de trabajo.

CAPÍTULO 6 RESORCIONES APICALES

Los primeros estudios y registros de existencia de resorciones fueron descritos por *Bell* en 1820, *Mummery* en 1920 y *Pritchard* en 1930.¹³

Según *Mario Leonardo*, las resorciones cemento-dentinarias apicales raramente se observan en las radiografías periapicales, estas constituyen el principal factor causante de los fracasos observados en los tratamientos de conductos radiculares de dientes con nítida lesión periapical crónica.³⁴

Felini Filho estudio 87 dientes con necrosis pulpar y constato que solo en el 63,88% de ellos, el examen radiográfico mostraba algún tipo de resorción apical, mientras que en examen microscópicos revelaron que alguna forma de resorción radicular está presente en la mayor parte de los dientes afectados por procesos crónicos periapicales. Con esto se concluyó que las radiografías no son un recurso confiable para el diagnóstico de resorciones radiculares en sus fases iniciales. Este estudio está totalmente relacionado con la determinación de la longitud de trabajo. Se destaca la relevancia del proceso de lisis de los tejidos apicales, la resorción cemento-dentinaria apical y su íntima relación con el posicionamiento del límite apical de instrumentación y por consiguiente de la obturación.³⁴

En presencia de resorciones apicales avanzadas la constricción apical puede estar perjudicada o ausente, alterando la conformación eléctrica del conducto radicular. La variación de impedancia de la pared dentinaria del tercio apical se reduce, lo cual da como resultado lecturas aparentemente cortas. El flujo de corriente en la zona se altera, proporcionando valores de gradiente de voltaje muy próximos a los valores del ligamento periodontal. Esto interfiere totalmente en la lectura de la variación de impedancia, calculada a partir de la aplicación de dos o más frecuencias de corrientes alternas (Fig. 26).³⁴



Figura 26 (A) Imagen radiográfica preoperatoria de un incisivo central superior izquierdo, con lesión periapical e intensa reabsorción radicular. (B) Imagen radiográfica postoperatoria. Se observa la formación de un tope apical de instrumentación que permitió mantener el material de obturación en un límite adecuado.

Weine se basaba en la evidencia radiográfica de la resorción radicular ósea, menciona que el foramen apical está situado a 0,5-1mm del ápice radiográfico, por ello la terminación de la preparación no debe ser más de 1mm del ápice radiográfico, si se quiere dejar cierto espacio para formar la matriz de dentina.^{2,31}

También comenta que cuando existe un área de radiolucidez periapical con indicación radiográfica de resorción apical la preparación debe terminarse a 1.5 mm del ápice radiográfico. Si la resorción apical de la raíz es extensa y muy visible radiográficamente hay que reducir a 2mm o más la longitud de trabajo con relación al ápice radiográfico para que se desarrolle la matriz de dentina.³¹

Sunada sugirió la posibilidad de utilizar localizadores electrónicos apicales para identificar la presencia de perforaciones, más adelante se estudió que los localizadores apicales electrónicos podían determinar con precisión el sitio de perforaciones del piso radicular. Este método ayudó en el diagnóstico de resorciones externas, así como también la comunicación de estas misma hacia el espacio de la pulpa o la resorción interna que tenía comunicación

hacia la superficie radicular externa. Si la resorción es comunicante, el instrumento conectado al localizador electrónico hará contacto en el conducto radicular con el tejido orgánico proveniente del tejido periodontal adyacente a la comunicación y emitirá en ese punto la señal sonora o visual. En el caso de una resorción no comunicante, el instrumento podrá introducirse en el conducto hasta la zona apical sin que se registre señal alguna en su trayecto.^{13,33}

CONCLUSIONES

El tratamiento de conductos radiculares consta de varios procedimientos, uno de ellos es la determinación de la longitud de trabajo el cual es importante para obtener un tratamiento exitoso.

La determinación de la longitud de trabajo es la distancia que va de un punto de referencia oclusal o incisal hasta el punto de unión cemento-dentina-conducto, este límite determina hasta donde se realizara la limpieza, conformación y obturación del conducto radicular.

Para la determinación de la longitud de trabajo se han empleado distintos métodos que van desde las radiografías, sensación táctil, puntas de papel con presencia de fluidos, conocimientos anatómicos y electrónicos.

Durante el paso del tiempo el método radiográfico fue el más utilizado, sin embargo es un método no tan confiable para la determinación de la longitud de trabajo ya que no es tan preciso por ser una imagen bidimensional, para disminuir esta falta de precisión del límite en el conducto radicular se desarrolló el método electrónico.

El método electrónico ha tenido diversas modificaciones en su funcionamiento dando como resultado una mayor eficacia y precisión en la localización de la constricción apical. Este consiste en la utilización de dispositivos llamados localizadores electrónicos del foramen, los cuales en la actualidad se basan en el principio de resistencia y capacitancia, utilizando diferentes frecuencias separadas. Su utilización tiene varias ventajas como una manipulación fácil y rápida, reduce el número de radiografías y por tanto la disminución de la radiación en pacientes embarazadas, es mayor la precisión que el método radiográfico, reduce el tiempo de trabajo y ayuda en el diagnóstico diferencial de perforación, reabsorción y fractura radicular.

DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE TRABAJO MEDIANTE EL USO DEL LOCALIZADOR ELECTRÓNICO, EN 3D.

Los localizadores electrónicos del foramen contemporáneos tienen una exactitud muy alta aproximadamente del 90%, con un nivel de tolerancia de 0,5 mm. Es importante tener en cuenta que los localizadores electrónicos deben combinarse con otros métodos de determinación de trabajo, ya que no son fiables al 100%. El método electrónico y radiográfico da una menor probabilidad de error en la determinación de la longitud de trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Norberto JB, Álvaro Cruz, Claudia A. Palafox, Santiago Andaracua G.. Principios, evolución y precisión de los localizadores electrónicos de Foramen. Endodoncia actual [Internet]. 2016[Noviembre 2015-Enero 2016];10(3):14-27.
2. R.NageswarRao. Endodoncia Avanzada.Vol1.1era ed.AMOLCA; 2011.
3. Lima Machado, M.E.,ENDODONCIA. Ciencia y tecnología. 1ra ed. China. Editorial AMOLCA;2016.
4. Gunnar Bergenholtz,PrebenHorsted-Bindslev, ClaesReit. Endodoncia. Vol 1. 2da ed. México:El Manual Moderno;2011.
5. Parra,R.O.&LunaC.A.,Longituddetrabajo.Oral. 2007;Vol.9(27),pag.426-431.
6. Cynthia Rodríguez-Niklitschek, Gonzalo H.Oporto. Determinación de la longitud de trabajo en Endodoncia. Implicaciones clínicas de la anatomía radicular y del sistema de canales radiculares. Int. J. Odontostomat. [Internet]. 2014;8(2):177-183.
7. Gustavo Horacio L., Jorge Mario B. CLAVES DE LA ENDODONCIA MECANIZADA. Conceptos, recursos y conductas clínicas. 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires:Grupo Guía S.A.;2015.

8. Gustavo Horacio L., Jorge Basilaki. Endodoncia. Criterios técnicos y terapéuticos. 1a ed.Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Grupo Guía S.A.,2016.
9. Luis García A.,Benjamín Briseño M. ENDODONCIA I.Fundamentos y clínica.1a ed.Ciudad de México.Dirección General de publicaciones y Fomento Editorial,2016.
10. Eduardo de Lima M.Endodoncia de la Biología a la Técnica. 1a ed. Sao Paulo.AMOLCA,2009.
- 11.Estrella, C. Ciencia Endodontica. 1ra ed.Sa+oPaulo.Artes medicas Latinoamérica.2005.
- 12.Carlos CanaldaS.,EstebanBaruA.Endodoncia.Técnicas clínicas y bases científicas.3a ed.Barcelona.ELSEVIER MASSON.2014.
- 13.Ilso J. Soares, Fernando Goldberg. Endodoncia .Tecnica y fundamentos.2da ed.BuenosAires:Medica Panamericana,2012.
- 14.Mahmoud Torabinejad, Richard E. Walton. Endodoncia. Principios y práctica.4ta ed.Barcelona,España: ELSEVIER.2010.
- 15.Kenneth M. Hargreaves, Louis H. Berman. Cohen Vias de la pulpa. 11a ed.España: ELSEVIER,2016.

16. E, Berutti, M. Gagliani. Manual de endodoncia. 1a ed. Milano, Italia. AMOLCA, 2017.
17. Oliver, R. Silicio, G., Luna, A. Exactitud de los localizadores electrónicos frente al método radiográfico convencional en la obtención de la longitud de trabajo en dientes jóvenes. Oral. 2009; 10(31) 505-510.
18. García, M. E., Luna, C. A. & Parra, R. O., Exactitud de diferentes métodos para determinar la longitud de trabajo: estudio in vitro. Oral. 2010; 11(34) 613-617.
19. Hilú, R. & Peguero L., Accuracy of working length determination with three different Apex locators. An "ex vivo" study. Rev Asoc Odontol Argent, 2013; Vol. 101(3)/ 91-96.
20. Don H. Pratten, DMD, MS and N. J. MC Donald. Comparison of Radiographic and Electronic working lengths. Journal of Endodontics [Internet] 1996;22(4): Disponible en: <https://www.jendodon.com>
21. Olivera T. N., VIVACQUA-GOMES, N., Bernades, R. A., Vivan, R. R., Duarte, M. A.H. & Vasco Celos, B. C. Determination of the accuracy of 5 Electronic Apex locators in the function of different employment protocols. Journal of Endodontics [Internet] 2017;43(10): Disponible en: <https://www.jendodon.com>

22. Durán-Sindreu, F., Stober, E., Mercade, M., Vera, J., Garcia, M., Bueno, R. & Roig, M. Comparison of In vivo and in vitro readings when testing the accuracy of the Root ZX Apex locator. Journal of Endodontics [Internet]. 2012; Vol.38(2): Disponible en: <https://www.jendodon.com>
23. Vasco Celos, B. C., Bastos, L. M., Oliveira A. S., Bernardes R. A., Húngaro, M. A., Vivacqua-Gomes, N. & Vivan, R. R. Changes in Root Canal lengths determine during mechanical preparative stages and their relationship with the accuracy of Root ZX II. Journal of Endodontics [Internet]. 2016.; Vol.42(11): Disponible en: <https://www.jendodon.com>
24. Guise, G. M., Goodell G. G. & Imamura G. M. In vitro comparison of three Electronic Apex Locator. Journal of Endodontics [Internet]. 2010; Vol.36(2): Disponible en: <https://www.jendodon.com>
25. Martín, J. NR., Marques, D., Mata & A., Carames, J.E. Clínica efficacy of Electronic Apex locators: systematic review. Journal of Endodontics [Internet]. 2014; Vol.40(6): Disponible en: <https://www.jendodon.com> <https://ncbi.nlm.nih.gov>
26. Tsesis, I., Blazer T., Ben-Izhach, G., Tashieri, S., Del Fabbro, M., Corbella, S. & Rosen, E. The precision of Electronic Apex locators in working lengths determination: A systematic Review and meta-analysis of the literatura. Pubmed [Internet] 2015; Vol.41 (11): Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>

27. Borrego, A. P., Ilisastigui, Z.T., Ilisastigui, A. L., Valdes, H. & García, N. Resorción dentaria interna. Presentación de un caso. Scielo[Internet]. 2010;Vol.9(2): Disponible en:www.scielo.sld. Cu
28. Kuttler, Y.. Fundamentos de ENDO-METAENDODONCIA. 2da ed, México, D.F. Francisco Méndez Oteo. 1980.
29. Leonardo, M. R. ENDODONCIA tratamiento de conductos radiculares, principios técnicos y biológicos.
30. Gutmann, J., Lovdahl, P. Soluciones de problemas. 5ta ed. Barcelona, España; GEA CONSULTORIA EDITORIAL, 2012. Pp52-55.
31. Weine, Franklin S. Endodontic Therapy, 5ta ed. Mosby, 1996.
32. Ingle Bakland. ENDODONCIA. 2da ed., México. McGraw-Hill Interamericana, 1979
33. Ingle. Bakland. ENDODONCIA. 5ta ed., México. McGraw-Hill Interamericana, 2004. Pp. 525-532
34. Leonardo, Mario R. Leonardo ,Renato. Endodoncia: Conceptos Biológicos y Recursos Tecnológicos. Artes medicas Ltda. 2009. Pp149-159