



**UNIVERSIDAD
DE IXTLAHUACA CUI**

INCORPORACIÓN CLAVE 8968 – 22 A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CIRUJANO DENTISTA

**EFICACIA DE LOCALIZADOR ELECTRÓNICO DE
FORAMEN EN COMPARACIÓN CON EL MÉTODO
RADIOGRÁFICO: ESTUDIO *IN VITRO***

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
CIRUJANO DENTISTA

PRESENTA

Miriam Sussan González Salinas

ASESOR. C.D.E.E. Nancy Aidé Hernández Valdés



Ixtlahuaca, México, 2022



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.

Índice

1. Antecedentes	4
2. Anatomía de la parte apical.....	4
2.1 Constricción apical o diámetro apical menor.....	4
2.2 Unión cemento – dentina.....	5
2.3 Foramen apical o diámetro apical mayor.....	6
3. Longitud de Trabajo.....	8
3.1 Importancia de la longitud de trabajo.....	8
4. Métodos para determinar la longitud de trabajo	9
4.1 Método ideal.....	9
4.2 Determinación de la longitud de trabajo mediante métodos radiográficos.....	9
4.3 Exactitud de la determinación de la longitud de trabajo mediante radiografía digital directa o xerorradiografía.....	11
4.4 Determinación de la longitud de trabajo mediante la sensación táctil de los dedos.....	12
4.5 Determinación de la longitud de trabajo mediante la sensibilidad periodontal apical.....	13
4.6 Determinación de la longitud de trabajo mediante medición con puntas de papel.....	14
5. Determinación de la longitud de trabajo por medios electrónicos.....	14
5.1 Modo de Acción de los Localizadores de Ápice Electrónicos.....	15
5.2 Evolución de los localizadores de Ápice.....	16
5.3 Partes de un localizador de foramen.....	17
5.4 Clasificación y precisión de los localizadores apicales.....	18
5.5 Localizadores de ápice de primera generación.....	18
5.6 Localizadores de ápices de segunda generación.....	19
5.7 Localizadores de ápice de tercera generación.....	20
5.8 Localizadores de ápice de cuarta generación	21

5.9 Localizadores de ápice de quinta generación	22
5.10 Localizadores de ápice de sexta generación.....	23
5.6 Localizador apical y pieza de mano endodóntica combinados.....	23
5.7 Otras piezas de mano con localización del vértice.....	24
5.8 Otras aplicaciones de los localizadores apicales.....	24
5.9 Ventajas.....	24
5.10 Contraindicaciones.....	25
5.11 Avances.....	26
6. Planteamiento del Problema.....	27
7. Justificación.....	28
8. Hipótesis.....	30
8.1 Hipótesis de Trabajo.....	30
8.2 Hipótesis Nula.....	30
9. Objetivos.....	31
9.1 Objetivos Específicos.....	31
10. Material y métodos.....	32
10.1 Diseño de estudio.....	32
10.2 Universo de estudio.....	32
10.3 Muestreo.....	32
10.4 Criterios de inclusión y exclusión.....	32
10.4.1 Criterios de inclusión.....	32
10.4.2 Criterios de Exclusión.....	33
10.5 Variable.....	33
10.5.1 Variable Dependiente.....	33
10.5.2 Variable Independientes.....	33
10.5.3 Cuadro de Variables.....	34
11. Procedimiento.....	35
12. Material Suministrado por la Universidad.....	47
13. Material no suministrado por la Universidad.....	47
14. Promoción de bioseguridad.....	48

15. Precauciones Generales.....	48
16. Consideraciones Bioéticas.....	49
16.1 Técnicas para el procesamiento.....	49
16.2 Riesgos potenciales del estudio.....	49
17. Resultados	50
18. Discusión.....	55
19. Conclusiones.....	57
20. Referencias Bibliográficas.....	58
21. Anexos.....	61

1. Antecedentes

2. Anatomía de la parte apical

El concepto clásico de la anatomía radicular apical se basa en tres hitos anatómicos e histológicos presentes en la región apical de una raíz (1):

1. La constricción apical (CA) (1).
2. La unión cemento – dentina (UCD) (1).
3. Foramen Apical (FA) (1).

2.1 Constricción Apical o Diámetro Apical Menor

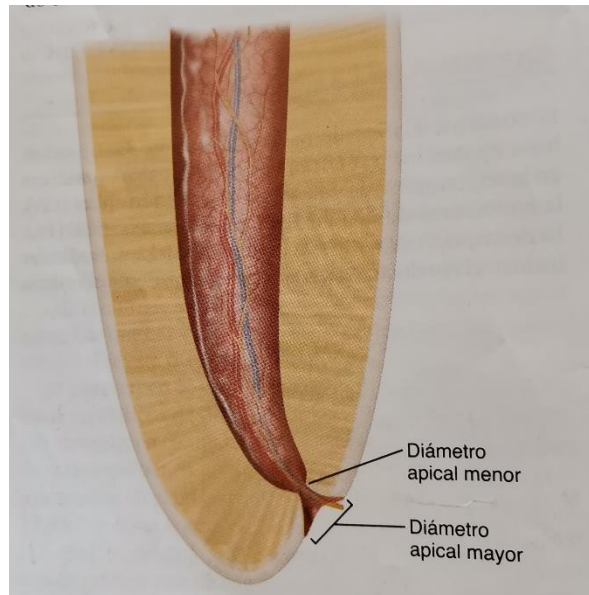
La constricción apical se definió como las secciones transversales apicales teniendo el área más pequeña que se extiende a lo largo de una distancia de 0,1 mm o más (2), ver imagen 1.

La constricción apical, junto al foramen apical, se recomienda que sea el término apical de la preparación y el relleno del conducto radicular. El fundamento de utilizar la constricción como punto final, en procedimientos es preservar la zona más estrecha del canal en el que la irritación y herida del área de los tejidos periapicales es mínima (3).

Las molestias postoperatorias son en general mayores cuando esta zona es violada por los instrumentos o materiales de obturación, y se puede comprometer el proceso de curación (1).

La constricción apical presenta alta variabilidad en su ubicación y topografía y puede verse dañada por condiciones patológicas (4).

Imagen 1. Constricción apical



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 este punto el conducto se ensancha conforme sale de la raíz por el foramen apical, o diámetro apical mayor. El espacio entre los diámetros apicales menor y mayor tiene forma de embudo. Fuente: Directa Cohen, 2008

2.2 Unión Cemento – Dentina (UCD)

La UCD es el punto del conducto donde el cemento se une a la dentina; también es el punto donde termina el tejido de la pulpa y comienzan los tejidos periodontales. La localización de la UCD en el conducto radicular es muy variable. Generalmente no se encuentra en la misma zona que la CA, y suele estar situada aproximadamente a 1 mm desde el FA (1).

Desde la CA, o diámetro apical menor, el conducto se ensancha conforme se aproxima al FA, o diámetro apical mayor. El espacio entre los diámetros mayor y menor se ha descrito como una forma de embudo o hiperbólica (se ha comparado con la flor dondiego de día). La distancia media entre los diámetros mayor y menor apicales es

de 0,5 mm en las personas jóvenes y de 0,67 mm en mayores. La distancia es mayor en los individuos ancianos debido a la acumulación de cemento (1).

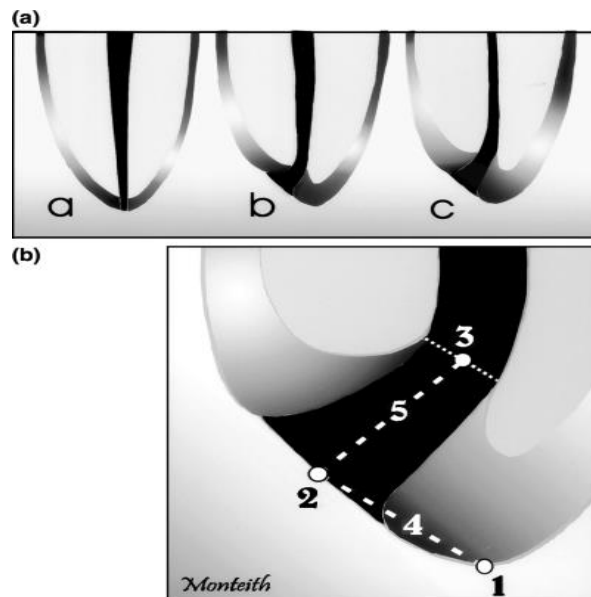
2.3 Foramen Apical o Diámetro Apical Mayor

El FA es el «borde circular o redondeado, como un embudo o cráter, que diferencia entre la terminación del conducto cementario y la superficie exterior de la raíz >>. El diámetro del foramen midió 502 μm en los individuos de 18 a 25 años de edad y de 681 μm en aquellos con más de 55 años, lo que muestra el crecimiento del FA con la edad (1), ver imagen 2.

A veces, el foramen apical se localiza lateralmente en la raíz, hasta una distancia de 3mm del ápice radiográfico (Pineda & Kuttler 1972, Katz et al. 1991) (5).

La tendencia general es que la distancia del ápice al foramen es mayor en dientes posteriores y viejos que en dientes anteriores y jóvenes (6).

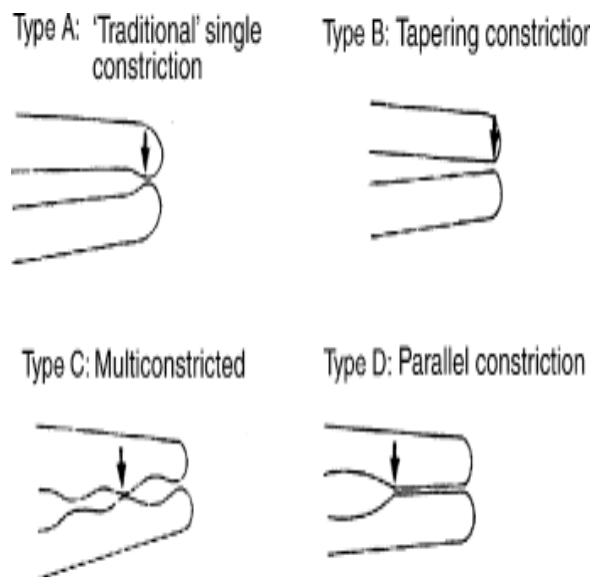
Imagen 2. Foramen apical



La figura a, muestra un concepto del vértice (a), el vértice de una persona más joven (b) y el vértice cambiante debido a la deposición de tejido duro (c). La figura b los muestra como el ápice dental (1), el foramen apical [foramen mayor (2)] y la constricción apical [foramen menor (3)] Fuente: Directa Kuttler 1955.

Usando los promedios de los estudios anatómicos y asumiendo que la unión cemento dentina ocurre en la constricción apical se ha tendido en el practica a determinar la longitud de trabajo a 1 – 2 mm del ápice radiográfico que se ve en la radiografía (6). Dummer (1984) clasifico la constricción apical en cuatros tipos distintos, ver la imagen 3. Y afirmó que usando esta técnica para determinar la longitud de trabajo se podría llegar a una sub obturación en el tipo B y a una sobre obturación en el tipo D (6).

Imagen 3. Topografía de la Contricción apical



Fuente: Directa (from [Dummer et al. 1984](#)).

3. Longitud de Trabajo

“La distancia desde un punto de referencia coronal hasta el punto que terminará la preparación y obturación del conducto”, el punto de referencia apical ideal en el conducto, el “tope apical”, por así decirlo (7).

3.1 Importancia de la Longitud de Trabajo Correcta

El éxito del tratamiento del conducto radicular depende de la eliminación del tejido pulpar infectado, el material necrótico y los microorganismos del conducto radicular y se logra un llenado homogéneo de todo el conducto. Por lo tanto, determinar una longitud de trabajo precisa es uno de los pasos más importantes en la terapia endodóntica (8).

La longitud de trabajo larga da por resultado la perforación a través de la constricción apical. El destruir la constricción apical a un sobrellenado o sobre extensión y a una mayor frecuencia de dolor postoperatorio. Además, se podía esperar un periodo de cicatrización prolongado y una menor tasa de éxito debido a la regeneración incompleta de cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar (7).

La longitud de trabajo corta, la limpieza incompleta y la obturación insuficiente ocasionaran malestar persistente, que a menudo se acompaña de un sello apical incompleto. Además, puede ocurrir micro filtración apical en el corto espacio no limpio y no obturado de la constricción apical. Tal filtración apoya la existencia persistente de bacterias viables que contribuye a que persista la lesión perirradicular y a una menor tasa de éxito (7).

La preparación de longitudes más cortas puede conducir a la acumulación y retención de detritos, con posible bloqueo apical. Si la vía hacia el ápice está bloqueada, trabajar con longitudes menores puede contribuir a cometer errores en los procedimientos, como perforaciones apicales y fractura de los instrumentos. Dichos obstáculos (debidos a fibras de colágeno, barrido de dentina y, sobre todo, bacterias residuales)

dentro del tercio apical de los conductos representan una causa importante de periodontitis apical persistente o recurrente, llamada enfermedad postratamiento (1).

4. Método para Determinar la Longitud de Trabajo

4.1 Método ideal.

El requerimiento de un método ideal para determinar la longitud de trabajo podría incluir localización rápida de la constricción apical en todos los trastornos pulpares y todo el contenido del conducto; facilidad de medición, aun cuando no sea común la relación entre la constricción apical y el ápice radiográfico; vigilancia periódica rápida y confirmación; comodidad para el paciente y el clínico; radiación mínima para el paciente; facilidad de uso en pacientes especiales como aquellos con reflejos nauseoso intenso, apertura reducida de la boca, embarazo, etcétera; y eficacia en términos de costo (7).

Para alcanzar el máximo grado de precisión al trabajar en la determinación de la longitud de trabajo, deberán utilizarse varios métodos. Esto es muy importante en conductos para los cuales es difícil determinar la longitud de trabajo. Los métodos más comunes son los métodos radiográficos, el sentido táctil de los dedos y el método electrónico. Se han utilizado la sensibilidad periodontal apical y las mediciones con puntas de papel (7).

4.2 Determinación de la longitud de trabajo mediante medios radiográficos

El método radiográfico conocido como método de Ingle se ha comparado con otros tres métodos para determinar la longitud de trabajo. El método de Ingle resulto "superior a otros" en el estudio (7).

Localización radiográfica del ápice. Los siguientes elementos son indispensables para realizar este procedimiento:

1. Una buena radiografía preoperatoria sin distorsión, que muestre la longitud total de todas las raíces del diente afectado.
2. Acceso adecuado a través de todos los conductos.

3. Una regla milimétrica endodóntica.
4. Conocimiento operatorio de la longitud promedio de todos los dientes.
5. Un plano de referencia definido y reproducible sobre algún punto de referencia anatómico del diente, hecho que deberá registrarse en la historia clínica del paciente.

Es indispensable que los dientes con cúspides fracturadas o muy debilitadas por caries y restauraciones sean reducidos hasta obtener una superficie plana, sostenida por dentina. Cuando esto no se hace, quedan cúspides o paredes de esmalte débiles que se fracturan entre una visita y la siguiente. Así se pierde el punto original de referencia. Si esta fractura pasa inadvertida, hay una posibilidad de sobre instrumentación y sobreobtención, sobre todo cuando se utiliza anestesia (7).

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 endodóntica a esa longitud y 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 (si no ha utilizado 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 expone, revela y fija la radiografía.
6. Sobre esta, 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. Si a causa de algún descuido el instrumento explorador ha pasado del ápice, se resta esta diferencia.
7. A esta longitud ajustada del diente, se resta 1.0 mm "factor de seguridad" para coincidir con la terminación apical del conducto radicular en la constricción apical.

8. Se fija la regla endodóntica a este nuevo nivel, corrigiendo y ajustando de nuevo el tope sobre el instrumento explorador.
9. Debido a la posibilidad de distorsión radiográfica, raíces muy curvas y error de operador durante la medición, es muy conveniente tomar una radiografía para confirmar la longitud de trabajo ajustada. En muchos casos esta inversión adicional de algunos minutos evitara la molestia y el fracaso derivados de la falta de precisión.
10. Una vez conformada la longitud del diente con precisión, se vuelve a fijar la regla endodóntica en esta medida.
11. Se registra la longitud de trabajo final, así como el punto de referencia coronal en la historia clínica del paciente.
12. Una vez más, es importante insistir en que la longitud final de trabajo puede acortarse hasta 1 mm al enderezar el conducto curvo mediante la instrumentación. Por tanto, es recomendable que “la longitud del diente” en un conducto curvo se reconfirme después de haber efectuado la instrumentación.

4.3 Exactitud de la determinación de la longitud de trabajo mediante radiografía digital directa o xerorradiografía

En varios estudios se ha evaluado las ventajas de utilizar la radiografía digital directa o xerorradiografías para determinar la longitud de trabajo (7).

Los resultados de los estudios indican que no hay una diferencia estadísticamente importante en la exactitud para determinar la longitud de trabajo entre la radiografía digital y la xerorradiografía. Por otra parte, la visualización rápida y el decremento en la radiación con estas técnicas representan un avance importante en radiografía dental (7).

4.4 Determinación de la longitud de trabajo mediante la sensación táctil de los dedos

Si no está constreñida la porción coronal del conducto, un clínico experimentado podrá detectar un aumento en la resistencia conforme la lima se aproxima a los 2 o 3 mm apicales. Esta detección se realiza mediante la sensación táctil. En esta zona, el conducto a menudo se constriñe (diámetro menor) antes de salir de la raíz. También hay una tendencia del conducto a desviarse del ápice radiográfico en esta región (7). Seidberg et al. Informaron una exactitud en apenas 64 % utilizando la sensación táctil digital. En otro estudio in vivo se encontró que la posición exacta de la constricción apical podía localizarse de manera precisa mediante sensación táctil en solo el 25% de los conductos de su estudio (7). La técnica del sentido táctil digital requiere que el médico esté capacitado y tenga experiencia (9).

Si los conductos se ensanchaban de antemano, un experto podía detectar la constricción apical en cerca del 75% de los casos. Cuando los conductos no se ensanchaban de antemano, solo se podía determinar la constricción apical mediante sensación táctil en cerca de un tercio de los casos (7).

Todos los clínicos deberán tener presente que este método, por sí mismo, a menudo es inexacto. Es ineficaz en conductos radiculares con vértice inmaduro, y muy inexacto cuando el conducto está constreñido en toda su longitud o tiene una curva excesiva. Este método habrá de considerarse como complementario a las radiografías de longitud de trabajo de gran calidad cuidadosamente alineadas y paralelas al localizador apical, o a ambos elementos (7).

4.5 Determinación de la longitud de trabajo mediante sensibilidad periodontal apical

Ningún método para determinar la longitud de trabajo basado en la respuesta del paciente al dolor satisface el método ideal para determinar la longitud de trabajo. La determinación de la longitud de trabajo debe ser indolora (7).

El tratamiento endodóntico ha ganado una notoria reputación de ser doloroso, y es de la incumbencia de los odontólogos evitar perturbar el temor a los endodoncistas por seguir insertando un instrumento endodóntico, y utilizando la reacción del paciente al dolor para determinar la longitud de trabajo (7).

Si se avanza un instrumento en el conducto hace el tejido inflamado, la presión hidrostática que se genera dentro del conducto puede ocasionar dolor moderado a intenso instantáneo. Al principio del dolor, la punta del instrumento tendrá varios milímetros de distancia de la constricción apical. Cuando se inflige dolor de esta manera, se obtiene poca información clínica de utilidad, y se produce un daño considerable a la confianza del paciente (7).

Sin embargo, cuando el contenido del conducto está totalmente necrótico, la introducción en el conducto más allá de la constricción apical desencadenara solo una sensación leve o posiblemente ninguna reacción siquiera. Esto último es común cuando existe una lesión perirradicular debido a que el tejido no está ricamente inervado. Por otra parte, Langeland et al. Informaron que el tejido de la pulpa vital con nervios y vasos permanece en la parte apical del conducto principal aun cuando exista una gran lesión periapical. Esto sugiere que puede obtenerse una respuesta dolorosa dentro del conducto aun cuando el contenido del conducto este "necrótico" y haya una lesión periapical (7).

4.6 Determinación de la longitud de trabajo mediante medición con puntas de papel

En el conducto radicular con vértice inmaduro (amplio y abierto), el medio más fiable para determinar la longitud de trabajo consiste en introducir suavemente el extremo contuso de una punta de papel hacia el conducto después de lograr una anestesia profunda. La humedad o la sangre en la porción de la punta de papel que pasa más allá del vértice da una estimación de la longitud de trabajo o de la unión entre el vértice de la raíz y del hueso. En casos en que se ha perdido la constricción apical debido a resorción o perforación, y en los que no hay hemorragia libre o supuración hacia el conducto, la humedad o la sangre en la punta de papel representan una estimación del grado en que la preparación está sobre extendida. Este método de medición mediante la punta de papel es complementario (7).

Recién se han añadido una nueva dimensión a las puntas de papel mediante la adición de marcas milimétricas. Estas puntas de papel tienen marcas a los 18, 19, 20, 22 y 24 mm desde la punta y se pueden utilizar para estimar el punto en que la punta de papel pasa fuera del vértice. Estas puntas de papel fueron ideadas para asegurarse que se insertaran completamente hasta la constricción apical (7).

5. Determinación de la Longitud de Trabajo por Medios Electrónicos

En 1918, Custer fue el primero en comunicar el empleo de corriente eléctrica para determinar la longitud de trabajo (7).

La base científica de los localizadores de ápices se originó con las investigaciones realizadas por Suzuki en 1942. Su investigación in vitro en perros utilizando corriente directa descubrió que la resistencia eléctrica entre el ligamento periodontal y la mucosa bucal tenía un valor constante de 6.5 kilohms. En 1960, Gordon fue el segundo en notificar el uso de un dispositivo clínico para la medición eléctrica en los conductos radiculares. Sunada adoptó el principio comunicado por Suzuki y fue el primero en descubrir el detalle de un dispositivo clínico simple para medir la longitud de trabajo en

los pacientes. Este autor uso un óhmetro de corriente directa simple para medir una resistencia constante de 6.5 kilohms entre la mucosa oral y el periodonto fueran cuales fueran el tamaño o la forma de los dientes. El dispositivo utilizado por Sunada en su investigación se convirtió en la base para la mayor parte de los localizadores de ápices (7).

5.1 Modo de Acción de los localizadores de Ápices Electrónicos

La función de los localizadores de ápice electrónicos se basa en la medición de impedancias de corriente alterna. Para lograr estas medidas, 2 o más diferentes frecuencias se utilizan y procesan mediante el uso de diferentes algoritmos matemáticos (10).

Cuando la lima se coloca en el conducto radicular y avanza apicalmente hasta que su punta toca tejido periodontal, se completa el circuito eléctrico.

La resistencia eléctrica de los localizadores de ápice electrónicos y la resistencia entre la lima y la mucosa oral ahora son iguales, lo que da como resultado que el dispositivo indique que el ápice ha sido sobrepasado (11).

Cuando un circuito está completo (el tejido es contactado por la punta de la lima), la resistencia disminuye notablemente y la corriente de repente comienza a fluir. Dependiendo de los dispositivos, este flujo de corriente repentino señalado por un sonido, lectura digital, luz intermitente o puntero encendido que se visualiza en la pantalla (11).

5.2 Evolución de los Localizadores de Ápice

Inoue contribuyó de manera importante a la evolución de los localizadores de ápices en Estados Unidos con sus informes sobre el Sono-Explorer (7).

El concepto principal de todas las generaciones es la conductividad eléctrica entre el clip de la lima adjunto y el clip de labios donde la dentina de la raíz actúa como aislante y el ligamento periodontal es el conductor. El circuito eléctrico se cierra cuando la corriente pasa a través del ligamento periodontal a la mucosa oral y luego al clip labial (12).

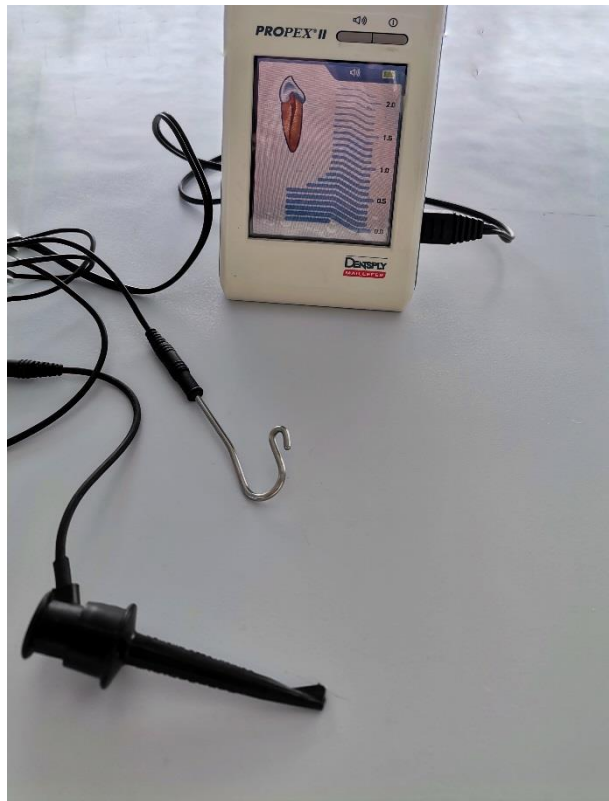
Hay pruebas de que los dispositivos electrónicos miden principalmente la impedancia del electrodo de sondeo (impedancia de contacto con el líquido de los tejidos) más que la impedancia del tejido mismo. Huang informó que el principio de medición electrónica del conducto radicular puede explicarse con los principios físicos de la electricidad por sí mismos. Ushiyama et al. Presentaron esto como el " método del gradiente del voltaje" que podía medir con precisión la longitud de trabajo en los conductos radiculares llenos de electrolitos. Una desventaja importante de este método fue que utilizaba un electrodo bipolar especial que era demasiado grande para introducirlo en los estrechos conductos radiculares (7).

5.3 Partes del Localizadores de Foramen

El localizador de foramen consta básicamente de cuatro partes:

- 1.- El clip labial.
- 2.- El clip para la lima.
- 3.- El instrumento propiamente dicho.
4. Un cable que conecta estas tres partes. Una pantalla señala el avance de la lima hacia el ápice (1).

Imagen 4. Localizador electrónico de ápices Propex II (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)



Localizador Electrónico de Ápices de la Universidad de Ixtlahuaca CUI. Fuente: Propia.

5.4 Clasificación y Precisión de los Localizadores Apicales

La clasificación de los localizadores apicales que aquí se presenta es una modificación de la presentada por McDonald. Ésta se basa en el tipo de flujo de corriente y la oposición a él, así como en el número de frecuencias implicadas (7).

5.5 Localizadores de Ápice de Primera Generación

Los dispositivos para la localización de vértice de primera generación, también conocidos como localizadores apicales de resistencia, miden la oposición al flujo de la corriente directa o resistencia. Cuando la punta del ensanchador llega al vértice en el conducto, el valor de resistencia es de 6.5 kilohms (corriente de 40 mA). Se comunicó que, si bien el dispositivo original tenía algunos problemas, era más exacto en los conductos palatinos de los molares y premolares maxilares. En un principio, el Sono-Explorer (Satalec, Inc, Mount Laurel, N.J.) fue importado de Japón a Estados Unidos por Amadent. En la actualidad, la mayor parte de los dispositivos para la localización del vértice de primera generación están fuera del mercado (7).

The Root Canal Meter (Onuki Medical Co., Tokyo, Japan) fue desarrollado en 1969, utilizan el principio de resistencia con corriente alterna de 150 Hz. Debido al alto nivel de corriente, su uso causaba dolor en el paciente, por este motivo se realizaron mejoras y surgió Endodontic Meter y Endodontic Meter S II (Onuki Medical Co.) que utilizaba una corriente de menor intensidad. El principal problema con esta generación de dispositivos eran que ofrecían determinaciones erróneas cuando los conductos estaban llenos de solución irrigadora, sangre, restos pulpares o pus. Otros dispositivos se comercializaron como Dentometer (Dahlin Electromedicina, Copenhague, Dinamarca) y Endo- Radar (Elettronica Liarre, Imola, Italia) (13).

5.6 Localizadores de Ápices de Segunda Generación

Los localizadores de ápices de segunda generación también conocidos como localizadores de apicales de impedancia, miden la oposición al flujo de la corriente alterna o impedancia. Inoue desarrolló el Sono-Explorer, uno de los primeros localizadores apicales de segunda generación (7).

La impedancia es la oposición al paso de la corriente alterna. A diferencia de la resistencia, la impedancia incluye los efectos de acumulación y eliminación de carga (capacitancia). Este efecto es apreciable al analizar la señal eléctrica implicada en el tiempo. Esta es mayor en la zona apical del conducto y se desploma bruscamente cuando la lima alcanza los tejidos periodontales (13).

La principal desventaja de los localizadores apicales y segunda generación es que el conducto radicular tiene que estar razonablemente libre de materiales electroconductores para obtener cifras exactas. La presencia de tejido y soluciones de irrigación electroconductoras en el conducto cambian las características eléctricas y lleva a mediciones inexactas, por lo general muy cortas (7).

Hay otra cuestión: no todos los localizadores apicales incorporan el mismo grado de refinamiento de circuitos electrónicos que ajusta su sensibilidad para compensar el medio intracanalicular o indica en su pantalla que debe cambiarse de un modo húmedo a uno seco o viceversa. Pilot y Pitts informaron 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 que RC Prep y el alcohol isopropílico no lo son (7).

5.7 Localizadores Apicales de Tercera Generación

El principio en el cual se basan los localizadores apicales de tercera generación requiere de una introducción breve. En condiciones biológicas, el componente reactivo facilita el flujo de la corriente alterna, más para las frecuencias superiores que las inferiores. Por tanto, un tejido a través del cual dos corrientes alternas de diferente frecuencia fluye, impedirán más la corriente de menor frecuencia que la corriente de mayor frecuencia. El componente reactivo del circuito puede modificarse, por ejemplo, conforme cambia la posición de una lima en el conducto. Cuando esto ocurre, las impedancias que ofrece el circuito a corriente de diferente frecuencia cambian entre sí. Éste es el principio en el cual se basa la operación de los localizadores apicales de tercera generación (SM Weeks, comunicación personal, 1999) (7).

Puesto que la impedancia de un determinado circuito puede ser influida sustancialmente por la frecuencia del flujo de corriente, a estos dispositivos se le ha denominado "dependientes de frecuencia". Dado que la impedancia, mas no la frecuencia, lo que se mide con este dispositivo, y puesto que las magnitudes relativas de las impedancias se convierten en información "de longitud", el término "impedancia comparativa" es más apropiado (SM Weeks, comunicación personal, 1999) (7).

Endex (Osada Electric Company, Los Ángeles California y Japón), el primer localizador apical de tercera generación, fue escrito por Yamoaka et al. En Europa y Asia, este dispositivo está disponible como el APIT. Utiliza una corriente alterna muy baja. Las señales de dos frecuencias (5 y 1kHz) se aplican como una onda compuesta de ambas frecuencias. Cuando el ensanchador endodóntico adaptado entra en la parte coronal de un conducto, la diferencia en las impedancias de las dos frecuencias es pequeña. Conforme se avanza el instrumento en sentido apical, la diferencia en los valores de impedancia comienza a modificarse. Una vez que se llega a la constricción apical, los valores de impedancia están en su máxima diferencia, y estas diferencias se indican en el medidor analógico y la alarma de audio. Esta diferencia de impedancia constituye la base del "método de diferencia". La unidad debe entonces "recalibrarse para cada conducto" (7).

El dispositivo opera con más exactitud cuando el conducto se llena de electrolito (es decir, solución salina normal o hipoclorito de sodio). Es preciso retirar la gutapercha de los conductos en los casos de tratamiento repetido antes de determinar en forma electrónica la longitud de trabajo con este dispositivo. El fabricante señala que el tamaño del instrumento endodóntico no afecta la medición (7).

El Endex se ha sometido a varios estudios sobre su exactitud. En un estudio in vitro se informó que el Endex era mejor que los dispositivos de segunda generación cuando había líquido conductor en los conductos y cuando se ensanchaba el agujero apical. En otros estudios in vitro se comparó la determinación electrónica de la longitud de trabajo con el Endex y la medición anatómica directa de dicha longitud. En un estudio se notificó la precisión de 96.5 % (-0.5 a 0.0 mm del agujero apical). En otro estudio se notificó una exactitud de 85% (± 0.5 mm del agujero apical) (7).

El estudio in vitro de dientes de cadáveres humanos que realizaron Pratten y McDonald comparo las determinaciones mediante Endex con los cálculos radiográficos y con las determinaciones anatómicas directas de la longitud de trabajo. El Endex fue un poco más fiable que la técnica radiográfica: 81 % de las determinaciones con Endex estuvieron a $- 0.5$ a 0.0 mm de la constricción apical en este estudio (7).

5.8 Localizadores Apicales de Cuarta Generación

Posteriormente se presentó un dispositivo que dice ser de cuarta generación con dos frecuencias similares a las unidades actuales de tercera generación, el Bingo 1020 (Forum Eng Tech). Emplea una corriente eléctrica de dos frecuencias separadas de 400 Hz y 8kHz producidas por un generador de frecuencia variable. El dispositivo solo utiliza una frecuencia a la vez, lo que elimina la necesidad de filtros que separen las distintas frecuencias proporcionando una señal más sencilla. Los fabricantes afirman que la combinación del uso de solo una frecuencia a la vez aumenta la precisión de la medición y la fiabilidad del dispositivo (13).

Posteriormente en 2003 se ha presentado un nuevo localizador llamado Elements Diagnostic Unit and Apex Locator (SybronEndo, Anaheim, CA, EE.UU.) El dispositivo no procesa la impedancia como un algoritmo matemático, si no que mide la resistencia

y la capacitancia y las compara con una base de datos para determinar la longitud. Utiliza una onda compuesta de dos señales, 0,5 y 4 kHz, a diferencia del Root ZX que trabaja con 8 y 0,4 kHz las señales pasan a través de un convertidor digital a analógico para ser convertida en una señal análoga, que luego va a ser amplificada y llevada al paciente que se supone que es una resistencia y condensador paralelamente. La señal devuelta es sometida a un circuito de reducción de ruido. El fabricante afirma que esto permite menos márgenes de error por medición y lecturas consistentes (13).

El Root ZX ha recibido una considerable atención de la comunidad científica desde su introducción porque este dispositivo muestra un excelente rendimiento, que lo convierte en el estándar de oro. The J. Morita Corporation discontinuó la producción del Root ZX original lanzando dos dispositivos diferentes, Root ZX II y Root ZX Mini. Fueron creados basados en el mismo método de funcionamiento del Root ZX, sin embargo, esta vez con la posibilidad de acoplar el EFL a un motor para la instrumentación (Root ZX II) y con la ventaja de ser una versión miniaturizada (Root ZX Mini) (14).

5.9 Localizadores Apicales de Quinta Generación (tipo de relación de frecuencia dual).

Para hacer frente a los problemas asociados con las generaciones anteriores de localizadores de ápices, se ha desarrollado un nuevo método de medición basado en la comparación de los datos tomados de las características eléctricas del canal y un procesamiento matemático adicional. Y así, los localizadores de ápices de quinta generación (tipo de relación de frecuencia dual) ahora se están utilizando (11).

Los localizadores de ápices de a generación se desarrollaron en 2003 como la E-magic Finder series. Mide la capacitancia y resistencia del circuito por separado. Tienen la mejor precisión en cualquier conducto radicular y condición (seca, húmeda, sangrante, salina, EDTA, NaOCl) (11).

Durante el trabajo clínico se observa que la precisión de La medición electrónica de la longitud del conducto radicular varía con la pulpa y la condición periapical. El dispositivo proporciona una lectura digital, grafica ilustrativa y una señal acústica (11).

5.10 Localizadores Apicales de Sexta Generación (Localizador de Ápice Adaptativo)

Una de las principales ventajas del localizador de ápices adaptativo es que elimina la necesidad de secar y humedecer el canal. Los localizadores de ápices adaptables definen continuamente la humedad del canal y se adaptan inmediatamente al canal seco o húmedo. De esta forma se puede utilizar en canales secos o húmedos, canales con sangre o exudados (11).

5.11 Localizador Apical y Pieza de Mano Endodóntica

El Tri Auto ZX (J Morita Mfg. Corp.EUA; Irvine, California) es una pieza de mano endodóntica con un localizador apical Root ZX integrado. La pieza de mano utiliza instrumentos giratorios de níquel-titanio que rotan a una velocidad de 280 ± 50 rpm. La posición de la punta del instrumento giratorio es vigilada continuamente con el panel de control de LED de la pieza de mano durante la conformación y limpieza del conducto (7).

El Tri Auto ZX tiene tres mecanismos de seguridad automáticos. La pieza de mano comienza la rotación automáticamente cuando el instrumento entra en el conducto y se retiene cuando se retira el instrumento (mecanismo automático de encendido y apagado). La pieza de mano también se detiene y revierte la rotación del instrumento cuando se sobrepasó el umbral de torsión (30 g/cm) (mecanismo automático de reversión de torsión), un mecanismo ideado para evitar la ruptura del instrumento. Además, la pieza de mano se detiene automáticamente y revierte su rotación si la punta del instrumento llega a una distancia de la constricción apical que el clínico ha establecido de antemano (mecanismo automático de reversión apical), un mecanismo controlado por el localizador apical integrado al Root ZX, y desarrollado para evitar la instrumentación más allá de la constricción apical (7).

5.12 Otras Piezas de Mano con Localización del Vértice

Kobayashi et al. Comunicaron el desarrollo de un nuevo sistema para conductos radiculares ultrasónicos, denominado SOFY ZX (J Morita Mfg. Corp.; Irvine, California), que utiliza el Root ZX para vigilar electrónicamente la ubicación de la punta de la lima durante todos los procedimientos de instrumentación. El dispositivo minimiza el peligro de instrumentación excesiva (7).

5.13 Otras Aplicaciones de los Localizadores Apicales

Sunada sugirió la posibilidad de utilizar localizadores apicales para determinar perforaciones de la raíz. Más tarde se comunicó que los localizadores apicales electrónicos (electronic apex locators, EAL) podían determinar con precisión el sitio de las perforaciones del piso radicular o pulpar (7).

El método también ayudo al diagnóstico de resorción externa que había invadido el espacio de la pulpa dental o la resorción interna que había perforado hacia la superficie radicular externa. Se ha comunicado un método para el tratamiento conservador de las perforaciones de la raíz utilizando un localizador apical y la compactación térmica (7).

5.14 Ventajas

La perforación de la raíz es una complicación dental importante que da como resultado un resultado negativo pronóstico del diente después del tratamiento endodóntico (10). También podrían detectarse fracturas radiculares horizontales o verticales lo mismo que perforaciones de poste. En un estudio in vitro se evaluó la utilidad de un localizador apical en el tratamiento endodóntico de dientes con formación radicular incompleta que requerían apexificación (7).

Los localizadores apicales son de gran utilidad para tratar a los pacientes internos y externos. Por ejemplo, representan una herramienta importante en el tratamiento endodóntico en el quirófano. También reducen el número de radiografías, lo cual es importante para aquellos a quienes les preocupa mucho la exposición a radiaciones. En algunos pacientes, tal preocupación es tan importante que se rehúsan a someterse a radiografías dentales (7).

5.15 Contraindicaciones

El empleo de localizadores apicales y otros dispositivos electrónicos como probadores de pulpa, instrumentos electro quirúrgicos y equipo de desensibilización está contraindicado en pacientes con marcapasos cardiacos. La estimulación electrónica del paciente con el marcapasos interfiere en la función del dispositivo. La intensidad de la interferencia dependerá de tipo inespecífico de marcapasos y de la dependencia que el sujeto tenga de él. En casos especiales, se puede utilizar un localizador apical en un paciente con marcapasos cuando esto se realiza en interconsulta estrecha con el cardiólogo del individuo (7).

Se debe tener práctica para optimizar su uso (15).

La obliteración parcial o total de los conductos puede interferir con la correcta lectura del aparato, así como en retratamientos (15).

5.16 Avances

El futuro de los localizadores apicales es muy brillante. Ocurrieron mejoras importantes en su fiabilidad y precisión con el desarrollo de los modelos de tercera generación. Es probable que un mayor número de dentistas utilizaran localizadores apicales para tratar los casos endodóntico. Sin embargo, hasta el momento, las conclusiones de los estudios no han demostrado que los localizadores apicales sean claramente mejores que las técnicas radiográficas, ni que reemplacen sistemáticamente a las radiografías para determinar la longitud de trabajo. Se ha demostrado que por lo menos tienen la misma precisión (7).

Los localizadores apicales futuros tendrán la capacidad de determinar la longitud de trabajo en todas las condiciones eléctricas del conducto radicular sin calibración. La pantalla métrica en los futuros localizadores apicales radicular deberá indicar con exactitud a cuantos milímetros de la constricción apical se encuentra la punta del instrumento endodóntico (7).

6. Planteamiento del Problema

La determinación precisa de la longitud de trabajo es parte crucial del éxito de la terapia del conducto radicular. La radiografía es uno de los métodos más tradicionales para determinar la longitud de trabajo; sin embargo, las radiografías pueden ser distorsionadas y/o ampliadas con la consiguiente variabilidad de interpretación. Por lo tanto, los localizadores de ápice electrónico se han utilizado para mejorar la estimación de precisión de la longitud de trabajo en comparación con las radiografías (16).

Los localizadores de ápice electrónicos actuales son confiables, exhiben alta precisión y reproducibilidad en la localización de foramen apical mayor (16).

Además, la determinación electrónica de la LE es un procedimiento rápido y, dado que no requiere radiación ionizante, puede utilizarse para confirmar el límite apical durante o después de los procedimientos de endodoncia (17).

Estos dispositivos pueden ayudar a reducir el tiempo de tratamiento y la dosis de radiación al paciente. Varios factores, como el uso correcto, la presencia de irrigantes, la pulpa vital o necrótica, el exudado inflamatorio y el material de obturación en el conducto radicular, contribuyen a la precisión de los localizadores de ápice electrónicos. Además, los estudios han demostrado que los EAL proporcionan una estimación precisa de la longitud de trabajo en comparación con el método radiográfico (18).

La evolución de los EAL ha alcanzado niveles de precisión superiores al 95% en función de las condiciones en las que se utiliza (19).

Hasta la fecha, pocos estudios han evaluado el desempeño del Propex II (0,5 y 8 kHz) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) y hasta donde sabemos, ningún estudio ha evaluado el desempeño del Woodpex III plus (0,5 y 4 kHz) (Woodpecker, China).

Por lo que surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la eficacia de los localizadores de ápices electrónicos en comparación del método radiográfico?

7. Justificación

La determinación de la longitud de la preparación del conducto radicular es uno de los factores cruciales que pueden afectar el resultado del tratamiento de endodoncia (20). Se requiere un límite apical adecuado para los procedimientos de conformación y obturación con el fin de abordar la extensión total del conducto radicular y prevenir lesiones en los tejidos periapicales.

Los métodos radiográficos nos permiten observar y estudiar directamente la anatomía del conducto radicular. Sin embargo, aún persisten las dificultades para localizar la constricción apical, ya que el médico trata con una imagen en 2D de un objeto 3D. Además de la posible radiación ionizante, las imágenes radiográficas del ápice también pueden oscurecerse debido a las estructuras anatómicas y las estructuras óseas densas. Los EAL, por el contrario, definen la longitud de trabajo midiendo la impedancia con diferentes frecuencias entre la punta de la lima y el flujo del canal (21).

En la actualidad existen varias marcas comerciales de localizadores de foramen, con el paso del tiempo es cada vez más la aceptación y confiabilidad dentro de la endodoncia, ya que logran mediciones más exactas y por ende un tratamiento de conductos exitoso, gracias a un largo periodo de desarrollo y perfeccionamiento, así como también suficientes estudios que avalan resultados positivos (22).

La longitud de trabajo o conductometría es un procedimiento clínico que requiere un nivel de precisión, debido a que está directamente relacionada con la preparación biomecánica, eliminación de bacterias y consecuente obturación tridimensional del sistema de conductos radiculares.

Se define longitud de trabajo a la distancia desde un punto de referencia coronal hasta el punto en el que terminara la preparación y obturación del conducto, el punto de referencia apical ideal en el conducto, el “tope apical” (7).

La mayoría de los odontólogos están de acuerdo en que el punto final conveniente es la constricción apical, que no solo es la parte estrecha del conducto sino un punto de referencia morfológico, que puede ayudar a mejorar el sello apical cuando este se obtura (7).

La extensión del desbridamiento y relleno del conducto radicular es uno de los factores de pronóstico más importantes para el resultado del tratamiento del conducto radicular (Sjogren € et al. 1990, Ricucci & Langeland 1998, Ng et al. 2011) (23).

En base a la literatura, se ha determinado que los mejores resultados del uso de esta herramienta se han obtenido después de la preparación cervical, lo que asegura el ajuste del instrumento y, cuando se inserta, hasta llegar al foramen apical (24). Los métodos radiográficos no solo detectan mediciones incorrectas obtenidas de localizadores de ápice electrónicos (EAL), que también se conocen como dispositivos electrónicos de medición de la longitud del conducto radicular (Nekoofar et al. 2006), sino que también proporciona información de diagnóstico como la curvatura del conducto y posible presencia de canales (Walton 2008) (23).

Por este motivo se decidió realizar esta investigación, en el que se analizara la eficacia de diversos localizadores de foramen electrónicos en la determinación de la longitud de trabajo en dientes permanentes unirradiculares.

8. Hipótesis

8.1 Hipótesis de trabajo

El localizador electrónico de ápice es eficaz para determinación de la longitud de trabajo en comparación con el método radiográfico.

8.2 Hipótesis nula

El localizador electrónico de ápice no es eficaz para determinación de la longitud de trabajo en comparación con el método.

9. Objetivo

9.1 Objetivo específico

Conocer la eficacia del localizador electrónico de ápice en comparación del método radiográfico.

10. Material y Métodos

10.1 Diseño de estudio

Experimental, *in vitro*.

10.2 Universo de estudio

30 dientes unirradiculares para el grupo experimental.

30 dientes unirradiculares para el grupo control.

10.3 Muestreo

No probabilístico por cuota y conveniencia.

10.4 Criterios de inclusión y exclusión

10.4.1 Criterios de Inclusión

- Las piezas dentales debían tener la porción radicular intacta.
- Raíces completamente formadas.
- Presentar caries de 1 y 2 grado en la porción coronal.
- Piezas con suficiente tejido dental remanente.
- Piezas dentales sanas.

10.4.2 Criterios de Exclusión

- Dientes bi o multirradiculares.
- Dientes con endodoncias previas.
- Raíces con foramen apical abierto/ inmaduro.
- Resorciones radiculares.
- Fracturas radiculares.
- Piezas con caries radiculares.
- Conductos calcificados u obstrucciones que impidan el ingreso de las limas hasta la región apical.
- Raíces con dilaceraciones marcadas.

10.5 Variables

10.5.1 Variable dependiente

- Longitud de trabajo.

10.5.2 Variable independiente

- Método radiográfico.
- Método electrónico.
- Diente.
- Regla vernier.

10.6 Cuadro de Variables

Variable	Descripción conceptual	Escala de medición	Unidad de medición
Longitud de trabajo	La distancia desde un punto de referencia coronal hasta el punto donde termina la preparación y obturación del canal radicular	Cuantitativa continua	Milímetros
PROPEX II (Dentsply, Maillefer)	Es un aparato electrónico para determinar la localización del ápice y la longitud de trabajo, de 5ta Generación, que opera basándose en dos frecuencias 0,5 y 8 kHz.	Cuantitativa continua	Milímetros
WOODPEX PLUS (Woodpecker)	Localizador electrónico de 5ta Generación que opera basándose dos frecuencias 0,5 y 4 kHz, para determinar la longitud de trabajo del conducto radicular.	Cuantitativa continua	Milímetros
Radiografía	La Radiografía es el método más tradicional para determinar la longitud de trabajo, pero presenta algunos inconvenientes ya que es una imagen 2D y pueden ser distorsionadas.	Cuantitativa continua	Milímetros
Regla Vernier	Es una regla graduada, que ayuda a medir longitudes, espesores, diámetros de una unidad mínima de una escala principal.	Cuantitativa continua	Milímetros

11. Procedimiento

Una vez obtenido el órgano dental extraído se lava a chorro de agua, posteriormente se coloca en formaldehído para su conservación, se divide aleatoriamente en 2 grupos de 30 unidades, véase la imagen 5, se designa cada grupo los dos localizadores utilizados en la investigación.

Se procede a la eliminación de caries, restauraciones y de cálculo de la superficie radicular si lo hubiese con curetas (HU- FRIEDY) números 1-2, 3-4 y 5-6 así eliminación de pigmentaciones con piedra rosa, ver imagen 6.

Se mide la longitud de trabajo real con una regla vernier y se anota los milímetros en un documento de Excel, véase imagen 7. A continuación, se realiza acceso a la cámara pulpar con fresa de bola de diamante del número 6, ver imagen 8, se codifica cada órgano dentario con números, para su fácil identificación, véase imagen 9, se comprueba la permeabilidad del conducto, ya obtenida la medida se introdujo en el conducto radicular una lima k #15 de 25mm o 31mm (Dentsply Maillefer) dependiendo el órgano dental a trabajar, a la misma medida para verificar que la lima no sobrepase el foramen apical, ver imagen 10, se realiza la toma de radiografías periapicales con tubo de rayos X (Gnatus) de todos los órganos dentarios, véase imagen 11.

Anterior a esto la radiografía periapical se divido en dos, para así poder tomar dos planos del órgano dentario, con ayuda de una película de plomo, véase imagen 12. Con ayuda de cera pegajosa se fijaron los órganos dentarios sobre la película radiográfica, para que fuera más sencilla la toma radiográfica, ver imagen 13.

La medición clínica de la longitud del conducto radicular se realizó dos veces, una con cada localizador de ápice electrónico de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Se reprodujo un medio ambiente similar a la cavidad oral mediante la utilización de Alginato sumergiendo los órganos dentarios hasta la unión cemento-esmalte en una mezcla reciente de alginato Súper Gayz (siguiendo las indicaciones de fabricante), ver imagen 14.

Todas las mediciones se realizaron en el intervalo de 1 hora desde la preparación del modelo para asegurar que el alginato permaneciera húmedo.

Las medidas tomadas con el localizador de ápices Woodpex III Plus (Woodpecker, China) se determinaron siguiendo las indicaciones del fabricante. Cuando el operador observo en el monitor y escucho la señal roja, la lima sobrepaso más allá del ápice momento en que se retiró rápidamente; se disminuyó 0.5 a 0.7mm y se validó la medición si la lima se mantuvo estable durante 5 segundos dentro del conducto, simultáneamente el tope de goma se mantuvo en contacto continuo con el punto de referencia incisal o con la cúspide del diente. La distancia se registró utilizando una regla endodóntica (Stainless).

El Propex II (Dentsply, Maillefer) se utilizó de acuerdo con las instrucciones del fabricante. La lima se introdujo en el conducto radicular hasta observar la luz roja en el monitor de "Apex", luego se retrajo ligeramente de 0.5 a 0.7 mm y se validó la medición si la lima se mantuvo estable durante 5 segundos dentro del conducto, se verifico que el tope de goma estuvo en contacto con el punto de referencia incisal o con la cúspide del diente. La distancia se registró utilizando una regla endodóntica (Stainless), ver imagen 15.

Una vez obtenidas las mediciones con ambos localizadores de ápice electrónicos, se fija la lima con pegamento Cola- Loca con ayuda de una aguja se coloca el pegamento para disminuir el grosor del mismo, ver imagen 16. Se comprueba la longitud de trabajo electrónica tras fijar la lima para confirmar que la posición de la lima es correcta, se extrajeron los órganos dentarios del alginato y se corroboró tomando otra radiografía periapical de los dos planos, véase imagen 17, se recopilaron todas las muestras, véase imagen 18.

Se capturan los datos obtenidos de cada grupo de órganos dentarios con su respectivo localizador de foramen, para terminar, se capturaron los datos en Microsoft Excel y se realiza una comparación de los 2 localizadores de foramen con el programa IBM SPSS Statistics 23, una prueba t Student muestras relacionadas.

Imagen 5. Selección de las piezas dentales.



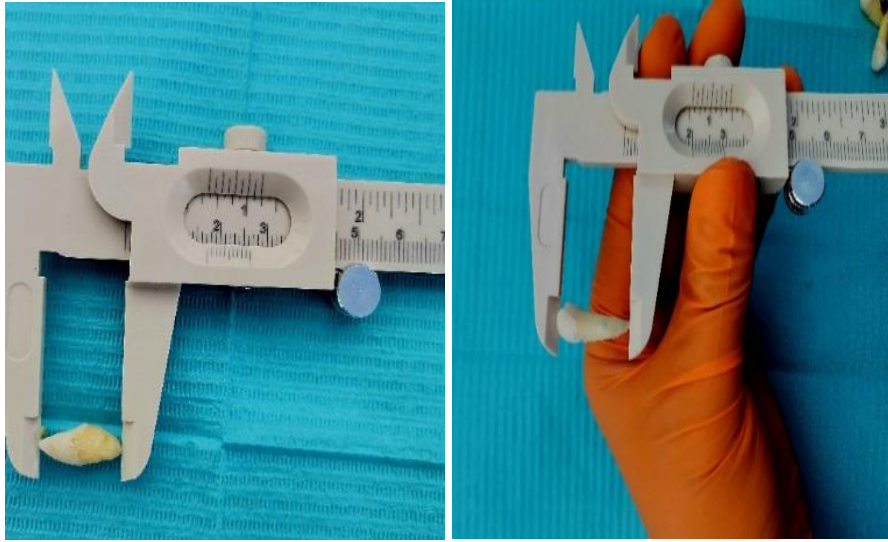
Se seleccionan los órganos dentarios de acuerdo a los criterios de inclusión y/o exclusión. Fuente: Propia.

Imagen 6. Limpieza de las piezas dentales.



a) Limpieza de los órganos dentarios con curetas (HU- FRIEDY), b) Retiro de pigmentaciones con piedra rosa. Fuente: Propia.

Imagen 7. Medición de los órganos dentales con vernier.



Se mide cada órgano dental con un vernier análogo, para obtener una medida aproximada de la longitud de trabajo. Fuente: Propia.

Imagen 8. Acceso con fresa de bola # 6.



Con ayuda de una fresa de bola, se realizan accesos a cada órgano dental, verificando su permeabilidad. Fuente: Propia.

Imagen 9. Codificación de piezas dentales.



Se coloca un número a cada diente, para su identificación. Fuente: Propia.

Imagen 10. Medición de la lima con regla de dedo.



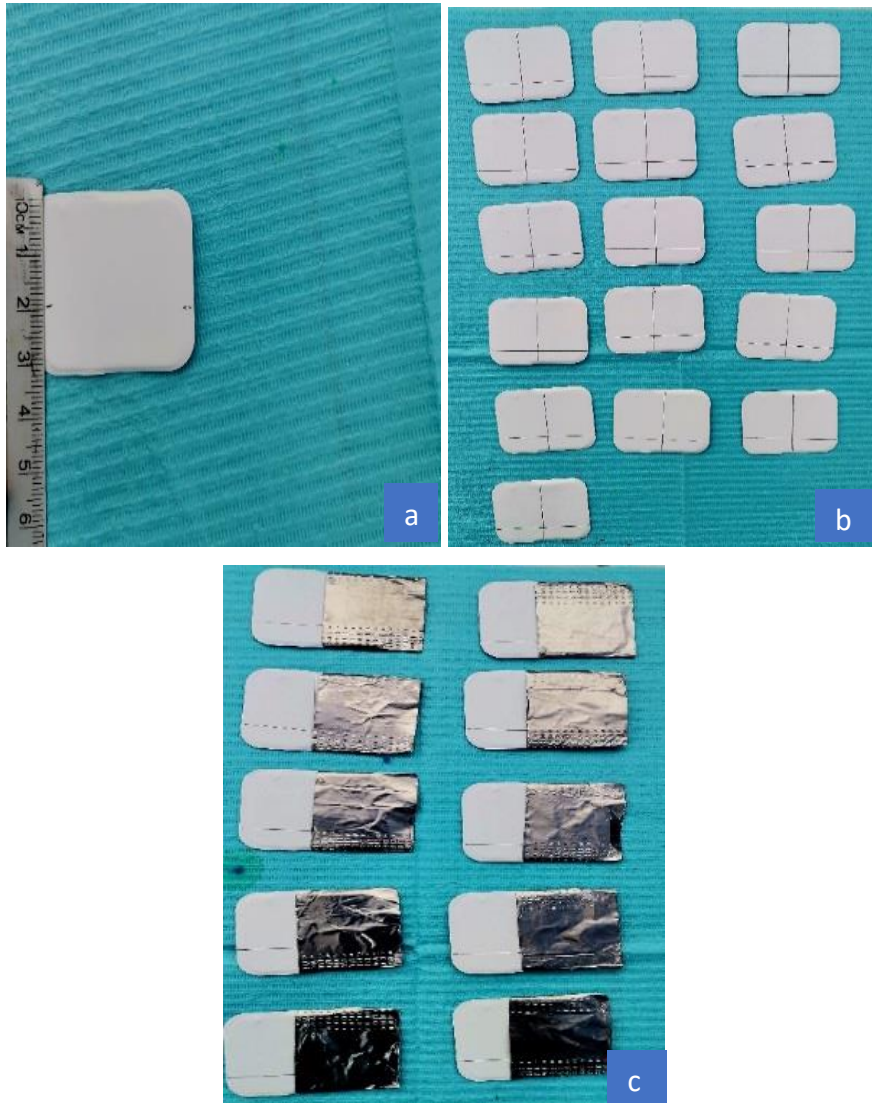
Medición de la longitud de trabajo y permeabilidad del conducto. Fuente: Propia.

Imagen 11. Toma de la radiografía.



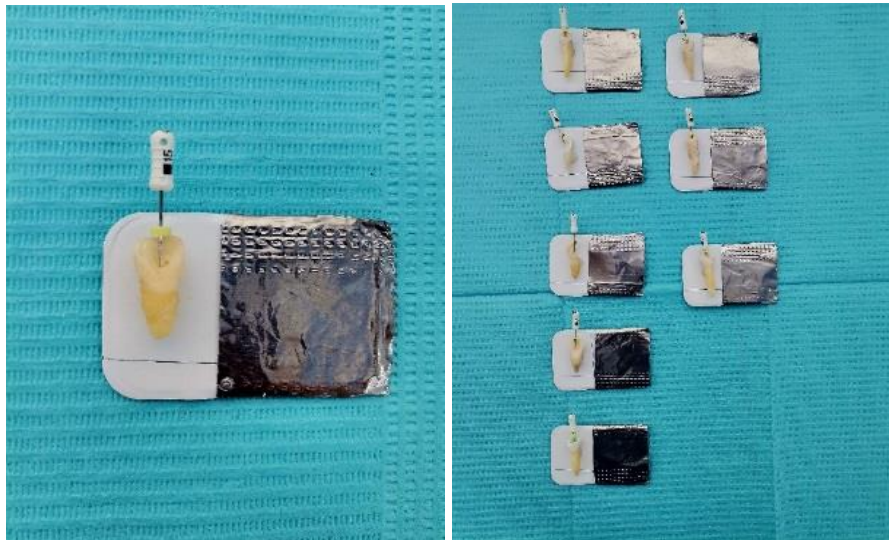
a) Colocación de la radiografía sobre una base, b) Toma de la radiografía Fuente: Propia.

Imagen 12.División de la radiografía periapical.



a)Medición de la radiografía, b) Marcar la mitad de la Radiografía, c) Colocación de plomo sobre la película Radiográfica. Fuente: Propia.

Imagen 13. Fijación con cera pegajosa de los órganos dentales en la película radiográfica.



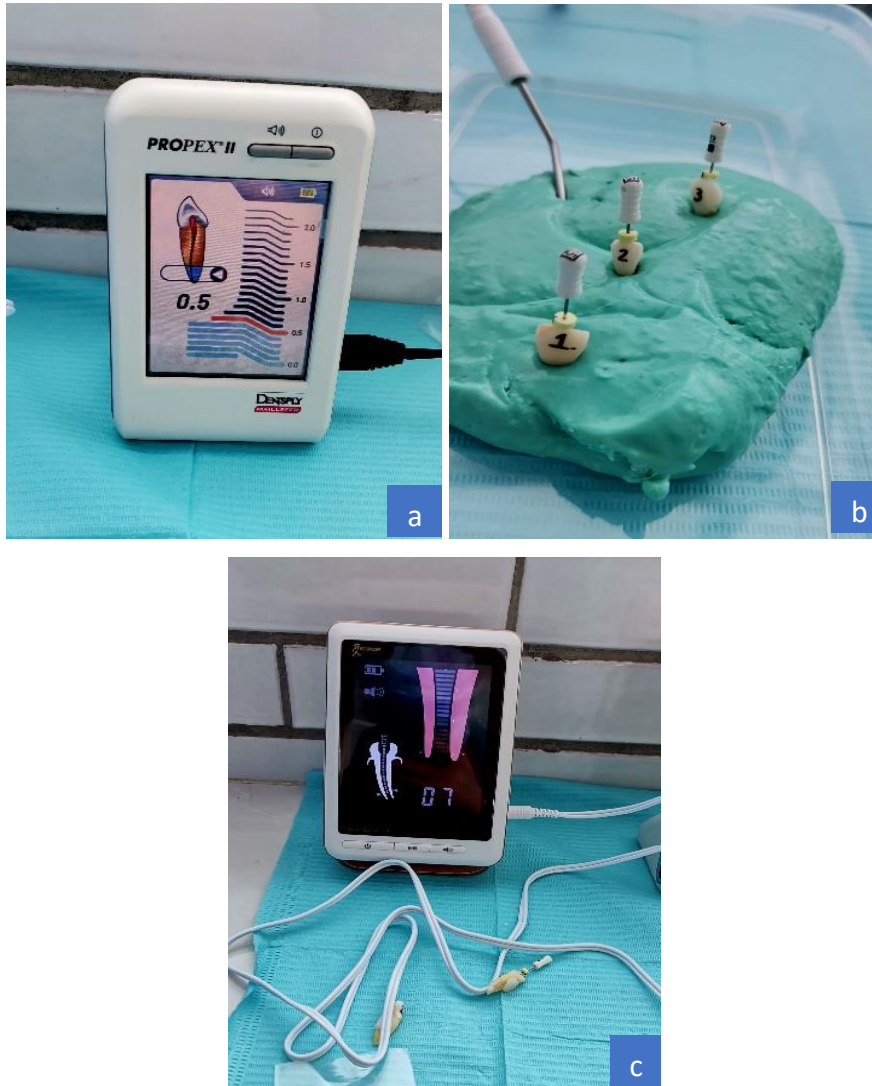
Con ayuda de cera pegajosa se colocan los órganos dentarios sobre la película radiográfica. Fuente: Propia.

Imagen 14. Ambiente similar a la cavidad bucal.



a) Insumos que se requirieron para el protocolo de investigación, b) Preparación del alginato siguiendo las indicaciones del fabricante. Fuente: Propia.

Imagen 15. Recopilación de los datos con ambos localizadores.



a) Recopilación de las medidas con el localizador Propex II, b) Muestras en el alginato, c) Recopilación de datos con localizador Woodpex III plus. Fuente: Propia.

Imagen 16. Fijación de las limas en los órganos dentales.



Órganos dentales con su respectiva lima, la medición obtenida con los localizadores electrónicos de ápice. Fuente: Propia.

Imagen 17. Radiografías con las limas.



Radiografía periapical de la longitud de trabajo obtenida mediante medios electrónicos. Fuente: Propia.

Imagen 18. Recopilación de las muestras.



Muestras del estudio de investigación. Fuente: Propia.

12. Material suministrado por la Universidad

- Localizador de foramen.
- Uso de las instalaciones.
- Tubo de Rayos X.

13. Material no suministrado por la Universidad

- Localizador de foramen.
- Limas de Endodoncia.
- Alginato SUPER GAYZ.
- Espátula para Alginato.
- Taza de hule.
- Fresas de diamante número 6.
- Recipiente de plástico.
- Jeringas para irrigar.
- Pieza de alta velocidad.
- Curetas.
- Calibrador Vernier.
- Pieza de Baja velocidad.
- Piedra Rosa.
- Radiografías periapicales.
- Regla Endodóntica.
- Cera pegajosa.

14. Promoción de Bioseguridad

La realización de los procedimientos de bioseguridad a los profesionales del área de la salud requiere de una serie de pasos y detalles que no pueden ser evitados por hipótesis alguna, ya que la realización inadecuada de estos protocolos puede dar como resultado cuadros de infección cruzada o ambientes insaludables (25).

15. Precauciones generales

- Seguir las indicaciones de fabricante al utilizar el localizador de foramen.
- Seguir las indicaciones del fabricante en la preparación del alginato.
- Tener presente no rebasar el tiempo de 1 hora para que permanezca húmedo el alginato.
- Registrar correctamente todos los datos.
- Colocar los desechos (dientes) e instrumental punzocortante (limas) en el recipiente correspondiente.

16. Consideraciones Bioéticas

16.1 Técnicas para el procesamiento

Siguiendo los protocolos establecidos por la Norma Oficial Mexicana los órganos dentarios serán desechados en un recipiente rígido amarillo mientras que los punzocortantes (limas) en un recipiente rojo rígido, facilitando su manejo para posteriormente desechos.

La NORMA Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002, Protección ambiental - Salud ambiental - Residuos peligrosos biológico-infecciosos - Clasificación y especificaciones de manejo.

Norma Oficial Mexicana NOM-013-SSA2-2015. Para la prevención y control de enfermedades bucales

16.2 Riesgos potenciales del estudio

- Al ser un estudio in vitro, no representa ningún riesgo para el paciente.
- Los riesgos potenciales serán: con algún material punzocortantes.

Los riesgos para el investigador y la universidad fueron evitados por seguir todos los protocolos de bioseguridad y uso de barreras de protección, mascarillas, bata, cofia, guantes desechables, campos de trabajo y un espacio suficiente para realizar este tipo de investigación.

17.Resultados

El análisis de las medias para todos los grupos demostró que la medición entre vernier con radiografía periapical no presenta variaciones (16.5mm respectivamente) así como las mediciones con los localizadores electrónicos de ápice Woodpex III Plus y Propex II (17.0 mm respectivamente) como se muestra **tabla 1 y 2** , por otro lado para la prueba T de Student para muestras emparejadas demostró una diferencia estadísticamente significativa con una $p \leq 0.05$ para los siguientes grupos: Vernier con radiografía, Woodpex III Plus y radiografía, Propex II y radiografía, como se muestra en las **tablas 3, 4 y 5** respectivamente , sin embargo se observaron diferencias estadísticamente significativas con una $p \geq 0.05$ en la prueba T de Student para muestras emparejadas entre los siguientes grupos: medición de Vernier con Woodpex III Plus, Vernier con Propex II y medición entre ambos localizadores electrónicos de ápice Woodpex III Plus y Propex II, como se muestra en las **tablas 6, 7 y 8** respectivamente.

Tabla 1: Tabla representativa de los estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Medición con Vernier	60	16.5	30.0	21.692	2.5447
Medición con Radiografía	60	16.5	30.0	21.925	2.6994
N válido (por lista)	60				

La tabla 1 se observa la medición con vernier en 60 muestras, un mínimo de 16.5 mm y máximo de 30.0 mm, así como una media de 21.692 y la desviación estándar de 2.5447, en comparación con la medición de la radiografía muestra similitud con el vernier en mínimo y máximo, pero diferencias en la media con 21.925 y la desviación estándar de 2.6994. Fuente: Propia

Tabla 2: Tabla representativa de los estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Medición con Woodpex III Plus	60	17.0	29.0	21.642	2.4891
Medición con Propex II	60	17.0	29.0	21.667	2.4799
N válido (por lista)	60				

La tabla 2 muestra similitud entre ambas mediciones con Woodpex III Plus y Propex II en la mínima de 17.0mm y un máximo de 29.0mm, la media con 21.642 para el Woodpex III Plus y una desviación estándar de 2.4891, mientras que la media de Propex II está en 21.667 y la desviación estándar en 2.4799. Fuente: Propia

Tabla 3: Prueba de muestras emparejadas

Par	Medición con	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior				Superior
1	Medición con Vernier - Medición con Radiografía	-.2333	.5928	.0765	-.3865	-.0802	-3.049	59	.003

La tabla 3 muestra la medición con Vernier y la medición con Radiografía una media de -.2333, una desviación estándar de .5928, una media de error estándar de .07665, en el 95% de intervalo de confianza de la diferencia en inferior de -.3865 y superior -.0802, una t de -3.049, una gl de 59 y Sig. (bilateral) de .003. Fuente: Propia

Tabla 4: Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
Par	Medición con Radiografía - Medición con Woodpex III Plus	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
1		.2833	.6402	.0827	.1179	.4487	3.428	59	.001

La tabla 4 muestra la medición de Radiografía y la de Woodpex III Plus con una media de -.2833, una desviación estándar de .6402, una media de error estándar de .0827, en el 95% de intervalo de confianza de la diferencia en inferior de .1179 y superior .4487, una t de 3.428, una gl de 59 y Sig. (bilateral) de .001. Fuente: Propia

Tabla 5: Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
Par	Medición con Radiografía- Medición con Propex II	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
1		.2583	.6209	.0802	.0979	.4187	3.223	59	.002

La tabla 5 muestra la medición de Radiografía y la de Propex II con una media de .2583, una desviación estándar de .6209, una media de error estándar de .0802, en el 95% de intervalo de confianza de la diferencia en inferior de .0979 y superior .4187, una t de 3.223, una gl de 59 y Sig. (bilateral) de .002. Fuente: Propia

Tabla 6: Prueba de muestras emparejadas										
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
					Inferior	Superior				
Par 1	Medición con Vernier - Medición con Woodpex III Plus	.0500	.5727	.0739	-.0979	.1979	.676	59	.502	

La tabla 6 muestra la medición de Vernier con respecto a la medición de Woodpex III Plus, con una media de .0500, una desviación estándar de .5727, una media de error estándar de .0739, en el 95% de intervalo de confianza de la diferencia en inferior de -.0979 y superior .1979, una t de .676, una gl de 59 y Sig. (bilateral) de .502. Fuente: Propia

Tabla 7: Prueba de muestras emparejadas										
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
					Inferior	Superior				
Par 1	Medición con Vernier - Medición con Propex II	.0250	.5780	.0746	-.1243	.1743	.335	59	.739	

La tabla 7 muestra la medición de Vernier con respecto a la medición de Propex II, con una media de .0250, una desviación estándar de .5780, una media de error estándar de .0746, en el 95% de intervalo de confianza de la diferencia en inferior de -.1243 y superior .1743, una t de .335, una gl de 59 y Sig. (bilateral) de .739. Fuente: Propia

Tabla 8: Prueba de muestras emparejadas

Par	Medición con Woodpex III Plus - Medición con Propex II	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
1		-.0250	.1099	.0142	-.0534	.0034	-1.762	59	.083

La tabla 8 muestra la medición de Woodpex III Plus con respecto a la medición de Propex II, con una media de - .0250, una desviación estándar de .1099, una media de error estándar de .0142, en el 95% de intervalo de confianza de la diferencia en inferior de -.0534 y superior .0034, una t de -1.762, una gl de 59 y Sig. (bilateral) de .083. Fuente: Propia

18. Discusión

La falla en la determinación de la longitud de trabajo, con métodos convencionales como la radiografía periapical ha ido en aumento, ya que esta técnica es sensible a errores. Las radiografías están sujetas a distorsión y aumento y pueden ser difíciles de interpretar debido a la falta de representación tridimensional.

El uso de localizadores electrónicos de ápice fue propuesto primero por Custer en 1918 (7). Posterior en 1942 Suzuki continuo con las investigaciones en un estudio in vitro en perros utilizando corriente directa descubrió que la resistencia eléctrica entre el ligamento periodontal y la mucosa bucal tenía un valor constante de 6.5 kiloohms. En 1960, Gordon fue el segundo en notificar el uso de un dispositivo clínico para la medición eléctrica en los conductos radiculares. Sunada adopto el principio comunicado por Suzuki y fue el primero en descubrir el detalle de un dispositivo clínico simple para medir la longitud de trabajo en los pacientes (7).

En la actualidad se ha realizado diversos estudios, evaluando la exactitud de los localizadores electrónicos de ápice, debido a la introducción de nuevas generaciones.

El presente estudio tiene como objetivo conocer la eficacia del localizador electrónico de ápice en comparación del método radiográfico. Se evaluó la precisión de Woodpex III Plus y el Propex II ambos de 5ta Generación, sin embargo, varios estudios han evaluado la exactitud de Propex II, hasta el momento, ningún estudio similar en la literatura ha evaluado al Woodpex III Plus.

El diseño de la investigación y metodología se basó en el modelo descrito por Lucia Piasecki (22), las muestras se incluyeron en un modelo de alginato para limitar la conductividad eléctrica de los tejidos periodontales, así como Fernando A. Orozco (16) que utiliza un modelo experimental de alginato, simulando el ligamento periodontal; Nelly Abdelsalam (12) con cuerda con sus estudios, utiliza el alginato como un medio conductor para el circuito electrónico entre el clip de la lima dentro de los conductos radiculares y el clip del labio adherido al alginato, porque se considera un medio ideal para las pruebas in vitro de los localizadores electrónicos de ápice.

Entre los localizadores electrónicos de ápice más utilizados y que sus estudios lo avalan son el Root ZX Mnini y Apex ID. Varios estudios como el de Gabriela Serna-Peña (8) evalúan la exactitud de dos medios electrónicos (Propex Pixi, Root ZX Mini y Apex ID) un estudio in vivo, este análisis no revelo diferencias significativas, por su parte Lucia Piasecki (22) realizo un estudio parecido una evaluación micro computada por tomografía de la precisión de 3 localizadores electrónicos de ápice (Root ZX Mini, CanalPro y Apex ID) en conductos curvos de molares mandibulares, dentro de las limitaciones de este estudio in vitro, el Root ZX Mini y CanalPro exhibieron una alta precisión, con respecto al Apex ID, el uso de la marca 0.0 resulto en mediciones más largas, pero las lecturas en la marca 0.5 fueron precisas.

La situación a la que se le dio más importancia para asegurar la precisión de los resultados fue el uso adecuado de los localizadores electrónicos de ápice de acuerdo con las instrucciones del fabricante y la fijación del tope de goma de la lima que se mantuviera en contacto continuo con el punto de referencia incisal del diente como lo menciona Yakup Ustun (20) en su artículo de investigación.

El Woodpex III Plus es un localizador que está ganando espacio en el mercado y dentro de la práctica Odontológica. El presente estudio mostro una efectividad de .001 en comparación con el método convencional (radiografía periapical). Por su parte el Propex II muestra una efectividad de .002 en comparación con el método convencional, demostrando que los dos compiten en la exactitud de la longitud de trabajo respecto al método radiográfico, a pesar de la diferencia de costo monetario, trayectoria y estudios que los avalan.

19. Conclusiones

- Los medios análogos no presentan variaciones en sus mediciones (Vernier y Radiografía).
- Los medios electrónicos no presentan variaciones en sus mediciones (Woodpex III Plus y Propex II).
- La medida obtenida entre el método convencional (Radiografía) y la electrónica de Woodpex III Plus no muestra diferencias estadísticamente significativas.
- La medida obtenida entre el método convencional (Radiografía) y la electrónica de Propex II no muestra diferencias estadísticamente significativas.
- Resaltando la combinación de ambos métodos (convencional y electrónico) una elección más confiable dentro de la práctica clínica.
- Conocer este tipo de estudios ayuda al profesional a identificar otros métodos para hacer más eficaz la determinación de la longitud de trabajo dentro de la práctica endodóntica.
- Se recomienda la continuación de este tipo de estudios incrementando el número de localizadores electrónicos de ápice.

20. Referencias Bibliográficas

1. Cohen S, Hargreaves KM. Vías de la Pulpa. 9th ed. Keiser K, editor. Madrid: Elsevier Mosby; 2007.
2. Ashraf ElAyouti DmdHJmdSJDI(PCmdGMI(CLPDmdJPDmCvOmd. Apical Constriction: Location and Dimensions in Molars—A Micro-Computed Tomography Study. JOURNAL OF ENDODONTICS. 2014.
3. S Schell MSJJGMMHJ,CLBJPAE. Validity of Longitudinal Sections for Determining the Apical Constriction. International Endodontic Journal. 2016.
4. Lucila Piasecki DECXdSNPDWGBGGaAAA. The Use of Mico-computed Tomography to Determine the Accuracy of 2 Electronic Apex Locators and Anatomic Variations Affecting Their Precision. JOURNAL OF ENDODONTICS. 2016.
5. V. Aggarwal MSSSB. Influence of instrument size and varying electrical resistance of root canal instruments on accuracy of three electronic root canal length measurement devices. INTERNATIONAL ENDODONTIC JOURNAL. 2016.
6. M.P.J Gordon NPC. Electronic Apex Locator. International Endodontic Journal. 2004.
7. Ingle-Bakland. Endodoncia. 5th ed.: Mcgraw Hill Medicina; 2004.
8. Gabriela Serna-Peña DSGAMCRDDaGMG. In Vivo Evaluation of 3 Electronic Apex Locators: Root ZX Mini, Apex ID, and Propex Pixi. JOURNAL OF ENDODONTICS. 2019.
9. Nuria Patiño-Marin DNVZAGAMCNSBDMVGJPLRCEMS. Clinical Evaluation of the Accuracy of Conventional Radiography and Apex Locator in Primary Teeth. PEDIATRIC DENTISTRY. 2011; 33(1).
10. Fábio Luiz Cunba D'Assuncao DJCNSCAFDCdMDTLBdLLDaJdO. Accuracy and Repeatability of 3 Apex Locators in Locating Root Canal Perforations:An Ex Vivo Study. JOURNAL OF ENDODONTICS. 2014.

11. Amruta Khadse PSVKRKSS. Electronic Apex Locators- An overview. Indian Journal of Conservative and Endodontics. 2017.
12. Nelly Abdelsalam BaNH. Impact of Apical Patency on Accuracy of Electronic Apex Locators:In Vitro Study. JOURNAL OF ENDODONTICS. 2020.
13. C. CC. Seminario Localizadores Apicales. Postgrado Endodoncia, Universidad de Valparaiso. 2013.
14. Bernardo Almeida Aguiar RSRLMAFMSdVaBCdV. Root ZX Electronic Foramen Locator: An Ex Vivo Study of Its Three Models' Precision and Reproducibility. International Journal of Dentistry. 2017.
15. DDS MAMP. Guía para el uso del Localizar de foramen.
16. Fernando A. Orosco GFdSPHWMTMLAMRGMAHDIGdM. Influence of different sized files on the accuracy of two electronic apex locators. Australian Endodontic Journal. 2017.
17. Alessandra Timponi Goes Cruz DWCUXdSNDGGMaLPD. Accuracy of 2 Endodontic Rotary Motors with Integrated Apex Locator. American Association of Endodontists. 2017.
18. Preena Sidbu MSMDDDHMMMDMMaSAM. Evaluation of Interference of Cellular Phones on Electronic Apex Locators: An In Vitro Study. American Association of Endodontists. 2016.
19. Tiago Nepomuceno Oliveira DNVGDMABDMRRVDMMAHDDaBCVDMP. Determination of the Accuracy of 5 Electronic Apex Locator in the Function of Different Employment Protocols. American Association of Endodontists. 2017.
20. Yakup Ustun DTADAESaBS. Evaluation of the Reliability of Cone-beam Computed Tomography Scanning and Electronic Apex Locator Measurements in Working Length Determination of Teeth wiht Large Periapical Lesions. JOURNAL OF ENDODONTICS. 2016.
21. Georgios Keratiotis DNKDAADaEGKD. A comparative evaluation of two working length determination methods. Australian Endodontic Journal. 2018.

22. Lucila Piasecki DPJdRPEIJPaACAP. A Micro-computed Tomographic Evaluation of the Accuracy of 3 Electronic Apex Locators in Curved Canals of Mandibular Molars. American Association of Endodontists. 2018.
23. T. Connert MSJMHJSSJGMJPCL&AE. Evaluation of the accuracy of nine electronic apex locators by using Micro-CT. International Endodontic Journal. 2018.
24. Bruno Carvalho Vasconcelos DLMBASORABMAHDNVGaRRV. Changes in Root Canal Length Determined during Mechanical Preparation Stages and Their Relationship with the Accuracy of Root ZX II. JOURNAL OF ENDODONTICS. 2016.
25. Machado ME dL. Endodoncia de la Biología a la Técnica Española : Amolca ; 2008.

21. Anexos



UNIVERSIDAD DE IXTLAHUACA CUI

IXTLAHUACA, MEXICO ABRIL DE 2021

Asunto: SOLICITUD PARA PRESTAMO DEL LOCALIZADOR ELECTRICO DE
FORAMEN DE LA UNIVERSIDAD DE IXTLAHUACA CUI

C.D. ELIZABETH SANCHEZ GUTIERREZ
DIRECTORA DE LA LICENCIATURA DE CIRUJANO DENTISTA
DE LA UNIVERSIDAD DE IXTLAHUACA CUI

PRESENTE

Por medio de la presente me dirijo a usted de la manera más atenta, para solicitar su apoyo para préstamo, marca e indicaciones del fabricante de el localizador eléctrico de foramen de la universidad, para la realización de la tesis DETERMINACION DE LA LONGITUD DE TRABAJO EN DIENTES PERMANENTES UNIRRADICULARES EXTRAIDOS, MEDIANTE EL LOCALIZADOR ELECTRICO DE FORAMEN, que se realizara por la PCD. Miriam Sussan González Salinas, de la Universidad de Ixtlahuaca CUI, siendo la asesora de dicho protocolo la C.D.E.E Nancy Aidé Hernández Valdés, así como asesor metodológico E en Ort. y M en CO. Pierre González Díaz.

Quedo a espera de su apoyo para la realización y mejora de este protocoló de tesis, esperando su respuesta.

Sin más por el momento, le agradezco el tiempo y apoyo.

C.D.E.E NANCY AIDE HERNANDEZ VALDEZ P.C.D. MRIAM SUSSAN GONZALEZ SALINAS

