

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias de la Salud**

**Revisión Bibliográfica de Localizadores Apicales  
Electrónicos  
Ensayos y Artículos Académicos**

**Valentina María Rega Aguilera**

**Odontología**

Trabajo de titulación presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Odontóloga

Quito, 22 de julio de 2016

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

COLEGIO CIENCIAS DE LA SALUD

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Revisión Bibliográfica de Localizadores Apicales Electrónicos**

**Valentina María Rega Aguilera**

Calificación:

---

Nombre del profesor, Título académico

Johanna Monar, Dra.

Firma del profesor

---

Quito, 22 de julio de 2016

## Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: Valentina María Rega Aguilera

Código: 00106840

Cédula de Identidad: 1713676193

Lugar y fecha: Quito, julio de 2016

## RESUMEN

La endodoncia es una de las ramas de la odontología que tiene como objetivo eliminar la pulpa dental del diente para aliviar el dolor y mantener el diente natural del paciente. El éxito de un tratamiento de conducto depende de varios factores como la determinación adecuada de la longitud de trabajo, una correcta irrigación, instrumentación y obturación. Hoy en día existen diferentes métodos para llegar a conocer la longitud de trabajo, entre las cuales encontramos el uso de radiografías, tomografías y los localizadores apicales. Se han realizado estudios en los cuales se ha visto que los localizadores apicales son bastante precisos en comparación con los otros métodos de determinación de la longitud de trabajo. Sin embargo, existen todavía ciertas contradicciones con el uso de estos aparatos, ya que la eficacia de los localizadores apicales depende de varios factores. Este trabajo tiene como objetivo realizar una revisión bibliográfica del uso de localizadores apicales en la endodoncia. Es importante para todos los odontólogos, especialmente endodoncistas, que estén conscientes del uso de localizadores apicales como una herramienta sustancial al momento de realizar una endodoncia, ya que muchos de ellos no lo están. La principal conclusión a la que se llegó es que el uso de radiografías o tomografías debe ser usado como un complemento al localizador apical electrónico para mejores resultados.

Palabras clave: endodoncia, instrumentación, longitud de trabajo, radiografías, localizadores apicales electrónicos

## **ABSTRACT**

Endodontics is a branch of dentistry that aims to eliminate the dental pulp of the tooth to relieve pain and maintain the patient's natural tooth. The success of a root canal treatment depends on several factors such as the proper determination of the working length, proper irrigation, instrumentation and obturation. Today there are different methods to get to know the working length, which are the use of x-rays, CT scans and apex locators. There have been studies in which we have seen that the apex locators are accurate compared to other methods of determining a working length. However, there are still some contradictions with the use of these devices, since the effectiveness of the apex locators depends on several factors. This work aims to conduct a literature review of the use of apex locators in endodontics. It is important for all dentists, especially endodontists, who are aware of the use of apex locators as a substantial tool when performing a root canal, since many of them are not. The main conclusion was that the use of x-rays or CT scans must be used as an adjunct to electronic apex locator for best results.

Keywords: endodontics, instrumentation, working length radiographs, apical locators electronic

## **TABLA DE CONTENIDO**

INTRODUCCIÓN .....	9
Justificación .....	10
DESARROLLO DEL TEMA .....	11
Reseña histórica .....	11
La pulpa dental.....	12
Los tejidos perirradiculares .....	14
Los microorganismos .....	15
Patología y diagnóstico .....	16
Patologías y diagnóstico pulpares.....	17
Patología y diagnóstico periapical .....	19
Morfología de la porción apical .....	20
Tratamiento de conducto.....	22
Determinación de la terminación del conducto radicular. ....	22
Limpieza y conformación del conducto.....	27
Obturación.....	28
Importancia de longitud de trabajo .....	29
Localizadores apicales .....	30
Teoría acerca del funcionamiento de localizadores apicales electrónicos. ....	30
Generaciones de localizadores apicales electrónicos.....	37
DISCUSIONES.....	41
CONCLUSIONES .....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.-</b> Microorganismos predominantes aislados de los conductos radiculares de 65 dientes con lesiones periapicales .....	16
<b>Tabla 2.-</b> Longitud media de los dientes en milímetros. ....	23

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.-</b> Anatomía de la porción apical de la raíz .....	21
<b>Figura 2.-</b> Anatomía de la porción apical de la raíz .....	34
<b>Figura 3.-</b> Un condensador conectado a una batería (corriente directa) .....	35
<b>Figura 4.-</b> Estructura dental durante tratamiento de conducto en términos de conductividad eléctrica y la resistencia del modelo. ....	36
<b>Figura 5.-</b> Capacitancia de una pieza dental durante endodoncia .....	37



## INTRODUCCIÓN

Se cree que la endodoncia existe aproximadamente desde el siglo XVII ya que se han encontrado evidencias arqueológicas que lo demuestran. Aunque las técnicas han variado desde ese entonces el propósito siempre ha sido el mismo: aliviar el dolor y preservar el diente (Castellucci, 2005). La endodoncia es una de las ramas de la odontología que tiene como objetivo eliminar la pulpa dental del diente para aliviar el dolor y mantener el diente natural del paciente.

El éxito de un tratamiento de conducto depende de varios factores como la determinación adecuada de la longitud de trabajo, una correcta irrigación, instrumentación y obturación. La longitud de trabajo es la distancia desde la referencia coronal hasta un punto dentro del conducto donde se va trabajar con las limas y luego a obturar (Siu, Marshall, Baumgartner, G 2009). Hoy en día existen diferentes métodos para llegar a conocer la longitud de trabajo, entre las cuales encontramos el uso de radiografías y los localizadores apicales.

Se ha llegado a la conclusión a través de los años de que el uso de radiografías puede no ser tan preciso, ya que este método muestra una imagen bidimensional de una estructura tridimensional. Además en ciertos casos la determinación de la longitud de trabajo con este método puede subestimar la longitud de trabajo, ya que el foramen apical del diente puede no encontrarse en el ápice dental, sino hacia un lado. Por otro lado, el uso de radiografías puede ser complicado para ciertos dientes que tienen inclinación y la superposición de otras estructuras óseas (Siu, et al., 2009).

En 1918 Cluster fue el primero en proponer un método eléctrico de localización del foramen apical. Luego en 1942 comenzó el uso de localizadores apicales en estudios realizados por Suzuki. Años más tarde se siguió con avances de los localizadores apicales y Sunada creó el principio de la “teoría de la característica biológica” en donde se encontraron

valores de resistencia eléctrica entre el ligamento periodontal y la mucosa oral que pueden ser determinados por medios electrónicos (Paul, Mittal, 2011).

Los localizadores apicales tienen sonido o una pantalla que alertan al usuario cuando una lima llega al ápice. En los últimos años se han realizado estudios en los cuales se ha visto que los localizadores apicales son bastante precisos en comparación con los otros métodos de determinación de la longitud de trabajo. Sin embargo, existen todavía ciertas contradicciones con el uso de estos aparatos, ya que la eficacia de los localizadores apicales depende de varios factores (Siu, et al., 2009).

## **Justificación**

La endodoncia es una rama fundamental de la odontología, que se enfoca en la preservación de dientes naturales. Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo realizar una revisión bibliográfica del uso de localizadores apicales en la endodoncia. Es importante para todos los odontólogos, especialmente endodoncistas, que estén conscientes del uso de localizadores apicales como una herramienta sustancial al momento de realizar una endodoncia, ya que muchos de ellos no lo están. Los localizadores apicales son una herramienta que ayudan a determinar la longitud de trabajo, para luego realizar una correcta instrumentación, irrigación y obturación, con el fin de lograr un tratamiento exitoso en endodoncia.

## DESARROLLO DEL TEMA

Para poder comprender el uso y funcionamiento de los localizadores apicales es necesario tener ciertas bases acerca de la endodoncia y su historia, la pulpa dental, los tejidos perirradiculares, microorganismos, las patologías pulpares y su respectivo diagnóstico, la morfología de la porción apical y finalmente acerca de un tratamiento de conducto y sus pasos.

### Reseña histórica

La historia de la endodoncia comienza desde el siglo XVII, desde ese entonces los avances y estudios siguen surgiendo. En ese época las invenciones se daban en base a las necesidades, se experimentaban nuevas técnicas, materiales, e instrumentos para aliviar el dolor y preservar al diente. Pierre Fauchard, fue el primero en describir la pulpa dental y desmintió la antigua creencia de que un gusano causaba las caries y dolores dentales (Castellucci, 2005).

En 1746 Pierre Fauchard describió la remoción de la pulpa dental, dando inicio a la endodoncia de hoy en día. Luego de esto los avances en el campo de la endodoncia siguieron surgiendo año tras año. En el 1847 Edwin Truman introdujo la gutapercha como un material de relleno. En 1864 Barnum comenzó a usar hojas de goma para asilar los dientes, luego en 1873 junto con Bowman introdujeron las grapas para el dique de goma. Los conos de gutapercha usados para la obturación de tratamiento de conductos empezaron a usarse en 1867. En este mismo año, Magitot sugirió el uso de una corriente eléctrica para determinar la vitalidad de la pulpa. En 1908 el Dr. Meyer L. Rhein, introdujo una técnica para determinar la longitud del canal y para determinar el nivel de obturación y G.V. Black sugirió medir la longitud del canal y el tamaño del foramen apical para prevenir la sobre obturación. Años

más tarde, Mayrhofer publicó un trabajo relacionando la naturaleza de una infección pulpar con microorganismos específicos (Castellucci, 2005).

En cuanto a los localizadores apicales en 1918 Cluster introdujo un método eléctrico para la determinación de la terminación del conducto radicular. Cluster se basó en el hecho de que la conductividad eléctrica de los tejidos alrededor del ápice de la raíz es mayor que la conductividad dentro del conducto. Años más tarde en el 1942 Suzuki realizó un estudio en el que concluyó que la determinación de la terminación del conducto radicular con el método eléctrico daba resultados consistentes. Basándose en las investigaciones de Suzuki, Sunada en 1962 reportó que un valor específico de resistencia podría determinar la posición del ápice. Determinó que cuando la punta de un instrumento odontológico alcanzaba la membrana periodontal a través del foramen apical, la resistencia eléctrica entre estos era de  $6.5k\Omega$ . Sunada también reportó que la edad del paciente, la forma del diente, o el diámetro del canal no tenían influencia sobre los resultados con el método electrónico. (Nekoofar, et al., Ghandi, Hayes, Dummer 2006)

De esta manera podemos observar como poco a poco fueron surgiendo diferentes avances en el campo de la endodoncia hasta llegar a la invención del método electrónico para determinar la longitud de trabajo, dando inicio a los localizadores apicales que se usan hoy en día y todas las generaciones que han ido surgiendo.

## **La pulpa dental**

La pulpa dental es un tejido conectivo laxo, el cual se encuentra dentro del diente rodeado de dentina, dando lugar al complejo dentino-pulpar. Se localiza en la cámara pulpar y en los conductos radiculares, manteniendo contacto con el ligamento periodontal a través del foramen apical, foraminas apicales y conductos laterales por donde pasan elementos vasculares y nerviosos (Soares, Goldberg, 2012, p.25).

Histológicamente la pulpa dental contiene células, fibras colágenas y reticulares, sustancia fundamental amorfa, líquido tisular, vasos sanguíneos, vasos linfáticos y nervios al igual que otros tejidos conjuntivos del cuerpo humano. Entre las células encontramos fibroblastos encargadas de formar proteínas, macrófagos encargados de la defensa primaria y linfocitos encargados también de la defensa del organismo. La superficie de la pulpa tiene una capa de odontoblastos, los cuales son células altamente diferenciadas, que se especializan en la producción de dentina. La capacidad para formar dentina es una función permanente, sirviendo de esta manera como un método de protección ante agentes agresores y por otra parte sirve para compensar las pérdidas de esmalte y dentina (Soares, Goldberg, 2012, p.25).

Los odontoblastos en especial tienen una rica micro-vascularización de un flujo sanguíneo elevado el cual es la base morfológica de la nutrición y capacidad de reacción del complejo dentino-pulpar. En cuanto al sistema nervioso de la pulpa dental y una parte de la dentina, encontramos nervios sensitivos que dan la percepción de estímulos externos e internos. La gran mayoría de nervios, se encuentran en la pulpa, pero existe abundancia en el plexo de Raschlow en la parte sub-odontoblástica, donde las fibras se encuentran en la capa de odontoblastos y luego penetran en los túbulos dentinarios. Existen fibras desnudas, lo que causa una respuesta dolorosa ante diversos estímulos aplicados sobre el complejo dentino-pulpar. La pulpa coronaria es más reactiva y es un tejido más metabólico que la pulpa radicular por su microcirculación e inervación más profusa, el mayor número de células y odontoblastos (Soares, Goldberg, 2012, p.25-26).

Es importante saber que a medida que avanza la edad existe un cuadro de envejecimiento de la pulpa dental, de tal manera que se reduce su capacidad metabólica y su potencia de reparación. El volumen de la pulpa se reduce por la producción de dentina secundaria y eventualmente dentina terciaria. De igual manera el número de células disminuye, mientras que la cantidad de colágeno aumenta de manera proporcional. La

circulación es reducida ya que existe un estrechamiento de los accesos por los forámenes y procesos degenerativos vasculares. Por último, también hay una degeneración de los nervios y el aumento de calcificaciones (Soares, Goldberg, 2012, p.26).

## **Los tejidos perirradiculares**

Fuera de las estructuras del diente encontramos el periodonto de inserción, que consiste en estructuras de sostén del diente en el alveolo a través del cemento, ligamento periodontal y el hueso alveolar. Estos tejidos, todos provenientes del folículo o saco dental, conceden una unidad funcional en los dientes permanentes, por la actividad metabólica del ligamento periodontal. El tejido periapical es una región del complejo tisular localizada en el ápice radicular o periápice (Soares, Goldberg, 2012, p.26).

En cuanto al cemento dental, éste es un tejido altamente calcificado que recubre la dentina radicular y protege reduciendo la permeabilidad. El cemento también sirve como un medio de adherencia a las fibras periodontales en la raíz de la pieza dental. Es un tejido a vascular, no se remodela, pero tiene una aposición constante de nuevas capas. Gracias a esta capacidad de aposición constante, proporciona una reparación fisiológica y anatómica luego de reabsorciones radiculares (Soares, Goldberg, 2012, p.26).

El ligamento periodontal es un tejido conectivo que contiene fibras colágenas las cuales establecen la inserción de la pieza dental a la pared alveolar. Es un tejido altamente celular, con vasos y nervios, de metabolismo intenso, con el índice de renovación más rápido del cuerpo. Una de sus funciones es proveer nutrición al cemento y hueso alveolar, además contiene células formadoras y de reabsorción de esos tejidos. Próximos a la superficie del cemento, se encuentran las células de Malassez (remanentes de la vaina epitelial de Hertwig), teniendo gran importancia en la aparición de quistes radiculares. El ligamento periodontal es el encargado de proveer elementos biológicos, células, vasos y nervios necesarios para

reparar la región cuando existen patologías perirradiculares con destrucción del cemento y hueso o ligamento y médula ósea (tejidos duros y blandos) (Soares, Goldberg, 2012, p.26).

El hueso alveolar, o lámina dura se produce por osteoblastos del ligamento y se encarga de sostener los haces de fibras periodontales que en su otro extremo se fijan en el cemento. El hueso alveolar está constantemente en remodelación por distintas fuerzas aplicadas sobre él, en especial las masticatorias. Cuando existen patologías en la zona perirradicular, este tiende a reabsorberse por los osteoclastos. Luego de eliminar agentes agresores, existe una reparación dada por los osteoblastos del ligamento periodontal y de la médula ósea circundante (Soares, Goldberg, 2012, p.26).

## **Los microorganismos**

La cavidad bucal contiene cientos de especies bacterianas. La pulpa dental está protegida o aislada de estas bacterias a través del esmalte y la dentina. Cuando existen lesiones de esmalte o dentina, generalmente por caries, la pulpa dental puede verse contaminada por estos microorganismos y eventualmente comienza a desintegrarse. Inevitablemente se puede llegar a producir una necrosis pulpar, en donde se ven condiciones favorables para una infección intensa. En estas condiciones, los productos bacterianos tóxicos llegan a los tejidos perirradiculares, originando una periodontitis. Dentro de los microorganismos predominantes en los conductos radiculares con lesiones periapicales encontramos en la gran mayoría bacilos grampositivos, bacilos gramnegativos y cocos grampositivos, como podemos ver en la siguiente tabla (Soares, Goldberg, 2012, p.27).

**Tabla 1.-** Microorganismos predominantes aislados de los conductos radiculares de 65 dientes con lesiones periapicales

<b>Especies bacterianas</b>	<b>N° de cepas aisladas</b>	<b>Características</b>
<i>Eubacterim spp.</i>	59	Bacilos grampositivos, no móviles
<i>Peptostreptococcus spp.</i>	54	Cocos grampositivos, no móviles
<i>Fusobacterium spp.</i>	50	Bacterias fusiformes gramnegativas, no móviles
<i>Porphyromonas spp.</i>	32	Bacilos gramnegativos, no móviles
<i>Prevotella spp.</i>	30	Bacilos gramnegativos, no móviles
<i>Streptococcus spp.</i>	28	Cocos grampositivos, no móviles
<i>Lactobacillus spp.</i>	24	Bacilos grampositivos, no móviles
<i>Wolinella spp.</i>	18	Bacilos gramnegativos, móviles
<i>Actinomyces spp.</i>	14	Bacilos grampositivos, no móviles
<i>Propionibacterium spp.</i>	7	Bacilos grampositivos, no móviles
<i>Capnocytophaga ochracea</i>	7	Bacterias fusiformes gramnegativas, móviles
<i>Veillonella párvula</i>	6	Cocos gramnegativos, no móviles
<i>Selenomonas sputigena</i>	6	Bacilos gramnegativos, móviles
Otras especies	3	

Fuente: tomado de Soares, Goldberg, 2012, p.27

## **Patología y diagnóstico**

Un diagnóstico pulpar correcto es la clave de todo tratamiento endodóntico predecible. Es fundamental que antes de iniciar cualquier terapia pulpar hacer un diagnóstico



clínico de la pulpa y el tejido periapical. El diagnóstico se establece en base a los síntomas que presenta el paciente, historia de síntomas que ha tenido el paciente, pruebas diagnósticas y hallazgos clínicos. En casos en los que no se puede llegar a un diagnóstico o el diagnóstico no es claro, no se debe empezar ningún tratamiento hasta tener evaluaciones adicionales (Sigurdsson, 2003). A continuación se darán a conocer los diferentes diagnósticos pulpares y periapicales posibles.

### **Patologías y diagnóstico pulpares.**

#### ***Pulpa sana.***

De acuerdo a la clasificación para diagnóstico pulpar, la pulpa sana está vital y sin inflamación. Esta pulpa será asintomática y va a reaccionar a las pruebas de vitalidad como el frío, calor y pruebas eléctricas. Las pruebas de vitalidad no duran más de dos segundos después de remover el estímulo (Glickman, 2013). Es importante saber que con los años, la pulpa va aumentando la cantidad de dentina secundaria en la cámara pulpar, lo que puede causar una disminución en las pruebas de vitalidad, en estos casos lo ideal es usar pruebas eléctricas. Una pulpa sana puede ser tratada endodónticamente por motivos prostodónticos (Sigurdsson, 2003).

#### ***Pulpitis reversible.***

La pulpitis reversible indica que existe inflamación en una pulpa vital, la cual puede volver a su normalidad luego de un manejo adecuado de la etiología. Existen signos de dolor frente a estímulos como el frío y los dulces, el cual desaparece luego de unos segundos luego de remover el estímulo. El dolor no es espontáneo. Etiologías comunes pueden ser dentina expuesta que causa sensibilidad, caries o restauraciones profundas. En la imagen radiográfica no se ve ningún cambio en la región periapical de la pieza. Luego de resolver el problema de

la etiología la pulpa debería volver a la normalidad por lo que se requiere de controles (Glickman, 2013).

#### ***Pulpitis irreversible sintomática.***

La pulpitis irreversible sintomática indica una pulpa con inflamación, incapaz de volver a su estado normal, por lo que es necesario realizar un tratamiento de conducto. Existen características para llegar a este diagnóstico, como dolor agudo frente a estímulos térmicos, dolor largo luego de remover el estímulo (puede llegar a durar 30 segundos o más luego de remover el estímulo), dolor espontáneo y dolor referido. El dolor a veces puede darse por cambios posturales como recostarse o agacharse. Generalmente analgésicos comunes sin prescripción no son efectivos. La etiología puede ser por caries profundas, restauraciones extensas, o fracturas que exponen la pulpa dental (Glickman, 2013).

#### ***Pulpitis irreversible asintomática.***

La pulpitis irreversible asintomática indica que una pulpa vital tiene inflamación que no es capaz de volver a su estado normal, por lo tanto requiere de tratamiento de conducto. Estos casos no tienen síntomas clínicos y generalmente responden normal a las pruebas térmicas, pero pueden haber sufrido de traumas o caries profundas que pueden resultar en una herida pulpar al remover la carie (Glickman, 2013).

#### ***Necrosis pulpar.***

La necrosis pulpar indica la muerte de la pulpa dental parcial o totalmente, por lo tanto requiere de un tratamiento de conducto. La pulpa no tiene respuesta ante pruebas de vitalidad y es completamente asintomático. La necrosis pulpar por sí sola no causa periodontitis apical a no ser de que el canal este infectado. Se requiere hacer pruebas de vitalidad en todas las piezas para llegar a un correcto diagnóstico y descartar calcificaciones u otras razones por la que la pieza no tiene reacción frente a estímulos (Glickman, 2013).

***Tratado previamente.***

Un diente tratado previamente es una categoría de diagnóstico clínico el cual indica que una pieza dental ha sido tratada parcialmente con una terapia endodóntica y los canales están obturados con un material de obturación que no sea un medicamento intra-conducto. Generalmente la pieza no responde frente a estímulos térmicos o eléctricos de prueba de vitalidad (Glickman, 2013).

***Terapia iniciada previamente.***

Una terapia iniciada previamente es una categoría de diagnóstico clínico el cual indica que una pieza dental ha sido tratada parcialmente con una terapia endodóntica como ser una pulpotomía o pulpectomía. Dependiendo del nivel de la terapia, el diente puede o no responder a pruebas de vitalidad (Glickman, 2013).

**Patología y diagnóstico periapical.*****Tejido apical normal.***

Los tejidos apicales normales no presentan sensibilidad a la percusión o palpación. Radiográficamente la lámina dura que rodea la raíz está intacta y el espacio del ligamento periodontal está uniforme y de grosor adecuado (Glickman, 2013).

***Periodontitis apical sintomática.***

La periodontitis apical sintomática es una inflamación del periodonto apical, produciendo síntomas clínicos como dolor al morder, palpación y percusión. Puede o no tener cambios radiográficos, dependiendo de la evolución de la enfermedad puede haber un espesor normal del tejido periodontal o puede existir radio lucidez apical. El dolor severo frente a la percusión y palpación es un indicador frente a la degeneración pulpar, indicando la necesidad de un tratamiento de conducto (Glickman, 2013).

### ***Periodontitis apical asintomática.***

La periodontitis apical asintomática es una inflamación y destrucción del periodonto apical por orígenes pulpares. Radiográficamente se ve radio lucidez apical. No presenta síntomas clínicos, no hay dolor a la palpación o percusión (Glickman, 2013).

### ***Absceso apical crónico.***

El absceso apical crónico es una reacción inflamatoria a una infección pulpar y necrosis, caracterizada por un aparecimiento gradual, poco o nulo malestar y descargas intermitentes de pus por una fístula asociada. Radiográficamente existen signos de destrucción ósea radio lúcidos. Para identificar el origen de la fístula con drenaje se puede realizar una fistulografía utilizando un cono de gutapercha colocado a través de la apertura por donde esta drenando pus y luego tomando una radiografía (Glickman, 2013).

### ***Absceso apical agudo.***

El absceso apical agudo es una reacción inflamatoria a una infección pulpar y necrosis, caracterizada por un aparecimiento rápido, dolor espontáneo, extrema sensibilidad a la percusión y palpación, formación de pus y la inflamación de tejidos asociados. Puede o no verse signos en la radiografía de destrucción ósea, el paciente puede tener malestar, fiebre y linfadenopatías (Glickman, 2013).

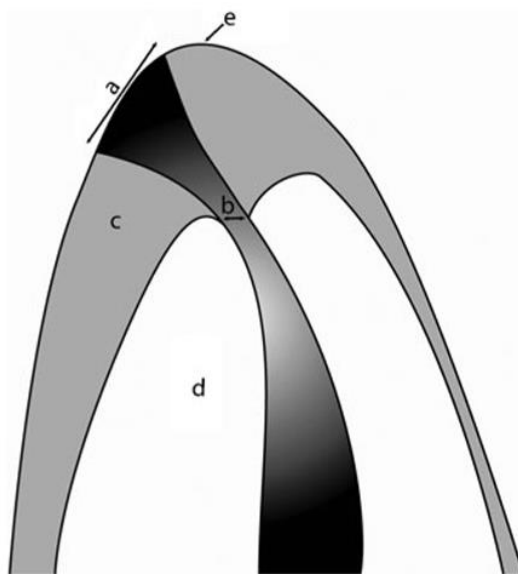
### ***Osteítis condensante.***

La osteítis condensante es una lesión radiopaca difusa que representa una reacción localizada del hueso ante el estímulo de una lesión inflamatoria leve generalmente localizada en el ápice del diente (Glickman, 2013).

## **Morfología de la porción apical**

Es importante conocer la morfología de la porción apical para entender el funcionamiento del método electrónico y para luego realizar adecuadamente el tratamiento de

conducto. Según Kuttler, el conducto radicular tiene dos secciones principales, una sección cónica larga en la región coronal rodeada de dentina y una sección menor rodeada de cemento localizada en la porción apical. Esta porción apical tiene la forma de un cono invertido, como se muestra en la figura 1 (Nekoofar, Ghandi, Hayes, Dummer 2006).



**Figura 1.-** Anatomía de la porción apical de la raíz.

(Nekoofar, et al., 2006)

En la figura 1, se pueden apreciar al foramen apical mayor (a), el foramen apical menor a nivel de la unión cemento-dentina (b), el cemento (c), dentina (d) y el ápice de la raíz (e) (Nekoofar, et al., 2006).

El foramen apical mayor puede variar en su posición en el ápice de la raíz. Hay estudios que dicen que puede variar según el diente, según la edad, o por cambios patológicos como la reabsorción radicular. Es importante tener esto en mente al momento de realizar tratamientos de conductos, especialmente cuando se usan radiografías para determinar la longitud de trabajo, ya que el ápice de la raíz y el final del conducto o el foramen apical pueden encontrarse en diferentes posiciones (Nekoofar, et al., 2006).

Muchos autores consideran que la terminación del canal radicular es en el foramen apical menor, donde se da la unión cemento-dentina. Hay varios casos en donde esta unión

coincide con la unión de la pulpa y el tejido perirradicular. Teóricamente la unión cemento-dentina es el límite apical apropiado para el tratamiento de conducto, ya que en este punto el contacto entre tejidos perirradiculares y el material de rellano radicular es mínimo y no va a producir heridas. Sin embargo, este punto no puede ser determinado más que en dientes extraídos, por lo tanto esta referencia no puede ser usada clínicamente (Nekoofar, et al., 2006).

## **Tratamiento de conducto**

### **Determinación de la terminación del conducto radicular.**

#### ***Método radiográfico.***

En un tratamiento de conducto se deben eliminar los microorganismos dentro del espacio pulpar y después llenar el espacio radicular para prevenir una reinfección. Al terminar el tratamiento de conducto, se debe restaurar al diente para prevenir una recontaminación y una reinfección. Es decir, el objetivo de un tratamiento de conducto es controlar la infección mediante desbridamiento, desinfección y obturación. Está establecido que el procedimiento de una endodoncia debe limitarse al interior del sistema de conductos radiculares. Para lograrlo, se debe localizar el punto final del sistema del conducto radicular de manera muy precisa durante la preparación de conductos. Para esto, existen varios métodos, como radiografías y aparatos eléctricos (Nekoofar, et al., 2006).

Se han usado varias técnicas para la determinación de la terminación del conducto radicular y la longitud de trabajo. La técnica más popular ha sido el uso de radiografías. La precisión de los métodos radiográficos para encontrar la longitud depende de la técnica que se use. Además el foramen apical mayor, como ya se mencionó anteriormente, no siempre está localizado en el ápice radiográfico de la raíz, sino hacia lingual/bucal, o mesial/distal,

haciendo que sea casi imposible establecer su posición radiográficamente (Nekoofar, et al., 2006).

Radiográficamente se puede determinar la longitud de trabajo para exploración (LTEX) mediante la longitud aparente del diente (LAD) y la longitud media del diente (LMD). En la siguiente ecuación podemos observar como la LTEX es igual al promedio de LAD y LMD menos 3mm (Soares, Goldberg, 2012, p. 156).

$$LTEX = \frac{LAD + LMD}{2} - 3mm$$

La LAD se obtiene mediante la medición del diente en una radiografía periapical que no presente ninguna elongación o acortamiento aparente. LA LMD se obtiene a partir de la longitud promedio que tiene esa pieza dental generalmente. En la tabla 2 se ve la longitud media de los dientes en milímetros (Soares, Goldberg, 2012, p.155-156).

**Tabla 2.-** Longitud media de los dientes en milímetros.

	IC	IL	C	1PM	2PM	1M	2M	3M
Superior	22	22	27	21	22	21	21	19
Inferior	21	22	25	21	21	21	21	19

Fuente: Tomado de Soares, Goldberg, 2012, p.156

La determinación de la LTEX es importante para saber aproximadamente hasta que altura se puede colocar el primer instrumento, causando el menor daño posible (Soares, Goldberg, 2012, p.155-156).

Luego se procede a la odontometría (la medición del diente), en donde se determina la longitud real del diente con el objetivo de que el resto de procedimientos endodónticos sean realizados dentro de los límites del conducto radicular. La odontometría con el método radiográfico se realiza mediante la técnica radiográfica de aproximación de Ingle. Esta

técnica consiste en meter una lima dentro de conducto con la LTeX, tomar una radiografía y ver como se encuentra esta con respecto al ápice del diente. Existen tres posibles escenarios:

- El extremo del instrumento no alcance el vértice radicular. Por lo tanto, la longitud del diente es mayor a LTeX.
- El extremo del instrumento se encuentra al mismo nivel que el vértice radicular. Por lo tanto, la longitud del diente y LTeX son iguales.
- El extremo del instrumento queda fuera del foramen apical. Por lo tanto, la longitud del diente es menor que LTeX (Soares, Goldberg, 2012, p.158).

### ***Método electrónico.***

Una de las innovaciones en el tratamiento de conducto radicular ha sido la elaboración y desarrollo de dispositivos electrónicos para la detección de la terminación del canal radicular. Estos dispositivos funcionan en base al conocimiento de que la conductividad eléctrica de los tejidos alrededor del ápice de la raíz es mayor que la conductividad dentro del conducto seco o relleno de un fluido que no sea conductivo. Los localizadores apicales son muy usados hoy en día para la determinación de longitud de trabajo, ya que el método radiográfico no es muy preciso y para evitar la radiación por los rayos x (Nekoofar, et al., 2006).

Las radiografías tienen varias situaciones en las que no pueden ser del todo confiable, como por ejemplo en las siguientes:

- El foramen mayor no coincide con el vértice radicular y no siempre se puede determinar su posición lateral.
- No se pueden ver complejidades anatómicas como dilaceraciones apicales. Especial cuando tienen una desviación hacia vestíbulo-lingual o palatino.



- Piezas dentales que tengan reabsorciones apicales significativas o un contorno radicular impreciso.
- Existe una superposición de imágenes con estructuras anatómicas, como por ejemplo los molares superiores con el seno maxilar, en donde se puede llegar a impedir una adecuada visualización de la región apical (Soares, Goldberg, 2012, p. 159).

En su gran mayoría, los localizadores apicales contienen un cuerpo principal con una pantalla que muestra de diferentes maneras la localización de la lima de acuerdo al ápice dental. En el cuerpo del aparato se encuentra un electrodo que se conecta con la membrana de la mucosa oral y el otro a una lima endodóntica dentro del conducto, creando un circuito en la boca. Para utilizar correctamente el localizador apical es importante seguir las siguientes indicaciones: (Soares, Goldberg, 2012, p.160-161).

- Escoger el instrumento de un calibre y longitud adecuados. El instrumento debe tener un mando de plástico. Debe tener un calibre lo suficientemente delgado para tener contacto con las paredes de dentina del tercio apical y ser lo suficientemente largo para que el cursor no interfiera con el dispositivo que va a sostener la lima.
- Se procede a encender el aparato y verificar que las baterías estén funcionando correctamente para tener buenos resultados.
- El clip labial debe ser colocado a la altura de la comisura labial del paciente. Debemos tomar en cuenta que este clip no debe tocar ninguna estructura metálica como ser arcos metálicos, restauraciones de amalgama, la grapa, coronas metálicas, prótesis removibles, entre otras.
- Se coloca la lima escogida en el dispositivo porta-limas cerca del mango. Al igual que el clip labial, este no debe tocar ninguna estructura metálica.

- Se debe aislar adecuadamente la pieza dental para que no tenga contacto con saliva ni encía.
- Por lo general, el conducto donde se va a introducir el instrumento debe estar húmedo por una solución irrigadora. En dientes multi radicales, es preferible que la cámara pulpar no esté llena de la solución irrigante para que no altere los resultados.
- Luego se introduce la lima al conducto, sosteniendo del mango y se realizan movimientos horarios y anti-horarios, con lentitud. Mientras más cerca está del tercio apical se debe introducir con más lentitud.
- A medida que el instrumento va penetrando por el conducto, el localizador apical y su barra indicadora va a ir desplazándose en la pantalla o empezar a sonar, dependiendo del tipo de localizador que se esté utilizando.
- Es recomendado sobrepasarse el foramen apical indicado con el localizador apical y luego retroceder lentamente hasta llegar nuevamente a donde el localizador indique que se encuentra la lima en el foramen apical. Se deben colocar toques de goma para marcar la longitud deseada en la lima.
- Para asegurarse de los resultados, se puede repetir el mismo procedimiento nuevamente.
- Luego sin retirar la lima del conducto es aconsejado tomar una radiografía periapical para ver radiográficamente la posición de la lima y confirmar los resultados.
- Luego se debe retirar el instrumento y con una regla endodóntica medir la longitud que marca el toque de goma en la lima.

(Soares, Goldberg, 2012, p. 160-161)

### **Limpieza y conformación del conducto.**

Luego de tener lista la odontometría se debe comenzar con la limpieza del conducto.

La limpieza se refiere a la remoción mecánica del tejido pulpar dentro del conducto dental.

Para la limpieza (LTL) y conformación (LTC) debemos usar la longitud real del diente menos 1mm como se muestra a continuación: (Soares, Goldberg, 2012, p.161-162)

$$LTL = LRD - 1\text{mm} \quad LTC = LRD - 1\text{mm}$$

Es importante que durante todo el procedimiento se vaya chequeando estas longitudes, ya que por ejemplo en conductos curvos luego de algunos desgastes pueden eliminar curvatura y se puede llegar a alterar la longitud establecida inicialmente. Es importante mantener la posición y dimensión original del foramen para no realizar una sobre instrumentación y sobre obturación. Cuando existe una sobre obturación, se aumenta el diámetro del foramen apical y se altera la posición, esta deformación es conocida como *zip* (Soares, Goldberg, 2012, p.165).

La conformación del conducto se refiere a dar una forma con objetos definidos, en este caso se crean condiciones morfológicas y dimensiones adecuadas para que el conducto pueda ser obturado correctamente. Para que exista una conformación correcta es esencial la elección de limas que sean adecuadas según la forma del conducto. En conductos rectos se pueden usar limas K y Hedström, o solo limas K. En conductos curvos idealmente se utilizan limas FlexoFile. Luego de la selección del instrumento es importante el movimiento de la lima, preferiblemente debe ser de rotación para mantener la forma original circular del conducto (especialmente en el tercio apical, facilitando la obturación) y para que no exista

una compactación de detritos en el tercio apical. El primer instrumento a ser usado debe quedar ajustado dentro del conducto sin ningún esfuerzo, para esto se comienza con el instrumento #15 y si este no es adecuado se incrementa el tamaño a una lima #20 y luego el #25 (Soares, Goldberg, 2012, p.163).

Una vez que ya se realizó la exploración, la odontometría, la limpieza y selección, calibración y orden de los instrumentos se procede a realizar la conformación. La conformación puede ser realizada mediante diferentes técnicas como apicocoronarias, coronoapicales y mixtas. Las apicocoronarias preparan primero el tercio apical se hace un retroceso en forma gradual hasta el tercio cervical. Las técnicas coronoapicales comienzan por el tercio coronario y avanzan gradualmente hasta llegar a la altura deseada del tercio apical. Por último las técnicas mixtas empiezan preparando el tercio cervical y luego la conformación de los tercios apical y medio respectivamente (Soares, Goldberg, 2012, p.165).

Es importante conocer que la instrumentación puede ser realizada de manera manual (mencionada anteriormente), o de manera mecanizada. Los instrumentos rotatorios agilizan y facilitan la realización del tratamiento de conducto, para realizar el procedimiento en menor tiempo, más eficiente y no tan agotador (Soares, Goldberg, 2012, p187).

### **Obturación.**

La obturación es el paso final del tratamiento de conducto. La obturación consiste en llenar la parte conformada del conducto con materiales inherentes o antisépticos para que exista un correcto sellado tridimensional, estimulando el proceso de reparación o para que no existan complicaciones a futuro. Durante la obturación el espacio que fue anteriormente

conformado con el tratamiento de conducto es llenado y de esta manera se impide la supervivencia de microorganismos, que no haya estancamiento de líquidos y da condiciones para que exista una reparación contribuyendo al éxito del tratamiento endodóntico (Soares, Goldberg, 2012, p.225).

Existen varias técnicas para realizar la obturación, como la condensación lateral (que consiste en la selección de un cono maestro seguido de conos accesorios para rellenar todo el espacio conformado) y técnicas termo mecánicas (como técnica McSpadden, técnica híbrida, técnicas no inyectables, entre otras) (Soares, Goldberg, 2012, p.227).

### **Importancia de longitud de trabajo**

La longitud de trabajo es el paso más importante que se debe establecer antes de iniciar el tratamiento de conducto. Ya que una longitud de trabajo adecuada es el primer procedimiento para lograr el éxito en un tratamiento de conducto, ya que todos los siguientes pasos van a depender de este. La limpieza, conformación y obturación no pueden ser realizadas adecuadamente sin esta medida exacta. En casos en los que no se pueda establecer correctamente la longitud de trabajo los resultados pueden causar una preparación más allá del foramen apical causando una sobre instrumentación y sobre obturación. Así mismo otros resultados pueden ser preparaciones que no lleguen al foramen apical, resultando en una limpieza y obturación insuficiente. Se ha establecido que el punto exacto hasta donde debe llegar es en la unión cemento-dentina, ya que este punto es una referencia anatómica e histológica en el cual el ligamento periodontal empieza y la pulpa dental termina (Gordon, Chandler, 2004, p.425-426).

## Localizadores apicales

### **Teoría acerca del funcionamiento de localizadores apicales electrónicos.**

Luego de tener en mente los conceptos básicos acerca de la pulpa dental, sus patologías y diagnósticos y los pasos para un tratamiento de conducto podemos analizar el funcionamiento de localizadores apicales.

Para comprender correctamente el funcionamiento de los localizadores apicales es necesario entender algunos conceptos básicos como la estructura de los átomos, los iones y electrolitos, la carga eléctrica, el voltaje, la corriente y la resistencia (Nekoofar, et al., 2006).

Dentro de estos conceptos básicos encontramos al átomo, la partícula más pequeña de la materia. Los átomos son formados de electrones, protones y neutrones. El modelo de Bohr plantea la estructura del átomo de la siguiente manera: en el centro hay un núcleo rodeado de electrones. Dentro del núcleo encontramos los protones (con carga positiva) y los neutrones (no contienen carga), los electrones (con carga negativa) rodean al núcleo. Cuando el número de electrones cambia en un átomo, la carga eléctrica también va a cambiar. Cuando un átomo gana electrones, se vuelve negativo. En cambio cuando un átomo pierde electrones se vuelve positivo. Cuando un átomo contiene una carga negativa o positiva, se convierte en un ion. Dentro de los iones encontramos dos tipos, el catión y el anión. El catión es un ion que perdió electrones y por lo tanto tiene una carga positiva y el anión es un ion que ha ganado electrones y por lo tanto tiene carga negativa (Nekoofar, et al., 2006, p.598-599).

Los electrones tienen la capacidad de fluir en metales y en líquidos que contengan iones. Las soluciones con iones que conducen electricidad se conocen como electrolitos. La conductividad de electrolitos es el resultado del movimiento de iones a través de la sustancia hacia los electrodos. Cuando dos electrodos en una solución son parte de un circuito eléctrico completo, el catión se une al polo negativo llamado cátodo y el anión se atrae con el polo negativo llamado ánodo. La conductividad de un ion puede ser afectada por la facilidad en la

que un ion puede moverse por el agua y esto depende de factores como la carga total y el tamaño del ion. Iones de mayor tamaño ofrecen una mayor resistencia al movimiento a través de la solución de electrolitos que los iones de menor tamaño. Mientras más cantidad de iones presentes, mayor será la conductividad eléctrica de la solución (Nekoofar, et al., 2006, p.599)-

La carga eléctrica, simbolizada con  $Q$ , puede ser positiva o negativa. Los electrones, al ser las partículas más pequeñas en tener carga eléctrica negativa, en exceso causan una carga negativa. Por el otro lado, una deficiencia de electrones forma una carga eléctrica neta positiva. Materiales con polaridades opuestas atraen y con polaridades iguales se repelan. Una cantidad determinada de energía debe ser usada en forma de trabajo para superar las fuerzas y mover cargas a ciertas distancias apartes. Todas las cargas opuestas tienen una energía potencial dado por la separación que existe entre ellas. La diferencia en la energía potencial de las cargas se conoce como voltaje. El voltaje, simbolizado con  $V$ , es la fuerza motriz en los circuitos eléctricos y es lo que establece la corriente. La unidad del voltaje es el voltio. El voltaje provee energía a los electrones o iones, permitiendo que puedan moverse a través de un circuito. Este movimiento es la corriente eléctrica simbolizada con  $I$ , resulta en trabajo en un circuito eléctrico. La medida de la corriente son los amperios (Nekoofar, et al., 2006, p.599).

Cuando existen corrientes de electrones libres en la materia, estos electrones colisionan con átomos. Estas colisiones causan que los electrones pierdan energía y su movimiento se vaya restringiendo. Mientras más colisiones hay, más se restringe el movimiento de los electrones. Estas restricciones varían dependiendo del tipo del material, se denomina la resistencia. La resistencia, simbolizada con  $R$ , se expresa en unidades de ohm ( $\Omega$ ). Cuando un voltaje se aplica entre dos puntos en un electrolito, los iones entre ellos van a atraerse por las cargas opuestas, por lo tanto van a moverse entre los puntos y producir una corriente. La resistencia de la solución electrolíticas depende de la concentración de iones y

la naturaleza de los iones presentes, por lo general la carga. Por lo tanto, la resistencia es un variable que depende de concentración. El efecto físico se conoce como resistividad, representada por  $\rho$ , es necesaria para obtener la resistencia de un material. Para cada material, la resistividad puede ser un valor constante a una temperatura dada. Por lo tanto, la fórmula para la resistencia  $R$  es la siguiente:

$$R = \frac{\rho \times l}{A}$$

En el cual  $R$  es Resistencia,  $\rho$  es la resistividad,  $l$  es la longitud entre los puntos y  $A$  es el área. La fórmula indica que la resistencia aumenta con resistividad y longitud y disminuye con el área. La resistividad,  $\rho$ , es el parámetro que se toma en cuenta para clasificar materiales como conductores o aisladores. Los aislantes no pueden conducir electricidad ya que sus electrones se encuentran muy cerca del átomo. Por ejemplo, en el cuerpo humano el hueso es un pobre conductor, mientras que la sangre es relativamente un buen conductor de corriente eléctrica (Nekoofar, et al., 2006, p.599-600).

Cuando existe corriente por el cuerpo humano se genera un shock eléctrico. Cuando un extremo del cuerpo entra en contacto con un voltaje y otro extremo del cuerpo entra en contacto con un diferente voltaje, va a existir una corriente en el cuerpo desde el un extremo hacia el otro. La severidad del shock eléctrico va a depender de la cantidad de voltaje y el camino que toma la corriente por el cuerpo. Para medir los efectos de la corriente en el cuerpo humano, la cantidad de corriente debe ser calculada. Esto depende de la diferencia de potencial, la impedancia de conducción de la diferencia de potencial y la resistencia en el cuerpo entre los puntos de contacto. La resistencia del cuerpo está dada por la masa corporal, la humedad de la piel y los puntos de contactos del cuerpo con un voltaje potencial. El cuerpo humano no detecta corrientes menores a pocos miliamperios, sin embargo con aproximadamente 100 miliamperios causan daños fatales (Nekoofar, et al., 2006, p.600).

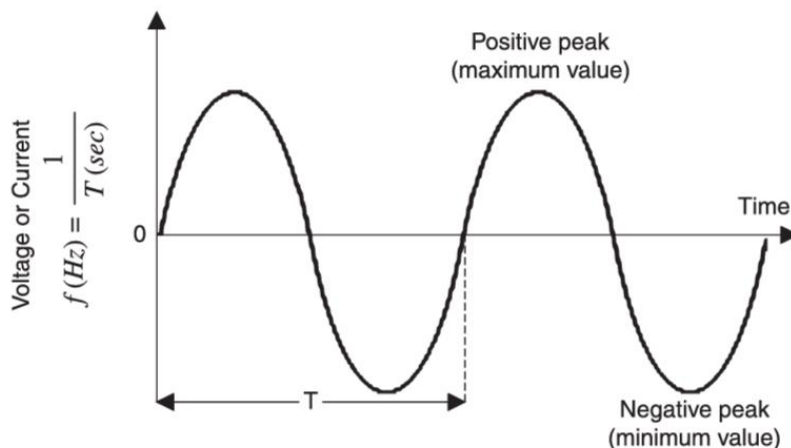


La ley de Ohm, describe de manera matemática la relación que existe entre voltaje, corriente y resistencia en un circuito. Ohm determinó que si el voltaje se aumenta la corriente aumenta y su vez si el voltaje disminuye también la corriente. También mostró que si el voltaje se mantiene constante, al haber menos resistencia va a haber más corriente. Así mismo, si el voltaje es constante y hay más resistencia, la corriente va a ser menor. Soluciones electrolíticas obedecen la ley de Ohm, al igual que conductores metálicos. La ley de Ohm se puede expresar de las siguientes maneras (V=voltaje, I=corriente, R=resistencia):

$$I = \frac{V}{R} \quad V = I \times R \quad R = \frac{V}{I}$$

(Nekoofar, et al., 2006, p.600)

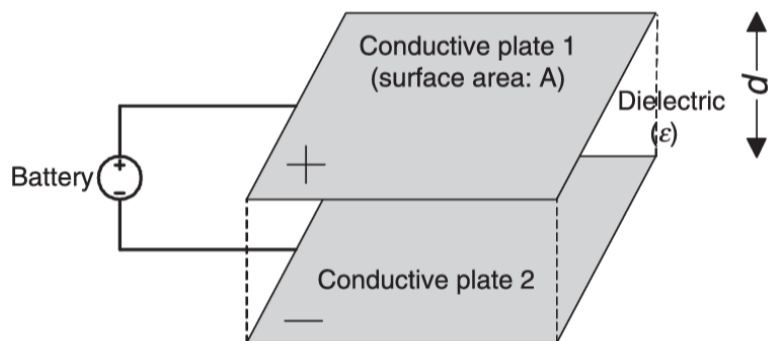
La corriente directa es una cantidad fija de corriente por unidad de tiempo, mientras que la corriente alterna, alterna con el tiempo. A continuación en la figura 3, podemos apreciar un gráfico mostrando la forma general de una onda sinusoidal, que puede ser por alternar corriente o voltaje. La corriente o el voltaje varían con el tiempo, empezando en cero, aumenta hasta el máximo positivo, vuelve a cero y baja hasta el máximo negativo antes de regresar nuevamente a cero, completando de esta manera un ciclo. El tiempo (en segundos) requerido para que se complete una onda seno se conoce como periodo ( $T$ ). La frecuencia ( $f$ ), es el número de ciclos que una onda seno completa en 1 segundo. Mientras más ciclos complete, la mayor frecuencia que va a existir y se mide en unidades de Hertz (Hz) (Nekoofar, et al., 2006, p.600-601).



**Figura 2.-** Anatomía de la porción apical de la raíz.

(Nekoofar, et al., 2006, p.600)

Existen objetos conocidos como condensadores, formados por dos materiales conductivos con aislante entre ellos, como se muestra en la figura 3. Cuando un condensador es conectado a una fuente de corriente directa de voltaje, los electrones se mueven de un lado de la placa hacia otro, haciendo que un lado de la placa tenga una carga negativa mientras que el otro tendrá una carga positiva. Cuando la fuente de voltaje se desconecta, el condensador va a retener la carga y voltaje. La capacidad de un condensador eléctrico se establece de acuerdo a los siguientes parámetros: el área de la placa ( $A$ ), la separación entre ambas placas ( $d$ ) y la constante dieléctrica ( $\epsilon$ ). Una gran área de placa va a producir una mayor capacidad, mientras que una menor área producirá menor capacidad. LA separación de las placas es inversamente proporcional a la capacitancia, mientras más separación, menor capacitancia. El material aislante entre ambas placas, o el dieléctrico, influye directamente sobre la capacidad por su constante dieléctrica (Nekoofar, et al., 2006, p.601).



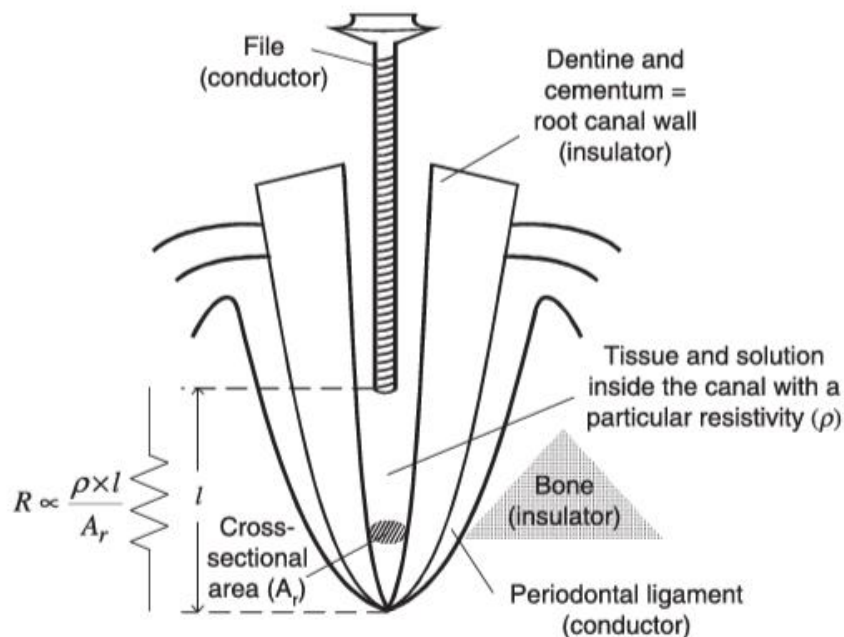
**Figura 3.-** Un condensador conectado a una batería (corriente directa)

(Nekoofar, et al., 2006, p.601)

La impedancia es una medida de oposición que tiene un circuito a una corriente al aplicar una tensión, en circuitos con corriente alterna. Existen varias maneras de medir la impedancia ( $Z$ ), la más común es aplicar una corriente eléctrica ( $I$ ) al material y medir voltaje ( $V$ ), como se muestra en la ecuación a continuación (Nekoofar, et al., 2006, p.601).

$$I = \frac{V}{Z}$$

Los conductos radiculares están rodeados por cemento y dentina, los cuales son aislantes de la corriente eléctrica. Sin embargo, en el foramen apical menor hay un agujero en el cual material conductivo dentro del conducto está eléctricamente conectado al ligamento periodontal, el cual es un conductor de la corriente eléctrica. El material resistivo del canal (dentina, tejido, fluidos) con una resistividad particular forma un resistor, que varía según la longitud ( $l$ ), el área de sección transversal ( $A$ ) y la resistividad del material ( $\rho$ ). Cuando una lima endodóntica penetra dentro del canal y se acerca al final del conducto, la resistencia ( $R$ ) entre el final de la lima y la porción apical disminuye, porque la longitud efectiva del material disminuye ( $l$ ). En la figura 2 se puede apreciar la estructura del diente durante un tratamiento de conducto en términos de electricidad conductual y la resistencia del modelo (Nekoofar, et al., 2006, p.602).

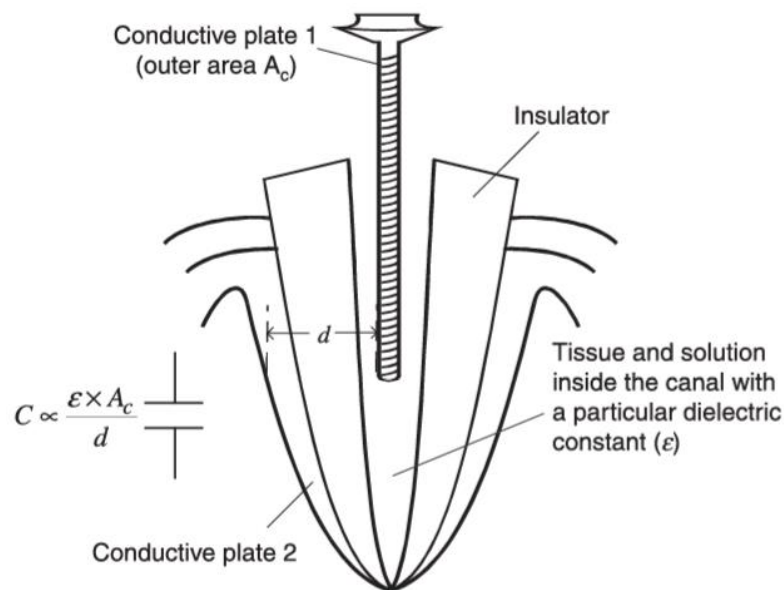


**Figura 4.-** Estructura dental durante tratamiento de conducto en términos de conductividad eléctrica y la resistencia del modelo.

(Nekoofar, et al., 2006, p.602)

El diente actúa como un condensador eléctrico durante un tratamiento de conducto. Si recordamos la estructura elemental de un condensador tenemos una estructura con dos materiales conductores un material aislante en el medio. En el caso de una pieza dental, la lima endodóntica actúa como una placa de material conductor, el ligamento periodontal como el otro material conductor y en el medio como un aislante tenemos tejido y fluidos dentro del canal, además del cemento y dentina en las paredes del conducto (Nekoofar, et al., 2006, p.602).

A continuación podemos apreciar la capacitancia del diente durante un tratamiento de conducto:



**Figura 5.-** Capacitancia de una pieza dental durante endodoncia

(Nekoofar, et al., 2006, p.602)

Todos los conceptos mencionados anteriormente son fundamentales para poder tener un correcto conocimiento de cómo los localizadores apicales pueden funcionar al momento de ser utilizados en la práctica. Teniendo en mente toda esta información, podemos entender el funcionamiento de localizadores apicales. La suposición fundamental de los localizadores apicales electrónicos es que los tejidos humanos tienen características que pueden ser medidas por medio de una combinación de componentes eléctricos. De esta manera, al medir propiedades eléctricas, como la resistencia o impedancia, de un circuito eléctrico, podemos determinar propiedades clínicas como la posición de una lima. Es así como empezó la historia de los localizadores apicales, hasta llegar a los que existen hoy en día (Nekoofar, et al., 2006, p.603).

### **Generaciones de localizadores apicales electrónicos**

Los localizadores apicales pueden localizar el foramen apical tomando en cuenta que la conductividad eléctrica de los tejidos alrededor del ápice del diente es mayor que la

conductividad dentro del sistema del conducto radicular. Cluster en 1918 fue capaz de localizar el foramen apical de una pieza aplicando voltaje entre el alveolo enfrente al ápice de la raíz y un instrumento en el interior de la pulpa y luego midiendo el valor de la corriente eléctrica. Por lo tanto, Suzuki concluyó años después que la resistencia eléctrica entre el instrumento dentro del conducto radicular y un electrodo aplicado en la membrana de la mucosa oral registraba valores constantes, usados para determinar el fin del conducto radicular. Sunada determinó que el valor medio de la resistencia del circuito entre el final del canal y el clip labial es de  $6.5\Omega$ . También reportó que la edad del paciente, el tipo o forma del diente ni el diámetro del canal van a influenciar en los resultados (Nekoofar, et al., 2006, p.603).

La primera generación comenzó con el Root Canal Meter, fabricado en Japón por Onuki Medical Co en 1969. Este localizador usa un método de resistencia y corriente alterna de una onda seno de 150Hz. Generalmente causaba dolor por la alta corriente que usaba, entonces luego se realizaron mejoras y se lanzó el Endodontic Meter y el Endodontic Meter S II de la misma compañía en 1995 (Gordon, Chandler, 2004, p.428).

Otros aparatos de la primera generación son el Dentometer de Dahlin Electromedicine de Dinamarca y el Endo Radar de Eletronica Liarre de Italia. Estos aparatos no eran muy confiables cuando se comparaban con radiografías, siendo sus medidas significativamente más cortas o largas (Gordon, Chandler, 2004, p.428).

Los localizadores apicales de la segunda generación son del tipo de una sola frecuencia de impedancia, los cuales usan medidas de impedancia en vez de medidas de resistencia para medir la ubicación dentro del canal. La impedancia se compone de resistencia y capacitancia y tiene una onda de amplitud sinusoidal. Esta propiedad se utiliza para medir la distancia en diferentes condiciones del conducto usando diferentes frecuencias (Gordon, Chandler, 2004, p.428-429).

Los localizadores apicales de tercera generación son similares a los localizadores de la segunda generación, excepto que estos usan frecuencias múltiples para determinar la distancia desde el final del canal. Estos aparatos tienen microprocesadores más potentes que son capaces de procesar el cociente matemático y cálculos algorítmicos requeridos para dar resultados precisos. Entre los localizadores apicales más conocidos de esta generación encontramos el Endex/Apít y el Root ZX. El Endex o Apít es el localizador apical original de la tercera generación, el cual es capaz de realizar medidas de longitud con electrolitos en el canal, pero debe ser calibrado en cada canal, este localizador tiene una precisión aproximada del 81%. El Root ZX trabaja con un método de radio y supera al Apít en el sentido de que se puede calibrar por sí solo. El método de radio funciona bajo el principio de que dos corrientes eléctricas con diferentes frecuencias de onda seno tienen impedancias que pueden ser medidas y comparadas como un radio sin importar el electrolito dentro del canal. El Root ZX mide el radio de impedancia medida simultáneamente en frecuencias de 0.4 y 8.0 kHz, estas frecuencias son separadas y medidas a la vez siendo comparadas con valores de referencia almacenados en la memoria del aparato. El Propex II tiene el mismo funcionamiento solo que con frecuencias de 0.5 y 8.0 kHz (Vasconcelos, et al, 2015). La capacitancia de un conducto radicular aumenta significativamente en la constricción apical y el cociente de impedancia reduce rápidamente a medida que se va acercando a la constricción. El cambio de capacitancia en la constricción apical es la base de funcionamiento del Root ZX y de su reportada precisión (Gordon, Chandler, 2004, p.430).

Desde que salió el Root ZX, este ha sido un localizador modelo el cual se usa para comparar con nuevos localizadores que surjan. Mantiene el 95% del mercado de localizadores apicales. Este localizador ha sido probado repetitivamente en cuanto a su precisión en condiciones clínicas y sus resultados han sido buenos, teniendo un 90% de precisión con 0.5mm del foramen apical o unión cemento-dentina. El Dentaport ZX y Tri

Auto ZX son variaciones de este localizador apical que incluyen una pieza de mano (Gordon, Chandler, 2004, p.430).

Existe el Apex Finder AFA, el cual se dice que tiene cinco señales de frecuencia para leer la amplitud de radios. Este localizador también se auto-calibra y puede usarse con electrolitos presentes en el canal (Gordon, Chandler, 2004, p.431).

En la cuarta generación encontramos diferentes localizadores apicales como el Bingo 1020, el cual utiliza dos frecuencias separadas de 400Hz y 8Hz similares a los de la tercera generación. El fabricante dice que la combinación de usar solo una frecuencia a la vez y basar las mediciones en la raíz de los valores medios cuadrados de las señales aumenta la precisión de la medición y la fiabilidad del dispositivo. En varios estudios se ha visto que este localizador apical es igual de fiable que el Root ZX. Este localizador apical también se conoce como Ray-Pex 4 de la Dentsply (Gordon, Chandler, 2004, p.432).

Los localizadores apicales de quinta generación fueron elaborados en el 2003. Estos miden la capacitancia y la resistencia de un circuito por separado. Estos son suministrados por una tabla de diagnóstico que incluye una estadística de los valores en diferentes posiciones para el diagnóstico de la posición de la lima endodóntica. Estos localizadores han registrado dificultades al usarse en conductos secos. También se ha visto que la condición de la pulpa y el tejido periapical influyen sobre la medida de la longitud (Sonal, Sumit, Vineet, 2013, p. 25).

Los localizadores de sexta generación surgieron luego de las desventajas vistas en las anteriores generaciones, como la dependencia de la humedad o sequedad del conducto. Estos localizadores apicales tiene la capacidad de adaptarse a ambientes secos o húmedos. Son eficaces en conductos que contengan exudados, sangre, o con restos de pulpa dental (Sonal, Sumit, Vineet, 2013, p. 25).



## DISCUSIONES

El uso de localizadores apicales sigue incrementando hasta el día de hoy, es por esto que se están realizando numerosas investigaciones para aclarar todas las dudas y factores que modifican su uso. Hay autores que prefieren este método antes que el método radiográfico y otros que dicen que para obtener una longitud de trabajo segura y precisa se deben combinar el método electrónico y el radiográfico (Saeed, Luke, Abtahl, Pradeep, 2011). Existen diferentes factores que pueden alterar el uso de localizadores apicales analizados a continuación.

Existen estudios en los cuales se comprueba la eficacia de los localizadores apicales cuando se usan con limas manuales. Algunos autores como Welk y Tselnik han comparado la eficacia de diferentes localizadores apicales y han comparado los resultados entre sí, para encontrar el más eficaz. Welk encontró que el Root ZX tiene una precisión de 90.7% en encontrar la constricción apical dentro de  $\pm 0.5$ mm. En otro estudio, Tselnik tuvo como resultado que el Root ZX y el Elements Diagnostic Unit and Apex Locator tuvieron alta precisión en el 75% de las veces dentro de  $\pm 0.5$ mm de la constricción apical (Siu, et al., 2009). Plotino, Grande, Brigante, Lesti y Somma (2006) también encontraron resultados con alta precisión dentro de  $\pm 0.5$ mm de la constricción apical, variando entre 94%-100% de precisión para el Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator y el ProPex. Siu et al. (2009) realizó un estudio en el cual se comprobaron los resultados mencionados previamente con los de su estudio.

Por otro lado, Siu et al. estudió la precisión de los localizadores apicales usando limas con instrumentos rotatorios. Al momento de usar limas con instrumentos rotatorios los resultados no fueron muy precisos, en comparación a las limas. El Root ZX II, Apex NRG XFR y Mini Apex Locator tuvieron una precisión de 50%, 46.43% y 39.29% respectivamente con distancias de 0.45, 0.57 y 0.31mm pasados del diámetro menor el ápice respectivamente.

Una posible explicación para estos resultados es que los localizadores apicales necesitan tiempo para procesar la posición de la lima dentro del conducto. Los instrumentos rotatorios se usan con un movimiento continuo de adentro hacia afuera, mientras que las limas manuales pueden ser controladas con más precisión y por lo tanto obtienen una precisión mayor al momento de usar los localizadores apicales.

En otro estudio, Vasconcelos et al., (2015) comparó al Root ZX, Propex II y Apex ID en canales con el foramen apical obstruido, a causa de un tapón dentinario de aproximadamente 0.5mm en el foramen. Se realizaron primero medidas sin el tapón dentinario para luego ser comparadas. Los resultados obtenidos antes y después del tapón de dentina fueron muy diferentes. Sugiriendo que la presencia de dentina en el foramen apical impide el paso de la corriente a través del canal radicular, interfiriendo con los resultados de los localizadores apicales electrónicos. En cuanto a los tres localizadores apicales comparados en este estudio, el Root ZX fue el menos preciso, seguido por el Propex II. Por otro lado, el Apex ID fue el que menos diferencias tuvo en ambas mediciones siendo este el más preciso al momento de realizar medidas en canales obstruidos.

Ebrahim, Yoshioka, Kobayashi y Suda (1996) realizaron un estudio para determinar la precisión y efectividad de localizadores apicales electrónicos en relación al tamaño de lima usada en presencia de sangre o hipoclorito de sodio. En este estudio midieron la longitud del conducto con localizadores apicales usando limas pequeñas y limas del tamaño del conducto para determinar si existe alguna discrepancia en las medidas con la presencia de sangre o hipoclorito de sodio. Los resultados fueron que en presencia de hipoclorito de sodio el Root ZX fue preciso y las medidas obtenidas con ambas limas fue muy similar. Estos resultados fueron iguales para Nguyen et al. Por otro lado, el Root ZX tuvo valores diferentes en las medidas de ambas limas con la presencia de sangre. Por lo tanto, en presencia de sangre u

otros fluidos corporales como el pus, se deben usar limas del tamaño aproximado del diámetro del conducto para obtener la longitud de trabajo adecuada con los localizadores apicales electrónicos, mientras que con la presencia de hipoclorito de sodio no varía el diámetro de la lima con respecto al diámetro del conducto. Estos resultados se deben a la explicación de que el NaOCl tiene alta conductividad eléctrica y que se infiltra por los túbulos dentinarios, resultando en una reducción de la impedancia eléctrica de la pared del conducto, mientras que la sangre puede afectar algunas de las variables en las medidas de los localizadores apicales electrónicos (Ebrahim, Yoshioka, Kobayashi, Suda, 2006). Al igual que los resultados de Dinapadu et al, (2013) la presencia de NaOCl no interfiere en el diámetro de la lima y la medida de la longitud del conducto radicular.

Hay autores como Dunlap y Lee que dicen que la eficacia de los localizadores apicales también depende de la manera en que se inserta la lima dentro del conducto. Ellos dicen que la manera correcta de encontrar la longitud de trabajo por medio de localizadores apicales es insertando la lima dentro del conducto y pasarse un poco de la longitud que marca el localizador, luego retraer un poco la lima y tomar nuevamente la medida. Usando esta técnica, Plotino et al. (2006) en su investigación, tuvo resultados que confirman que los localizadores apicales electrónicos pueden determinar de manera precisa la longitud del canal dentro de  $\pm 0.5\text{mm}$  de la constricción apical.

Además de las radiografías y localizadores apicales para determinar la longitud de trabajo, el uso de tomografías es cada vez más usado en la práctica clínica. Piasecki et al., (2016), realizaron un estudio en el cual usaron micro-tomografía computarizada para determinar la precisión de dos localizadores apicales electrónicos y las variaciones anatómicas presentes que puedan afectar su precisión. La tomografía micro-computarizada es una herramienta de investigación que genera imágenes tridimensionales del sistema de conductos. Generalmente es usado para determinar la ubicación de la constricción apical en

molares, para determinar la longitud de trabajo. En este estudio usaron el Root ZX y Apex ID. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre las medidas por los localizadores apicales y la tomografía micro-computarizada. Entre los dos localizadores apicales ninguno mostró ser superior, ya que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las medidas de ambos.

El localizador apical con más estudios es el Root ZX, que ha mostrado una consistencia de resultados positivos en los estudios, con una alta precisión para la determinación de longitud de trabajo, incluso en presencia de diferentes irrigantes. Sin embargo existen estudios que evalúan la precisión de otros localizadores apicales, también con resultados positivos como: DentaPort ZX, iPex apex, Apex NRG blue, Naviroot y VDW Gold (Puri, Chadha, Kumar, Puri, 2013) (Wang, 2010) (Al-Shaher, 2011) (Koçak, 2013).

## CONCLUSIONES

La endodoncia es una rama de la odontología de alta importancia cuyo objetivo es eliminar dolor y la conservación de la pieza dental. El correcto diagnóstico del operador es el primer paso fundamental para llegar a un tratamiento con éxito. En segundo lugar se debe tener en cuenta la morfología de cada pieza dental, del número de raíces y conocer la morfología e la porción apical. Luego es esencial conocer acerca de los pasos necesarios requeridos para realizar una endodoncia y establecer una correcta longitud de trabajo que va a ser requerida durante todo el procedimiento. Para esto es necesario conocer el funcionamiento de localizadores apicales y la precisión de estos, ya que son uno de los métodos más usados hoy en día. Luego de realizar esta revisión bibliográfica las conclusiones a las que se llegaron son:

- Los localizadores apicales electrónicos tienen una gran precisión al ser usados de manera correcta, dando resultados confiables para la práctica clínica.
- Para obtener mejores resultados se deben usar limas manuales y no rotatorias al momento de usar los localizadores apicales electrónicos.
- Con la presencia de NaOCl en el conducto se pueden usar limas pequeñas o del diámetro del conducto por su alta conductividad eléctrica.
- Con la presencia de sangre, pus u otros exudados en el conducto se deben usar limas del diámetro del conducto.
- La ausencia de patencia en el foramen apical por un tapón dentinario conduce a un resultado impreciso del localizador apical.
- Para obtener resultados más precisos se debe colocar la lima dentro del conducto pasándose de la longitud que marca el localizador apical y luego retraerla y volver a tomar la longitud con el localizador apical.

- El uso de radiografías o tomografías debe ser usado como un complemento al localizador apical electrónico para mejores resultados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Shaher, Abdulaziz A., et al. (2011). An in vivo comparison of five different electronic Apex locators. ENDO (Long Engl)
- Castellucci, A. (2005). A Brief History of Endodontics Endodontics. Volumen I
- Dinapadu, Salnath, et al. (2013). Accuracy of Electronic Apex Locator in Enlarged Root Canals with Different Root Canal Irrigants: An in vitro Study. The Journal of Contemporary Dental Practice.
- Ebrahim, AK., Yoshioka, T., Kobayashi, C., Suda, H. (2006). The effect of file size, sodium hypochlorite and blood on the accuracy of Root ZX apex locator in enlarged root canals: an in vitro study. Australian Dental Journal.
- Gordon, M., Chandler, N. (2004). Electronic Apex Locators. International Endodontic Journal. Nueva Zealandia. ebrahi
- Koçak, Sibel, et al. (2013). Efficency of 2 electronic Apex locators on working length determination: A clinical study. Volumen 16. Journal of Conservative Dentistry.
- Nekoofar M., Ghandi M., Hayes S., Dummer, P. (2006). The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. International Endodontic Journal
- Paul, R., Paul, M., Paul, G., Mittal, A. (2011). Comparison of accuracy of Root ZX and Propex II apex locator - An in-vitro study. Endontology. Volumen 23, parte 2.
- Piasecki, L., Carneiro, E., Neto, U., Westphalen, V., Brandao, C., Gambarini, G., Azim, A., (2016). The Use of Micro-computed Tomography to Determine the Accuracy of 2 Electronic Apex Locators and Anatomic Variations Affecting Their Precision. Journal Of Endodontics
- Plotino, G., Grande N., Brigante L., Lesti B., Somma F. (2006). Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, Elements of Diagnostic Unit and Apex Locator, and ProPex. International Endodontic Journal.
- Puri, N., Chadha, R., Kumar, P., Puri K. (2013). An in vitro comparison of root canal length determination by DentalPort ZX and iPex apex locators. Journal of Conservative Dentistry
- Saeed, M., Luke, A., Abtahl, N., Pradeep, P. (2011). An in vitro Comparisson of Root Canal Meaurment in permanent Teeth by Electronic Apex Locator, Conventional and Digital Radiography. Original Research. World Journal of Dentistry.
- Siu, C., Marshall, G., Baumgartner, G. . (2009). An in vivo Comparison of the Root ZXII, the Apex NRG XFR, and Mini Apex Locator by Using Rotary Nickel-Titanium Files.
- Soares, I., Goldberg F. (2012). Endodoncia: Técnica y Fundamentos. 2a edición. Buenos Aires: Médica Panamericana

Sonal S., Sumit M., Vineet V., Prabhjot K. (2013). Electronic Apex Locators. Journal of Dental Sciences & Oral Rehabilitation

Vasconcelos, B., et al. (Septiembre 2015). Ex Vivo Evaluation of the Accuracy of Electronic Foramen Locators in Root Canals with an Obstructed Apical Foramen. Journal of Endodontics. Volumen 41, Número 9

Wang, C. Prasad, K. (2010). Accuracy of a New Apex Locator Apex NRG Blue an In Vitro Study. Volumen II. Annals and Essences of Dentistry. Original Articles.