

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA



**ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DE LA PRECISIÓN DE 3
LOCALIZADORES APICALES: ROOT ZX II, E-CONNECT S
EIGHTEETH Y ENDOMATIC WOODPECKER**

**TRABAJO TERMINAL PARA OBTENER EL DIPLOMA DE
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

PRESENTA

C.D. VICTOR KENJI SOLIS ICHIEN

PRESIDENTE

M.O. SALVADOR OLIVARES RODRÍGUEZ

SINODAL

**DRA. DULCE YICEL MAGAÑA
MANCILLAS**

SINODAL

**M.C.S. LUIS HERNÁN CARRILLO
VÁRGUEZ**

SINODAL

DR. JULIO CÉSAR GARCÍA BRIONES

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, B.C. a 21 de Junio de 2021

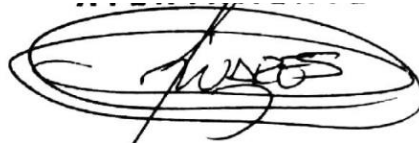
AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DE LA PRECISIÓN DE 3 LOCALIZADORES APICALES: ROOT ZX II, E-CONNECT S EIGHTEETH Y ENDOMATIC WOODPECKER**

Propuesto por el **C.D. VICTOR KENJI SOLIS ICHIEN**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

A T E N T A M E N T E



M.O. SALVADOR OLIVARES RODRÍGUEZ

PRESIDENTE

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, BC a 21 de Junio de 2021

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DE LA PRECISIÓN DE 3 LOCALIZADORES APICALES: ROOT ZX II, E-CONNECT S EIGHTEETH Y ENDOMATIC WOODPECKER**

Propuesto por el **C.D. VICTOR KENJI SOLIS ICHIEN**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE



DRA. DULCE YICEL MAGAÑA MANCILLAS

SINODAL

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, BC a 21 de Junio de 2021

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DE LA PRECISIÓN DE 3 LOCALIZADORES APICALES: ROOT ZX II, E-CONNECT S EIGHTEETH Y ENDOMATIC WOODPECKER**

Propuesto por el **C.D. VICTOR KENJI SOLIS ICHIEN**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE



M.C.S. LUIS HERNÁN CARRILLO VÁRGUEZ

SINODAL

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, BC a 21 de Junio de 2021

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DE LA PRECISIÓN DE 3 LOCALIZADORES APICALES: ROOT ZX II, E-CONNECT S EIGHTEETH Y ENDOMATIC WOODPECKER**

Propuesto por el **C.D. VICTOR KENJI SOLIS ICHIEN**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

A T E N T A M E N T E


DR. JULIO CÉSAR GARCÍA BRIONES

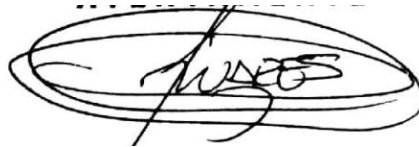
SINODAL

**ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DE LA PRECISIÓN DE 3 LOCALIZADORES
APICALES: ROOT ZX II, E-CONNECT S EIGHTEETH Y ENDOMATIC
WOOPECKER**

PRESENTA

C.D. VICTOR KENJI SOLIS ICHIEN

PRESIDENTE



M.O. SALVADOR OLIVARES RODRÍGUEZ

SINODALES



DRA. DULCE YICEL MAGAÑA MANCILLAS



M.C.S. LUIS HERNÁN CARRILLO VÁRGUEZ



DR. JULIO CÉSAR GARCÍA BRIONES

Tijuana, Baja California, 21 de Junio de 2021

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a Dios por darme la dicha de vivir y disfrutar de mi profesión y el estudio.

A mis padres, David Solis Jusaino y Sonia Akiko Ichien Kumon ya que sin ustedes nada de esto sería posible, gracias a ustedes que siempre me han apoyado en todos mis proyectos y sobre todo confiado en mí en todo momento.

A mi familia. Mis hermanos Yumi Solis Ichien, Masahiro Solis Ichien, Sadaharu Solis Ichien, Sarai Solis Figueroa, gracias por todo el apoyo y darme ánimos en todo momento.

A mi director de tesis, el Dr. Salvador Olivares Rodríguez y Coordinadora del posgrado la Dra. Ana Gabriela Carrillo Várgues por confiar en mí y darme la gran oportunidad de ser parte del posgrado.

A mis asesores de tesis por todo el apoyo brindado durante todo el proyecto.

A mis compañeros de generación por todo el apoyo brindado dentro y fuera del posgrado.

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Quiero darle gracias a **CONACYT** por la beca otorgada con el No 999985.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
LISTA DE ABREVIATURAS	vii
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCIÓN	2
2.1. ENDODONCIA.....	2
<u>2.1.1. Tríada endodóncica</u>	<u>2</u>
2.2. Anatomía del conducto radicular.....	3
2.3. Anatomía apical	4
<u>2.3.1. Constricción apical</u>	<u>4</u>
<u>2.3.2. Foramen apical</u>	<u>5</u>
<u>2.3.3. Forámenes accesorios</u>	<u>5</u>
<u>2.3.4. Unión cemento dentina</u>	<u>6</u>
<u>2.3.5. Ápice anatómico y ápice radiográfico.....</u>	<u>6</u>
2.4. Instrumentación	7
<u>2.4.1 Errores en la instrumentación</u>	<u>8</u>
2.5. Longitud de trabajo	8
<u>2.5.1. Métodos para la toma de la longitud de trabajo</u>	<u>9</u>
2.6. Localizadores apicales electrónicos.....	11
<u>2.6.1. Funcionamiento de los localizadores apicales</u>	<u>12</u>
<u>2.6.2. Clasificación de los localizadores apicales.....</u>	<u>13</u>
<u>2.6.2.1. Primera generación de localizadores apicales</u>	<u>14</u>
<u>2.6.2.2. Segunda generación de localizadores apicales</u>	<u>14</u>
<u>2.6.2.3. Tercera generación de localizadores apicales</u>	<u>15</u>

2.6.2.4. Cuarta generación de localizadores apicales	16
2.6.2.5. Quinta y Sexta generación de localizadores apicales	17
2.7. Partes del localizador apical	17
2.8. Indicaciones y contraindicaciones del uso de localizadores apicales	17
2.8.1. Indicaciones de los localizadores apicales	17
2.8.2. Contraindicaciones de los localizadores apicales	18
2.9. Técnica para el uso de localizadores apicales	18
2.10. LOCALIZADOR APICAL Root ZX II	19
2.11. ENDOMOTORES endodóncicos con localizador apical electrónico incluido	22
2.11.1 Endomotor endodóncico con localizador de ápice integrado E-Connect S (Eighteeth)	22
2.11.2. Endomotor endodóncico con localizador de ápice integrado EndoMatic (WoodPecker)	23
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
IV. JUSTIFICACIÓN	25
V. HIPÓTESIS	26
5.1. HIPÓTESIS NULA (H0)	26
5.2. HIPÓTESIS de trabajo (H1)	26
5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVAS	26
VI. OBJETIVOS	27
6.1. OBJETIVO GENERAL	27
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
VII. VARIABLES	28
7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	28
7.2. VARIABLE DEPENDIENTE	28
7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES	28

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
8.1. TIPO DE ESTUDIO.....	29
8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO	29
8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL	29
8.4. METODOLOGÍA	33
8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	36
IX. RESULTADOS.....	37
X. DISCUSIÓN	40
XI. CONCLUSIONES	42
XII. RECOMENDACIONES	43
XIII. BIBLIOGRAFÍA	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localizadores apicales a evaluar	29
Figura 2. Decoronación de las muestras.	30
Figura 3. Muestras decoronadas y marcadas.....	31
Figura 4. Materiales para el Agar	32
Figura 5. Materiales para la toma de longitud de trabajo	32
Figura 6. Medición Electrónica Root ZX II.....	33
Figura 7. Medición Electrónica E-Connect S	34
Figura 8. Medición Electrónica EndoMatic	34
Figura 9. Utilización de magnificación.	35
Figura 10. Medición del instrumento localizando el foramen mayor y restando 0.5 mm.....	36
Figura 11. Porcentajes de comparación de la medición electrónica de los localizadores Root ZX II, E-Connect S, EndoMatic.....	38
 Tabla 1. Mediciones de la longitud de trabajo electrónica y la longitud de trabajo real.....	 37

LISTA DE ABREVIATURAS

CA: California

CBCT: Cone Beam Computed Tomography

CD: Complejo Cemento Dentina

CDC: Complejo Cemento Dentina Conducto

Cols: Colaboradores

Et al: *Et alii* (y otros)

J: Japón

KHz: Kilohertz

MA: Miliamperio

mm: Milímetros

Ohm: Ohmio

μm: Micrómetro

±: Más/menos

I. RESUMEN

Introducción: Los localizadores apicales electrónicos son utilizados para establecer una longitud de trabajo real y exacta localizando la salida del foramen apical, ayudando a si a realizar tratamientos más predecibles. **Objetivo:** El objetivo de este estudio fue evaluar la precisión de 3 localizadores apicales electrónicos Root ZX II (J. Morita corporation, Tokyo, Japón), E-Connect S (Eighteeth, China), EndoMatic (WoodPecker, China). **Metodología:** En este estudio se usaron 40 dientes unirradiculares se tomaron las medidas con los localizadores apicales electrónicos. La estandarización de la longitud exacta y la medición visual se realizaron bajo el microscopio quirúrgico dental hasta que la punta de la lima tipo K #15 o #10 fue visible del foramen apical mayor y se le resto 0.5 mm. El agar se realizó hirviendo solución de cloruro de sodio, una vez que se encontraba en punto de ebullición se colocó en el refractario de vidrio y se le agrego un sobre de grenetina, una vez tomadas las medidas electrónicas se compararon con la longitud real de cada muestra. **Resultados:** No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la longitud real y las mediciones electrónicas de Root ZX II, E-Connect S y EndoMatic p -valor de .134932, la eficacia de Root ZX II, E-Connect S y EndoMatic en un rango de ± 0.5 mm fue de 97.50 %, 100 %, 95.0 % respectivamente. **Conclusiones:** Todos los aparatos evaluados poseen una alta precisión para determinar una correcta longitud de trabajo.

II. INTRODUCCIÓN

2.1. ENDODONCIA

La endodoncia según la asociación americana de endodoncia la define como el estudio de la morfología, fisiología, patología de la pulpa dentaria y de los tejidos perirradiculares (1). Para poder eliminar la patología de la pulpa dentaria y de los tejidos perirradiculares es necesario realizar un tratamiento del sistema de conductos radiculares, para nosotros como especialistas realizar un tratamiento de conductos correctamente debemos guiarnos de la piedra angular del éxito del tratamiento del sistema de conductos radiculares, llamada tríada endodóncica (2).

2.1.1. Tríada endodóncica

Compuesta por tres principios básicos: desinfección química, preparación biomecánica y el sellado tridimensional del sistema de conductos radicular, llevando a cabo la eliminación completa del tejido pulpar infectado y promoviendo una correcta reparación de los tejidos perirradiculares afectados (3). La limpieza y preparación de los conductos radiculares es una de las fases más importantes del tratamiento de conductos, el principal reto en esta fase es establecer nuestra longitud de trabajo real, si no determinamos una correcta y exacta longitud de trabajo, el conducto no puede ser limpiado ni preparado, con lo cual sería un error realizar la obturación si no se puede realizar un adecuado proceso de desinfección y preparación, además uno de los peores errores cuando los instrumentos de preparación y obturación sobrepasan el conducto radicular es cuando podemos extruir microorganismos del conducto radicular hacia el periodonto provocando una respuesta inflamatoria, ya que el endodóncista no tiene la culpa de las bacterias presentes en la pulpa dentaria ni de los tejidos perirradiculares, pero sí de las bacterias que llevamos al conducto y al periodonto durante el tratamiento endodóncico (2–4).

Cabe resaltar la obligación del especialista en endodoncia el tener conocimiento de la morfología y fisiología completa de la raíz del diente sobre todo de la pulpa dentaria, concentrándonos especialmente en una porción muy compleja como lo es el tercio apical de la raíz del diente, ya que el tercio apical constituye una de las principales consideraciones en la ciencia endodóncica, por lo cual ha requerido mayor atención por parte de los investigadores y clínicos debido a su importancia y complejidad anatómica lo cual nos puede determinar el éxito o fracaso de nuestros tratamientos de conductos (2,3).

2.2. ANATOMÍA DEL CONDUCTO RADICULAR

Sistema de conductos radiculares: Es el espacio completo dentro de la dentina que contiene pulpa se conoce como sistema de conductos radiculares (3). Es la parte de la cavidad pulpar correspondiente a la porción radicular de los dientes (2). El sistema de conductos radiculares se divide en dos porciones: la cámara pulpar, la cual se localiza en la corona anatómica del diente, y el conducto o conductos radiculares los cuales se localizan en la raíz anatómica del diente. El conducto radicular comienza con un orificio en forma de embudo, generalmente en línea cervical o en posición apical respecto a ella y termina en el foramen apical (3).

El conducto radicular está constituido por dos conos unidos por sus vértices: uno largo o conducto dentinario donde se localiza la pulpa dentaria, tiene por límite apical la unión C.D.C. que es la unión cemento dentina conducto y otro conducto muy corto también llamado conducto cementario (2).

El concepto clásico de la anatomía radicular apical se basa en 3 hitos anatómicos e histológicos presentes en la región apical de una raíz dental, constricción apical, unión cemento dentina y el foramen apical (3,5).

Kuttler Y. (1955) fue el primero en mencionar como estaba constituido anatómicamente la región apical de los dientes, el cual está constituido por el ápice radicular, foramen apical de mayor diámetro, constricción apical, unión del cemento y la unión de la dentina (6).

2.3. ANATOMÍA APICAL

2.3.1. Constricción apical

La asociación americana de endodoncia define a la constricción apical como la porción apical del conducto radicular presentando el diámetro más estrecho; cuya posición puede variar, pero generalmente es de 0.5 mm -1.0 mm corto del centro del foramen apical (1).

La constricción apical se considera la parte del conducto radicular con menor diámetro; también es el punto de referencia usado por los clínicos con más frecuencia como terminación apical para la conformación, desinfección y obturación. El dolor postoperatorio se intensifican cuando esa zona es violada y sobre extendida por los instrumentos o materiales de obturación retardando a si el proceso de reparación de los tejidos (3).

La topografía de la constricción apical ha sido objeto de muchas investigaciones, estudios por grandes clínicos reconocidos, pero incluso actualmente teniendo conceptos ya establecidos a base de evidencia científica se discute polémicamente hasta el punto de cuestionar su existencia (7). Con estudio previos y ciencia basada en evidencia se ha propuesto que la constricción apical sea el punto final al cual llegaran todo lo que utilizemos dentro del conducto radicular para realizar nuestro tratamiento de sistema de conductos radicular, Kuttler Y. (1955) realizó diversos estudios donde examino un gran número de porciones apicales, él introdujo el termino de constricción apical el cual catalogo como el punto cercano al foramen apical, en el que el conducto radicular presentaba el diámetro más pequeño (6). Dummer *et al.* (1984) mencionaron que de acuerdo a la posición topográfica de esta constricción apical podemos tener 4 distintos tipos de constricciones apicales: tipo A- constricción tradicional a nivel apical, tipo B- constricción con conicidad, tipo C- múltiples constricciones dentro del conducto radicular, tipo D- constricción paralela que no coincide o termina antes del CDC (8).

Ahora en la actualidad con estudios más recientes y sobre todo lo que ha cambiado el juego en el estudio de la anatomía apical es el uso de micro CT, algo de mucha

importancia que se ha demostrado actualmente gracias a micro CT es la existencia de esta constricción apical y su ubicación, tamaño y forma exacta, se ha demostrado que existe una constricción apical de 0.2 mm a 0.5mm del foramen apical, con un diámetro de un calibre #25, #30, con lo cual gracias a este tipo de estudios sabemos que nuestra longitud de trabajo debe llegar a esta constricción apical y sobre todo respetar su diámetro tamaño y forma (9).

2.3.2. Foramen apical

La asociación americana de endodoncia define al foramen apical como la principal abertura apical del conducto radicular (1). Presenta una circunferencia en forma de túnel, que diferencia la terminación del conducto cementario de la superficie exterior de la raíz, el diámetro del foramen apical se incrementa por la edad por la aposición de nuevas capas de cemento el diámetro del foramen midió 502 μm en los individuos de 18 a 25 años de edad y 681 μm en aquellos con más de 55 años (3).

Algunos estudios como los de Kuttler y Green, han demostrado que el foramen apical no coincide con el foramen anatómico en menos del 50% de los casos, dichas variaciones no se evidencian en la radiografía bidimensional (10). Pinneda y Kuttler (1972) publicaron que solo el 3% de los casos el foramen apical sale al periodonto en línea recta en dirección de la raíz, en el 97% restante el foramen apical tiene una salida lateral (11).

2.3.3. Forámenes accesorios

Durante la formación radicular se presenta una interrupción de la continuidad de la misma por la existencia de vasos sanguíneos, lo cual produce una brecha a los cuales se les conoce como conductos accesorios, se ha demostrado con literatura que pueden ser una pequeña comunicación entre el periodonto y el sistema de conductos radicular a nivel apical se conocen como deltas apicales, y estos pueden tener su propia salida de foramen por eso son llamados forámenes accesorios (3,4,7).

2.3.4. Unión cemento dentina

Región donde se unen la dentina y el cemento, se considera el punto en el cual termina la superficie de cemento en el vértice de un diente, Weine (1982) sugirió instrumentación y obturación a la unión C.D., que él creía que era ubicado al mismo nivel que la constricción apical lo cual se sabe que muchas de las veces varia su ubicación (12).

La unión cemento dentina U.C.D. es el punto del conducto donde el cemento se une con la dentina también es el punto donde termina el tejido pulpar y comienza el tejido periodontal, su localización es variable y no coincide en la mayoría de las veces con la constricción apical (3).

Determinar con la mayor exactitud posible la longitud de trabajo de nuestros conductos radiculares es uno de los pasos más fundamentales de la terapia endodóntica, ya que de esta dependerán las siguientes etapas del desarrollo de nuestro tratamiento de conductos, la instrumentación que es uno de los pasos más importantes del tratamiento de conductos se menciona que en nuestra longitud de trabajo la extensión apical debe ser hasta la unión cemento-dentina que se encuentra aproximadamente 0.5 mm del foramen apical algunos autores como Langeland (1969), afirma que la unión cemento dentinaria no siempre coincide con la constricción apical con lo cual es variable y su detección radiográfica es relativa (8,13,14).

2.3.5. Ápice anatómico y ápice radiográfico

Ápice anatómico: es el extremo de la raíz determinado por la anatomía y morfología del diente.

Ápice radiográfico: es el extremo de la raíz determinado por la radiografía.

El Ayouti *et al.* (2005) concluyeron que la evaluación radiográfica no era suficientemente exacta y podrías causar sobre instrumentación (15).

2.4. INSTRUMENTACIÓN

Se dispone una gran amplia gama de estrategias posibles a la hora de eliminar el contenido afectado por microorganismos del sistema de conductos radiculares, con lo cual podremos erradicar la infección del sistema de conductos. Debemos señalar que el clínico debe tener en cuenta que todos los instrumentos a utilizar dentro del sistema de conductos radicular, tienen sus puntos fuertes y sus puntos débiles. El clínico que utilizara estos instrumentos debe llevar un entrenamiento adecuado para su uso clínico, sean limas manuales o instrumentos rotatorios, mencionar que debe adquirir conocimiento y experiencia de las propiedades de manipulación, la seguridad de uso, conocer acerca de los resultados publicados a base de evidencia científica de los instrumentos. El termino de limpieza y conformación describe con exactitud los procedimientos biomecánicos y químicos que se realizaran dentro del sistema de conductos radiculares, este término refleja el hecho de que los conductos trabajados y ensanchados por estos instrumentos facilitaran la entrada de los irrigantes, además de ayudar a dirigir estos irrigantes que propiciarán a la desinfección del sistema de conductos hasta nuestra longitud de trabajo real establecida. Un objetivo importante en la instrumentación es incluir completamente los conductos originales en la preparación, respetando siempre su anatomía original, lo que significa que todas las superficies del conducto radicular deben prepararse mecánicamente (3,16,17).

Dos elementos de suma importancia antes de iniciar la instrumentación son el calibre apical y el límite apical. La doctrina tradicional ha mantenido que la preparación del sistema de conductos radiculares, y la obturación tridimensional deben terminar en la constricción apical. Algunos autores han propuesto sobre todo en dientes con necrosis pulpar terminar la preparación de 0.5 mm a 1 mm del ápice radiográfico y en dientes vitales de 1 mm a 2 mm, a si la preparación debe limitarse al interior del conducto radicular no más allá del mismo por lo cual se ha recomendado llegar hasta la constricción apical. Por lo que se debe tomar una correcta longitud de trabajo real para evitar cualquier inconveniente a la hora de realizar un tratamiento de conductos. (3,12,18).

2.4.1 Errores en la instrumentación

Los principales errores a la hora de realizar nuestra instrumentación recalcando la importancia de este paso ya que va de la mano y depende totalmente de nuestra longitud de trabajo real la cual debe ser tomada con los métodos establecidos a base de evidencia científica. La instrumentación a longitudes más cortas puede propiciar a la acumulación y retención de detritos y limalla dentinaria, también puede conducir a formar un bloqueo apical el cual estará formado por dentina infectada por bacterias residuales dentro del tercio apical, esto es bastante grave, debido a que representa una causa importante de periodontitis apical. Otro error que podemos realizar contraria a trabajar a longitudes cortas es extruir detritos contaminados a través del foramen, también en caso de sobre extendernos en nuestra longitud de trabajo existe un riesgo de extruir agentes irrigantes y material de obturación provocando una respuesta inflamatoria y disminuyendo el mecanismo de reparación de tejidos perirradiculares. Cuando ocurre un error como estos el pronóstico es indeterminado y el porcentaje de éxito puede disminuir considerablemente (3,19–21).

2.5. LONGITUD DE TRABAJO

La asociación americana de endodoncia define longitud de trabajo a la distancia desde un punto de referencia coronal bien establecido, al punto de la preparación del conducto donde terminara la obturación (1). La longitud de trabajo es la pieza clave de nuestro tratamiento de conducto, incluso se sugiere hacer ciertos desgastes en cúspides para siempre tener nuestro punto de partida o punto de referencia bien establecido y sin modificaciones durante nuestra instrumentación, irrigación y obturación (22).

Se debe respetar siempre la longitud de trabajo para no invadir estructuras que no debemos tocar con nuestros instrumentos, líquidos de irrigación, medicamentos o materiales de obturación que, como mínimo, empeoran el postoperatorio. El periodonto, el cual es rico en vascularización, empieza su reaparición en cuanto se retiren los irritantes del interior del sistema de conductos radicular, los cuales actúan como cuerpos extraños al periodonto. Debemos de trabajar procurando sacar la materia orgánica e

inorgánica del interior del conducto sin ser expulsada hacia el periodonto. Aun empleando las mejores técnicas de modo minucioso, es imposible impedir la extrusión de parte del contenido del conducto a través de foramen apical (4,23).

2.5.1. Métodos para la toma de la longitud de trabajo

Existen diversos métodos para determinar la longitud de trabajo, entre lo más conocidos están:

- Sensación táctil
- Radiografía preoperatoria
- Puntas de papel
- Localización electrónica

2.5.1.1. Técnica sensación táctil: el cual se decía que la lima era una extensión del cuerpo para localizar la salida del foramen apical, se tomaba la medida de esta longitud y se le restaban 0.5 mm simulando la localización de esta constricción apical el problema con esta técnica se menciona que es una técnica muy dolorosa ya que no se le colocaba anestesia al paciente para poder sentir con nuestra lima la salida del foramen apical (2).

2.5.1.2. Técnica radiografía preoperatoria: el método de Ingle que es la evaluación radiografía el cual consta de tener una radiografía preoperatoria adecuada, se tomaba un parámetro de nuestra longitud aparente teniendo conocimiento del promedio de la longitud de trabajo del diente al que se le realizara el tratamiento de conductos, se coloca una regla milimétrica sobre la radiografía preoperatoria para medir cual será la distancia entre el borde incisal o cúspide hasta el ápice radiográfico y se le restaba 0.5 mm (2,4).

2.5.1.3. Técnica con puntas de papel: lo que se realizaba en esta técnica era utilizar puntas de papel calibradas con lo cual se tenía que observar un sangrado en la punta de papel y se le restaba lo que salía pigmentado con sangre o restaba 0.5 mm para obtener la longitud de trabajo aparente, cuando la punta de papel se sale del periodonto se crea

un excesivo sangrado que humedecía y pigmentaba la punta de papel, si la punta de papel no sale pigmentada con sangre significa que estamos cortos de longitud, esta técnica se sugiere en ápices abiertos y forámenes abiertos, a un que es muy poco utilizada (24).

Recordar que existe una diferencia entre la longitud de trabajo aparente con la longitud de trabajo real, a un que nosotros tengamos un aproximado de acuerdo a la literatura no es lo mismo la longitud de trabajo radiográfica lo cual es una longitud de trabajo aparente, como lo es donde en realidad termina el conducto radicular lo cual sería nuestra longitud de trabajo fisiológica o real, muchas veces se busca que nuestra longitud de trabajo llegue hasta el límite radiográfico, pero se sabe que puede existir una variación de la salida del foramen apical la cual no sale en línea recta a la raíz, sino que tiene salida o múltiples salidas laterales (7).

Gracias a los avances tecnológicos con la radiografía digital que cuentan con una aplicación con la cual se puede tomar una medición aparente llamada conductometría aparente o longitud de trabajo aparente y la manera más exacta hasta el día de hoy es la utilización de aparatos electrónicos como son los localizadores apicales electrónicos recordar que aunque sean muy exactos estos aparatos electrónicos, siempre debemos asegurarnos y corroborar con una radiografía para tener nuestra longitud de trabajo real (25).

La longitud de trabajo a un debe determinarse clínicamente mediante el uso del localizador apical y las mediciones se deben confirmar con la radiografía (26).

2.5.1.4. Utilización radiografía digital: desde la introducción de la radiografía digital por Thropy en 1987, su uso en endodoncia ha ido en aumento debido a que nos muestra imágenes instantáneas a la hora de tomar radiografías orales, durante la determinación de la longitud de trabajo este posee un dispositivo de carga dentro de un sensor intraoral que produce una imagen digital inmediata ya que este se encuentra conectado a un monitor o computadora, des pues de una exposición de aproximadamente el 50% o menos de la radiación requerida con la radiografía convencional, este tipo de herramientas nos permite almacenar, mejorar y guardar en el historial del paciente y en

nuestra computadora. Presenta una gran ventaja en comparación de la radiografía convencional debido a su rapidez de adquisición de la imagen que es prácticamente instantánea, la reducción de la radiación tanto para el operador como para el paciente, y la posibilidad de mejorar o editar la imagen, contrastes y calidad de la radiografía (27,28).

2.5.1.5. Localización electrónica: para la utilización de esta técnica nos ayudamos hoy en día de aparatos electrónicos para tomar nuestra longitud de trabajo, los cuales llamamos localizadores apicales. La asociación americana de endodóncia define a estos aparatos como instrumento electrónico que se utiliza para ayudar a determinar la longitud de trabajo del conducto radicular o algún tipo de perforación, el cual opera sobre los principios de resistencia, frecuencia o impedancia (1,28).

2.6. LOCALIZADORES APICALES ELECTRÓNICOS

El éxito de tratamiento del sistema de conductos radicular depende de la eliminación completa del tejido pulpar infectado, material necrótico y microorganismos patógenos que se encuentran dentro del sistema de conductos radicular, recordando que una vez eliminando el contenido bacteriano del sistema de conductos radicular se va a permitir una recuperación de los tejidos perirradiculares (29). Por lo tanto, determinar una longitud de trabajo precisa es uno de los pasos más importante de la terapia endodóncia, se han utilizado varios métodos para tomar la longitud de trabajo, hasta la fecha las radiografías son el método más utilizado, pero la técnica de utilizar solamente radiografía bidimensional es altamente sensible al error (30,31). Las radiografías están sujetas a distorsión con lo cual es muy fácil equivocarse a la hora de tomar nuestra longitud de trabajo con este método. Para nosotros realizar un tratamiento predecible hacia el éxito debemos utilizar la tecnología que hoy en día nos ha hecho no solo más fácil y ágil nuestros tratamientos si no más exactos y predecibles como antes mencionado, estos recursos tecnológicos nos han ayudado a lograr muchos objetivos dentro del tratamiento de conductos. Ya con los conocimientos anatómicos que nos dan los estudios con micro CT, CBCT, y aditamentos como es el localizador apical, sabemos que el foramen apical muchas veces no coincide con el vértice radiográfico (32).

El uso de dispositivos electrónicos para la determinación de la longitud de trabajo fue propuesto por Custer (1918), ya que fue el primero en plantear la idea que con el uso de la conductividad eléctrica podíamos tomar o determinar la longitud del conducto radicular utilizando un circuito eléctrico que pasa a través del conducto radicular y los tejidos orales del paciente para determinar la ubicación del foramen apical (33,34).

El primer localizador de ápice electrónico se desarrolló después de la investigación de Suzuki (1942), el cual reporto un dispositivo que media la resistencia eléctrica entre el ligamento periodontal y la mucosa oral, utilizando una corriente eléctrica en dientes de perros y describió un dispositivo que era capaz de medir la resistencia eléctrica entre el ligamento periodontal y la cavidad oral. Sunada (1962), llevo una serie de experimentos in vivo, hablo acerca de la resistencia eléctrica entre la mucosa y el periodonto fue constante sin importar la edad del paciente ni la morfología del diente, lo aplico clínicamente y diseño un dispositivo eléctrico para comparar la resistencia eléctrica del interior del conducto y la mucosa oral de los pacientes. Después de todos estos datos el hecho de tener dos electrodos no ofrece un resultado de donde se ubica el conducto radicular.(25,34,35).

Inoue (1973), incorpora el uso de componentes audimétricos lo cual permite al operador relacionarse con la profundidad del conducto a través de sonidos.(36). Huang (1987), informo que este principio no es biológico sino un principio físico (37). Después de 1980, todos los localizadores empiezan a trabajar por impedancia el tipo de impedancia que utiliza el mecanismo electrónico, donde la mayor impedancia se localiza en la constricción apical (34,38).

2.6.1. Funcionamiento de los localizadores apicales

Lo que hacen estos localizadores apicales, es que crean una corriente eléctrica que se equilibra mientras está colocado un electrodo con un clip al cuerpo del paciente en este caso la mejilla o el labio del paciente, y en el otro electrodo el instrumento vamos introduciendo el instrumento dentro del conducto, cuando la lima toca ligamento periodontal, nos indica que estamos fuera del foramen apical y nos lo indica por medio

visual y audimétrico (25,39,40). Estos localizadores de ápice emiten una corriente alterna hacia el conducto radicular luego detectan la impedancia entre el tejido apical y la mucosa bucal.

Tanto la impedancia como resistencia miden la dificultad de la electricidad para atravesar un material, la resistencia guarda relación con una corriente directa estable, y la impedancia este es relacionado con la corriente alterna, la cual tomara en cuenta factores como capacitancia, inductancia y la frecuencia. El tejido blando como es la mucosa oral conduce la electricidad con una gran facilidad, por otra parte, los tejidos duros dentales tienden a oponerse al paso de la corriente eléctrica. Entonces la manera en que estos aparatos electrónicos funcionan es la impedancia eléctrica entre un electrodo que establece contacto en el tejido del tercio apical, y otro que está adherido a la mucosa oral, el cual sería la impedancia entre la punta de la lima y la mucosa labial utilizando el valor calculado el ápice es detectado (38,41–43).

2.6.2. Clasificación de los localizadores apicales

Desde la primera introducción del primer localizador apical de Sunada, ha experimentado muchas mejorías gracias a la evidencia científica, con lo cual se ha logrado una mayor precisión y menos errores a la hora de tomar la longitud de trabajo, y en la localización del foramen apical, optimizando del tiempo del operador, realizando procedimientos más ágiles y rápidos, a un que existen muchas generaciones de localizadores apicales electrónicos disponibles para el uso de la práctica clínica, Root ZX se ha convertido en el punto de referencia con cual se comparan otros localizadores apicales, la precisión del localizador apical Root ZX, se ha puesto a prueba exhaustivamente tanto en estudios in vitro como en estudios in vivo, ya que Root ZX ha demostrado tener un porcentaje de éxito en la localización de la constricción apical entre un 90% a 100% (30).

Presentando toda la evolución de los localizadores apicales electrónicos desde la primera generación hasta la 5ta y 6ta generación de localizadores apicales.

2.6.2.1. Primera generación de localizadores apicales

Los localizadores apicales de primera generación tenían una resistencia de 6.5 kilo ohms lo que significaba que median la oposición al paso de la corriente directa, estos localizadores desafortunadamente trabajaban por resistencia más no por impedancia, además tenían una gran desventaja que solo trabajaban en conductos secos, cuando el instrumento era colocado dentro del conducto radicular y este tocaba el vértice del conducto tenía un corriente de 40 mA, con lo cual el paciente se quejaba de molestias y de dolor debido al paso de corriente generado por el aparato, al trabajar por el principio de resistencia eléctrica, arrojaban a menudo mediciones erróneas cuando los conductos estaban llenos de soluciones irrigantes, sangre o tejido pulpar (42).

Entre los localizadores de primera generación que se podían adquirir y que podemos mencionar son:

- Root Canal Meter (Onuki medical, Tokyo Japón) el cual se desarrolló y se utilizó en 1969.
- Dentometer (Dahlin Eletromedicine, Copehagen Dinamarca)
- Endo Radar (Liarre electronic, Imola Italia)

2.6.2.2. Segunda generación de localizadores apicales

Los localizadores de segunda generación estos localizadores eran de tipo impedancia y se empezaron a utilizar a finales de 1980, antes que nada, debemos entender la definición de impedancia, la cual se define como la oposición que muestran los materiales biológicos al paso de una corriente eléctrica, este tipo de localizadores apicales también solo se utilizaban en conductos secos, a la relación que existe entre corriente y tensión la podemos resumir como impedancia. El cambio en el método para medir la frecuencia fue desarrollado por Inoue (1971), utilizando este nuevo sistema introdujo en el mercado al localizador apical, Sono Explorer (Hayashi Dental Supli, Tokio Japón), este aparato producía sonidos audiométricos (beep) conforme el instrumento se

acercaba al foramen apical debido a esto muchos clínicos pensaban que la longitud de trabajo era medida por ondas acústicas, después se lanzó Sono Explorer MK III (Hayashi Dental, Tokio Japón) el cual utilizaba un instrumento parecido a una aguja para indicar dónde estaba el foramen.(36). Ushiyama (1983), propuso el uso de un electrodo bipolar concéntrico el cual media la densidad de la corriente emitida en un área específica del conducto, el potencial máximo que alcanzaba era cuando el electrodo localizaba la constricción apical (44).

Hasegawa *et al.* (1986) introdujeron al mercado un localizador apical de alta frecuencia, Endocater con una frecuencia (400kHz), el cual constaba de un electrodo conectado a la silla dental y una sonda exploradora cubierta con un material aislante, el problema era que la sonda la cual se introducía dentro de los conductos radiculares era de un diámetro muy grande y no se podía introducir en conductos estrechos (45).

2.6.2.3. Tercera generación de localizadores apicales

Estos localizadores apicales, también trabajaban por impedancia incluso se fueron aumentando las frecuencias con lo cual se llamaron de doble impedancia, estos aparecen a principios de 1990, Yamashita describió este dispositivo de doble impedancia y fue comercializado como el Endex, el cual fue la base del localizador apical Root ZX, este tipo de localizadores miden las diferencias de impedancia entre frecuencias altas cuando la lima va entrando al conducto radicular esta frecuencia aumenta y alcanza su valor máximo a nivel del CDC (30).

Para lograr entender este principio debemos entender que en condiciones normales facilita el flujo de corriente alterna, en mayor magnitud por lo que al transmitir dos corrientes a través del tejido se impedirá con mayor magnitud el paso de la corriente de menor frecuencia, esto significa que cuando la lima cambia de posición dentro del conducto radicular las impedancias que ofrece el circuito a las corrientes de diferente frecuencia cambiarán entre sí, este es el principio de este tipo de localizadores apicales (2).

Debemos recalcar que lo que mide estos aparatos es la impedancia más no la frecuencia, el primer localizador de tercera generación fue Endex (Osada Electric Company, Los Angeles California) este fue el primer localizador de tercera generación que fue introducido en el mercado, utiliza una corriente alterna muy baja, la señales de dos frecuencias, se aplican como una onda la cual está compuesta de ambas frecuencias, mientras el instrumento avanza hacia el foramen apical la diferencia entre los valores de impedancia comienzan a modificarse, cuando localiza la constricción apical los valores de impedancia se encuentran en su máxima diferencia (2).

Kobayashi (1991), quiso evitar las falsas lecturas que arrojaban los localizadores apicales debido a los electrolitos presentes dentro del conducto radicular, por lo cual introdujo al mercado el localizador apical Root ZX (J. Morita, Tokyo Japón) basándose en los principios de frecuencia de doble impedancia. También demostró que la determinación electrónica de la longitud de trabajo no se encuentra influenciada por el calibre del instrumento (30).

Root ZX se le incorporo una pieza de mano para determinar la longitud de trabajo en los casos que se utilicen limas rotatorias, comercialmente se puede adquirir como Tri Auto ZX, y Dentaport ZX, se menciona que tiene una exactitud similar al Root ZX el cual es del 95% para la localización de la constricción apical (30).

2.6.2.4. Cuarta generación de localizadores apicales

Aquí también se trabajaba por impedancia, pero con diferentes frecuencias con 5 frecuencias, pero también se tenía que trabajar en conductos secos, estos a diferencia de los de la tercera generación no utiliza filtros para separar las frecuencias que va a prevenir los ruidos y también los hace más exactos. En 2003 se introdujo Elements Diagnostic Unit and Apex Locator (SybronEndo, Anaheim, CA, USA), el cual es un aparato que tiene vitalómetro pulpar y localizador apical integrado este tipo de aparatos lo que hace es medir los valores de resistencia y capacitancia los comparaba en una base de datos a si era como determinaba la distancia a la que se encuentra un instrumento del foramen apical (25,30).

2.6.2.5. Quinta y Sexta generación de localizadores apicales

A partir de la quinta y sexta generación que los conductos estén húmedos ya no es un problema se pueden tomar la longitud y trabajar con exactitud, además si existe algún caso con edema y exudado purulento también se puede utilizar ya que no existe ninguna contraindicación, hasta la actualidad estos localizadores son los más exactos, generalmente el localizador apical más estudiado es el Root ZX y el más actual el Root ZX II (46,47).

2.7. PARTES DEL LOCALIZADOR APICAL

- a) Clip labial
- b) Clip para la lima
- c) Instrumento propiamente dicho
- d) Cable y circuito que conecta estas tres partes
- e) Una pantalla señala el avance de la lima hacia el ápice

2.8. INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES DEL USO DE LOCALIZADORES APICALES

2.8.1. Indicaciones de los localizadores apicales

- Se puede utilizar relativamente en todos los pacientes y todos los casos para nuestros tratamientos de conductos
- Pacientes embarazadas para evitar mayor radiación

- Interferencia de zonas anatómicas en la ubicación de ápices
- Sobre posición de raíces
- Densidad de hueso excesiva
- Detección de perforaciones
- Comunicaciones entre la raíz del diente y el ligamento periodontal
- Pacientes con enfermedad de Parkinson (que no puedan sostener la radiografía).
- Pacientes discapacitados
- Pacientes que requieran sedación

2.8.2. Contraindicaciones de los localizadores apicales

- Ciertos tipos de localizadores no se recomiendan utilizarse en pacientes con marcapasos, ya que pueden provocar interferencia electromagnética
- Localizador puede hacer interferencia con restauraciones metálicas
- Conductos calcificados, por la morfología a veces nos puede dar un resultado erróneo
- Ausencia de patencia y acumulaciones de tejido necrótico en los conductos puede ser un impedimento para establecer nuestra longitud de trabajo

2.9. TÉCNICA PARA EL USO DE LOCALIZADORES APICALES

- a) Colocar el clip en el labio del paciente
- b) Preensanchamiento del tercio cervical y medio para una toma más exacta de la longitud de trabajo

- c) Irrigación del conducto
- d) Colocar la lima patencia dentro del conducto radicular, de preferencia un diámetro pequeño calibre #10 o #15
- e) Colocar el electrodo (gancho) en el vástago de la lima endodónica
- f) Debe aparecer en la pantalla del aparato electrónico la lectura por medio de barras que indican a que distancia estamos del foramen apical y se muestra que va desde el número 3 al 0
- g) Llevar la lima suavemente hacia el tercio apical hasta que la pantalla marque de manera exacta que estamos al límite del C.D.C.
- h) Ajustamos el tope de la lima al punto de referencia y retiramos el electrodo del vástago de la lima
- i) Retiramos la lima patencia del conducto radicular y registramos nuestra medida con regla milimétrica bien calibrada
- j) Retiramos el clip del labio del paciente, y volvemos a introducir la lima, en el conducto para la verificación radiográfica.

2.10. LOCALIZADOR APICAL ROOT ZX II

El Root ZX es el “estándar de oro” ya que es el parámetro de comparación de otros localizadores apicales, diversos estudios han demostrado que tiene una exactitud del 90% para localizarse a 0.5 mm del foramen apical, mientras que otros estudios mencionan que tiene una exactitud del 100% cuando se aceptan de valores de 1 mm respecto a la constricción apical (30,32,34,46).

Root ZX II funciona con los mismos principios que Root ZX con lo cual podemos utilizar estudios con Root ZX. Plotino y cols. (2006) realizaron un estudio in vivo para determinar la exactitud de tres localizadores apicales los cuales fueron, Root ZX, Elements Diagnostic Unit and ápex locator y Propex, los resultados de este estudio concluyeron

que los 3 localizadores apicales determinaban una longitud con (+- 0.5 mm) de la constricción apical (48).

Goldberg y cols. (2005) evaluaron en un estudio in vitro la eficacia de tres localizadores apicales para determinar la longitud de trabajo en dientes previamente tratados (retratamientos), en este estudio evaluaron Propex, NovApex y Root ZX, los resultados de este estudio se demostraron localizar con exactitud la distancia 0.5 mm del foramen apical, Propex en 80%, NovApex 85% y Root ZX 90% de las veces, y 1 mm en Propex 95%, NovApex 95% y Root ZX 100% (49).

ElAyouti y cols. (2005), realizaron un estudio donde evaluaron la exactitud de tres localizadores apicales Root ZX, Raypex 4 y Apex Pointer, en este estudio, se le realizó tratamientos de conductos a 90 dientes posteriores extraídos, se prepararon en apical a un calibre #40, y se obturaron con gutapercha y cemento sellador, utilizaron instrumentos rotatorios Hero para la remoción de la gutapercha, ensanchando el término apical a calibres de #50 a #90. Los resultados de este estudio a un estandar la terminación apical a calibres mayores los localizadores apicales puestos a prueba tuvieron una exactitud del término apical de 1 mm, Root ZX 90%, Raypex 4 74%, Apex Pointer 71%, al utilizar Root ZX no hubo errores de sobre instrumentación, en cambio Raypex 4 y Apex Pointer presentaron sobre instrumentación en 8 de los 182 conductos trabajados (15).

Se han desarrollado versiones modificadas de Root ZX, incluido el Root ZX mini (J Morita) funciona de la misma manera que Root ZX, pero este tiene un tamaño más compacto, la precisión de este localizador ha sido reportado de un 95% de exactitud (50).

Hoy en día la versión más nueva del Root ZX, es el Root ZX II (J MORITA) el cual funciona con el mismo principio del Root ZX, el cual ha sido objeto de varios estudios mostrando un alto nivel de exactitud y confiabilidad, este también de impedancia para medir la ubicación dentro del conducto radicular, también cuenta con microprocesadores más potentes y es capaz de procesar el cociente matemático, cálculos de algoritmos necesarios para dar resultados más precisos dentro del conducto radicular(30,46,51).

Serna Peña y cols. (2020) realizó un estudio in vivo en el cual evaluó la exactitud de tres localizadores apicales, Root ZX mini, Apex ID, Propex Pixi, en el cual los dientes fueron evaluados para extracción por motivos ortodóncicos, protésicos y periodontales, en el cual después de ser anestesiado el paciente, se colocó el dique de goma, se tomaron las medidas con los localizadores apicales, y se procedió a realizar las extracciones, pasaron por un proceso de desinfección y se volvió a tomar la medida de manera in vitro, en el cual los resultados que presentaron en este estudio fueron para localizar una posición a 0.5 mm del foramen apical. La precisión del Root ZX mini en el establecimiento de la longitud de trabajo fue del 83,33% hasta ± 0.5 mm y 100% hasta 1 mm. La precisión de Propex Pixi en establecer la longitud de trabajo fue el 83.33% del tiempo a ± 0.5 mm y 89.99% del tiempo a ± 1 mm. La precisión de la identificación de Apex para establecer la longitud de trabajo fue el 80% del tiempo a ± 0.5 mm y 96,66% del tiempo a ± 1 mm, en conclusión los 3 aparatos evaluados localizaron con exactitud la longitud para determinar una posición a 0.5 mm respecto al foramen apical (25).

Root ZX II calcula simultáneamente la relación de dos impedancias en el mismo canal usando dos frecuencias diferentes (8 KHz y 0.4 KHz). A un sabiendo la exactitud de este tipo de localizador apical muchos autores hacen hincapié en restar 0.5 mm para reducir la sobreestimación de la longitud de trabajo (52–55).

En dientes que presentan una periodontitis apical pueden presentar etapas progresivas de inflamación, incluso presentar reabsorciones de los tejidos perirradiculares y del diente, provocando una deformación de los diámetros de la zona apical, los problemas que puede ocasionar esto son desviaciones del foramen apical, distorsión parcial o completa de la constricción apical arrojándonos lecturas erróneas de la longitud de trabajo. Lo que significa que los dientes que presentan un cuadro de periodontitis apical tienen mayor dificultad a la hora de la toma de la longitud de trabajo. Root ZX II ha demostrado ser capaz de precisar lecturas en presencia de diversos contenidos dentro del conducto radicular, diversos estudios han evaluado este tipo de localizador apical en dientes con anatomía apical alterada. Piasecki *et al.* (2011) realizó estudios con Root ZX II para localizar el foramen apical en dientes con periodontitis apical, con el cual el foramen apical se localizó con precisión en un rango de 0.5 mm en el 83% en dientes

con deformaciones apicales por periodontitis apical, con lo cual este dispositivo fue preciso incluso en dientes con deformaciones apicales y reabsorciones (56) .

2.11. ENDOMOTORES ENDODÓNCICOS CON LOCALIZADOR APICAL ELECTRÓNICO INCLUIDO

Estos dispositivos híbridos no solo tienen el control de torque y velocidad, sino también apuntan a monitorear y mantener el límite apical durante la conformación mecánica de los conductos radiculares incluso con los instrumentos rotatorios en función. Ya que consta de una función la cual se llama función de reversa apical automática la cual automáticamente detiene la rotación del instrumento al llegar a la longitud marcada en el aparato, el cual hace que el instrumento se detenga y gire en sentido contrario para que no siga avanzando, esta función se puede configurar a 0.5 mm ya que corresponde a la localización de la constricción apical y la marca APEX corresponde a la punta de la lima en el foramen apical. Esto es logrado ya que tiene aditamentos que lo hacen localizador apical electrónico y pueden ser usados simultáneamente.(57).

2.11.1 Endomotor endodóncico con localizador de ápice integrado E-Connect S (Eighteeth)

E-Connect S (Eighteeth, China), el cual es basado en multi frecuencia con alta precisión, puede funcionar como localizador apical independiente, pieza de mano de baja velocidad independiente, y como motor endodóncico (57). Gracias a investigaciones anteriores y sobre todo con evidencia científica y pruebas in vitro y ex vivo se ha podido lograr con más precisión la ubicación de la constricción apical con el uso de la determinación electrónica de la longitud de trabajo, esto se debe en gran medida a la deficiencia de los métodos auxiliares de diagnóstico convencionales como es la radiografía bidimensional, a esto sumarle que se ha demostrado que el foramen apical no concuerda con el ápice radiográfico se desarrolló una nueva alternativa con más exactitud para la obtención de la longitud de trabajo (58).

2.11.2. Endomotor endodónico con localizador de ápice integrado EndoMatic (WoodPecker)

EndoMotor inalámbrico con determinación de longitud combinada, esta característica hace que el tratamiento de conductos es más seguro, la posición de la lima se muestra en la pantalla de visualización, el endomotor deja de girar después gira en sentido contrario tan pronto la punta de la lima alcanza el punto apical. Este endo motor tiene la opción de iniciar automáticamente cuando se inserta la lima en el conducto radicular y se detiene automáticamente cuando esta fuera del conducto. Posee un contra ángulo de plástico de aislamiento superficial por lo tanto cuando el endomotor y el localizador apical se utilizan juntos, no hay necesidad de usar una funda de silicona se pueden usar simultáneamente el endomotor con el localizador apical dando una lectura exacta de cómo avanza el instrumento dentro del conducto. El plástico especial de grado aeronáutico permite esterilizar en autoclave el contra ángulo para evitar infecciones cruzadas(59).

Con lo cual el uso de localizadores apicales electrónicos se ha convertido en una herramienta indispensable para realizar una correcta terapia pulpar, con la cualidad de ser exactos en la obtención de la longitud de trabajo real, además sabemos que la tecnología avanza a pasos agigantados y falta evidencia científica de estos nuevos aparatos electrónicos que son motores endodónicos con localizador de ápice integrado, es por eso que en esta tesis se investiga la exactitud de tres localizadores apicales: Root ZX II, E-Connect S (Eighteeth), EndoMatic (Woodpecker).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante la búsqueda del sistema de conductos se pueden presentar diversas anatomías respecto a la localización del complejo dentino cementario. Cuando hay variaciones y el localizador no es tan exacto con lo cual se pueden sufrir accidentes a la hora de instrumentar en cuanto a la longitud de trabajo real del conducto.

Es importante corroborar con radiografías la localización y longitud del conducto para realizar un tratamiento de conductos más predecible.

Por lo que nos planteamos la siguiente pregunta: ¿Cuál de los 3 localizadores de ápice ROOT ZX II, E-CONNECT S LOCALIZADOR APICAL Y ENDOMATIC LOCALIZADOR APICAL es más exacto para establecer la longitud de trabajo?

IV. JUSTIFICACIÓN

No existe una investigación en la que se compare la exactitud de estos tres aparatos electrónicos para determinar la longitud de trabajo real.

La longitud de trabajo es un dato muy importante para la preparación biomecánica, desinfección química y obturación tridimensional por lo que determinar con la mayor exactitud posible nuestra longitud de trabajo es de suma importancia para el éxito o fracaso de nuestro tratamiento de conductos. La radiografía convencional ha sido el método más utilizado para la determinación de la longitud de trabajo sin embargo debemos recordar que nos da solamente una vista bidimensional.

Por lo que resulta de gran importancia el conocer cuál de estos aparatos Root ZX II, E-Connect S y EndoMatic es más preciso y exacto para determinar la longitud de trabajo real, además de conocer qué nivel de exactitud maneja cada uno de estos aparatos, verificando la utilización del aparato más preciso logrando así agilizar nuestros tratamientos de conductos.

V. HIPÓTESIS

5.1. HIPÓTESIS NULA (H0)

Los localizadores apicales: (Root ZX II), (E-Connect S) localizador apical y (EndoMatic) localizador apical no son precisos en la determinación de la longitud de trabajo real.

5.2. HIPÓTESIS DE TRABAJO (H1)

Los localizadores apicales: (Root ZX II), (E-Connect S) localizador apical y (EndoMatic) localizador apical son precisos en la determinación de la longitud de trabajo real.

5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVAS

- A. **H2.** Root ZX II es más preciso que los localizadores E- Connect S y EndoMatic en la determinación de la longitud de trabajo real.
- B. **H3.** E-Connect S es más preciso que los localizadores Root ZX II y EndoMatic en la determinación de la longitud de trabajo real.
- C. **H4.** EndoMatic localizador apical es más preciso que E-Connect S y Root ZX II, en la determinación de longitud de trabajo real.

VI. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la eficacia y exactitud al obtener la longitud de trabajo real de diferentes localizadores apicales electrónicos.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- A. Valorar la exactitud en la toma de la longitud de trabajo real del localizador apical Root ZX II.
- B. Valorar la exactitud en la toma de la longitud de trabajo real del endomotor con localizador apical EndoMatic.
- C. Valorar exactitud en la toma de la longitud de trabajo real del endomotor con localizador apical E-Connect S

VII. VARIABLES

7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Localizadores apical electrónicos

7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Exactitud de los localizadores apicales electrónicos

7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES

Para determinar qué tan precisos resultan estos aparatos en la determinación de la longitud de trabajo real, se tomará como longitud exacta la muestra utilizando un instrumento manual introduciéndolo dentro del conducto y observando su salida por el foramen apical y restando 0.5 mm de esta longitud, utilizando microscopio dental para mayor exactitud. Se compararán los resultados de los aparatos a evaluar con la medición exacta.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. TIPO DE ESTUDIO

Estudio experimental

8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO

Dientes unirradiculares anteriores superiores e inferiores

8.2.1. Muestra de estudio 40 dientes

8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL

Tres medidas electrónicas diferentes de la longitud del conducto radicular: Root ZX II (J. Morita Corporation, Tokyo, Japón), E-Connect S (Eighteeth, China), EndoMatic (Woodpecker, China).



Figura 1. Localizadores apicales a evaluar

En la Figura se muestran de izquierda a derecha E-Connect S, Root ZX II, Y EndoMatic.

40 dientes permanentes unirradiculares del sector anterior superiores e inferiores de un solo conducto cumpliendo con los criterios de inclusión utilizando el método radiográfico para llevarlo a cabo. Dientes con reabsorciones, curvaturas severas, caries extensas, calcificaciones, fracturas y formación incompleta de la raíz fueron excluidos de este estudio.

Las muestras obtenidas mediante donación los cuales fueron 40 dientes unirradiculares atravesaron una fase higiénica mediante desinfección química con hipoclorito de sodio al 5.25 %, después colocados en solución de cloruro de sodio al 0.9 %.

Los dientes fueron decoronados con un disco de diamante para obtener un patrón de longitud y una superficie lisa además de un estable punto de referencia para todas las mediciones.

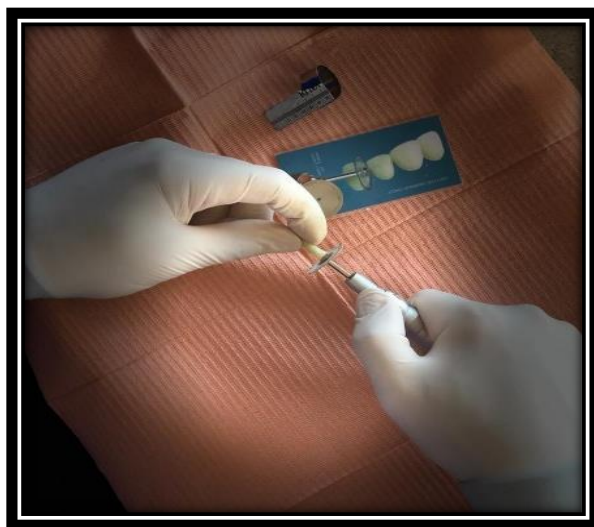


Figura 2. Decoronación de las muestras.

A las 40 piezas dentarias se les colocó un número del 1 al 40 con marcador para tener un mejor control de las mediciones. Una lima K #15 y # 10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) se utilizó para confirmar la permeabilidad y la presencia de un conducto único. Los conductos radiculares se ensacharon previamente con SX (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suiza).



Figura 3. Muestras decoronadas y marcadas

En la Figura se observan los 40 órganos dentarios decoronados y rotulados.

La estandarización de la longitud exacta y la medición visual se realizaron bajo el microscopio quirúrgico dental hasta que la punta de la lima tipo K #15 o #10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza), fue visible del foramen apical mayor luego se ajustó el tope de goma al punto de referencia coronal.

Los dientes se incrustaron en un agar el cual se realizó hirviendo solución de cloruro de sodio aproximadamente 300 ml. Una vez que se encontraba en punto de ebullición se retiró del fuego se colocó en el refractario de vidrio y se le agregó un sobre de grenetina (Knox®), se mezcló completamente hasta no tener grumos se colocó en el refrigerador por aproximadamente 1 hora de acuerdo a las indicaciones del fabricante hasta tener una consistencia firme.



Figura 4. Materiales para el Agar

En la Figura se observa de izquierda a derecha la grenetina, solución de cloruro de sodio en el punto de ebullición, solución de cloruro de sodio.



Figura 5. Materiales para la toma de longitud de trabajo

En la Figura se observan de arriba hacia abajo las 40 muestras, el agar, limas tipo K #10 y #15, gancho labial para localizador de ápice.

8.4. METODOLOGÍA

La medición de los dientes se realizó de la siguiente manera:

Se colocó cada diente en orden de acuerdo al número que se les asignó dentro del agar para las mediciones así como también el electrodo que contiene el clip o gancho metálico del localizador apical a evaluar, se le introdujo la lima tipo K #15 o #10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) en el diente y se realizó la medición primero con el localizador Root ZX II (J. Morita Corporation, Tokyo, Japón), después de la misma forma con E-Connect S (Eighteeth, China) y EndoMatic (Woodpecker, China), los localizadores apicales deben estar calibrados a 0.5 mm del foramen apical. Las medidas obtenidas de los localizadores apicales se apuntaron en el cuadro que se formuló para llevar un control.

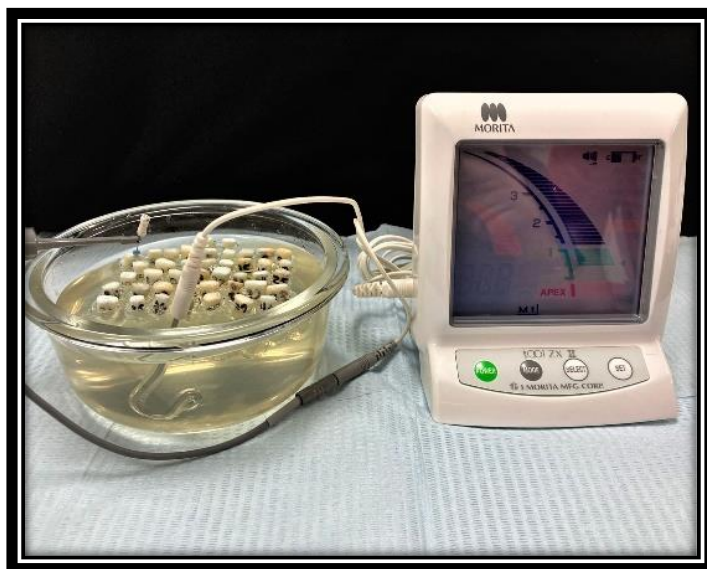


Figura 6. Medición Electrónica Root ZX II.

En la Figura se muestra la toma de medición electrónica de las muestras de estudio empleando el localizador apical Root ZX II.

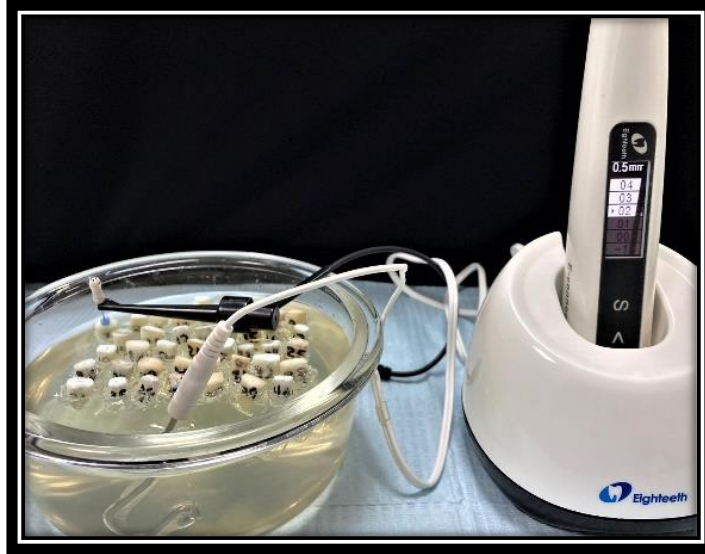


Figura 7. Medición Electrónica E-Connect S

En la Figura se muestra la toma de medición electrónica de las muestras de estudio empleando el localizador apical E-Connect S.

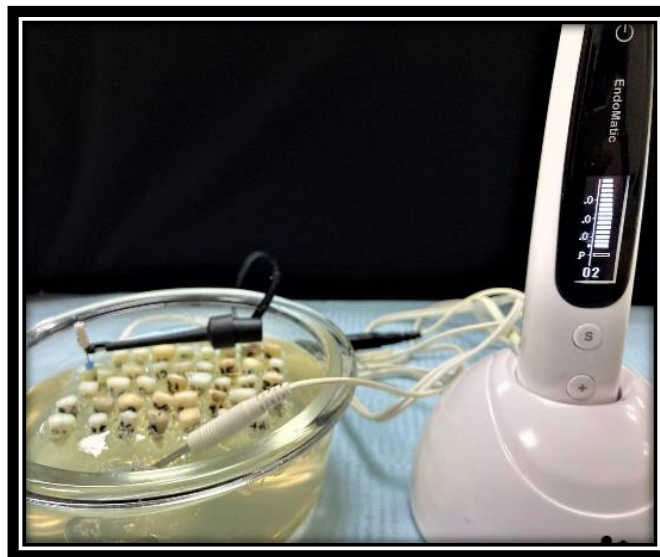


Figura 8. Medición Electrónica EndoMatic

En la Figura se muestra la toma de medición electrónica de las muestras de estudio empleando el localizador EndoMatic.

Por último, se sacó el diente del agar y se le colocó una lima tipo K #15 o #10 hasta alcanzarla a observar fuera del foramen apical mayor utilizando magnificación en este caso el microscopio dental y se le restó 0.5 mm de la medida para verificar la conductometría, tomándose esta medida como exacta y anotándose en el cuadro de control realizado.

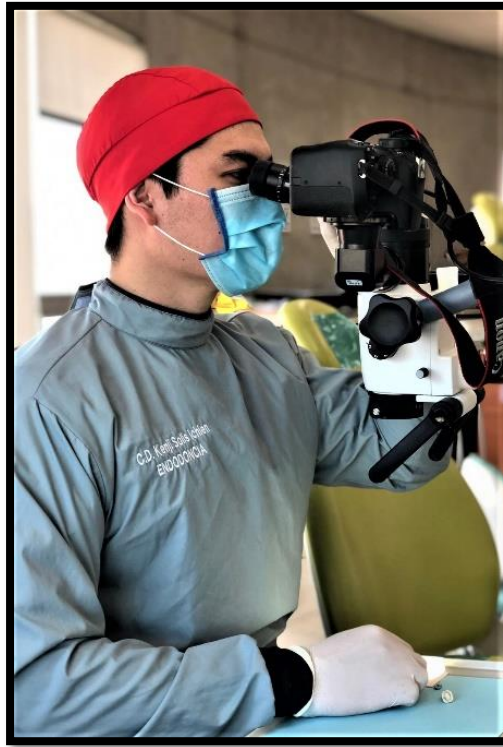


Figura 9. Utilización de magnificación.

En la Figura se muestra el uso microscopio donde se observó cada pieza, se insertó una lima tipo K número #15 o #10 de acero inoxidable en el conducto de cada diente hasta que la lima fue visible a través del foramen apical mayor, después se retiró a 0.5 mm para obtener la longitud de trabajo real.

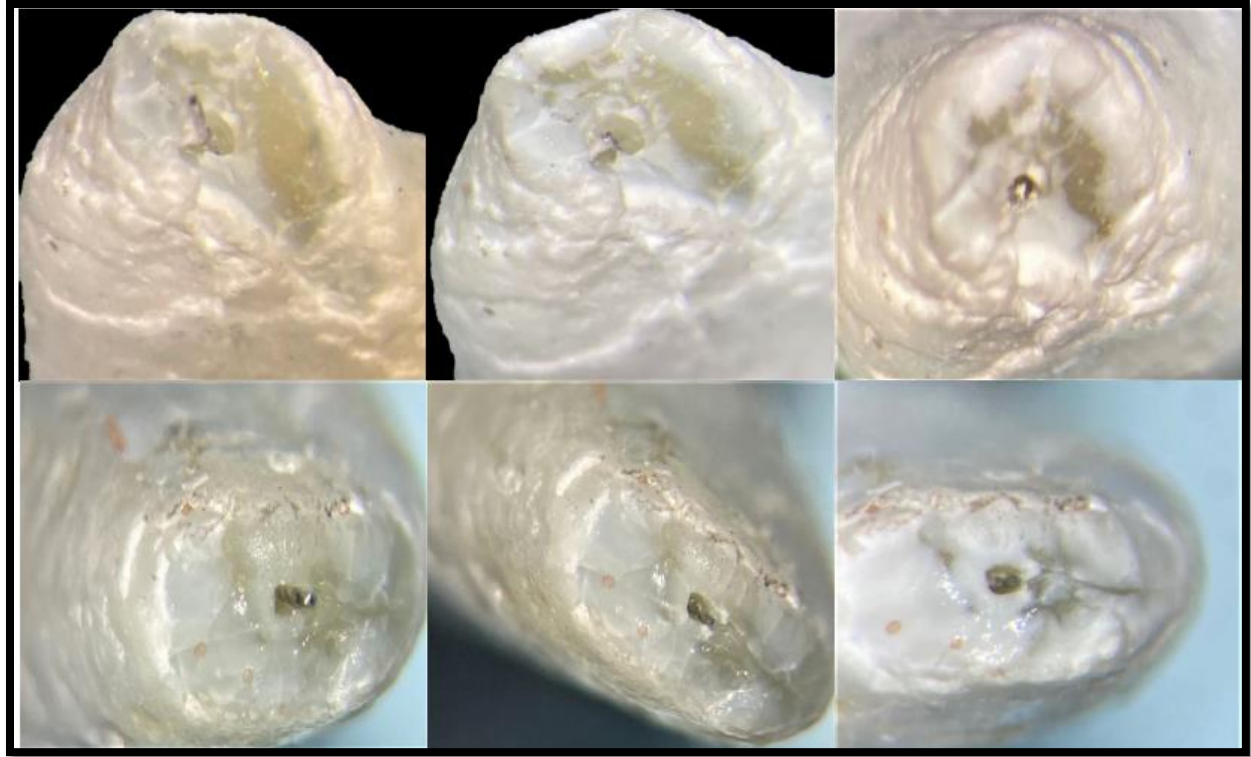


Figura 10. Medición del instrumento localizando el foramen mayor y restando 0.5 mm.

En la figura se observan fotografías de la medición del instrumento localizando la salida del foramen mayor y restándole 0.5 mm para establecer la longitud de trabajo real.

8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los resultados se llevó a cabo empleando el método de Análisis de la Varianza (ANOVA, por sus siglas en ingles) de una vía. La diferencia estadística fue considerada como significativa a ($p < 0.05$).

IX. RESULTADOS

La muestra analizada fue de 40 piezas dentales unirradiculares, para evaluar la eficacia en la toma de longitud tomando como referencia 0.5 mm a partir de la salida del foramen apical de la pieza a evaluar, determinando a si también la eficacia de tres localizadores apicales: Root ZX II (J. Morita Corporation, Tokyo, Japón), E-Connect S (Eighteeth, China), EndoMatic (Woodpecker, China), frente a la longitud real obtenida mediante el método visual utilizando magnificación para tener la medición exacta de nuestra longitud de trabajo real.

Tabla 1. Mediciones de la longitud de trabajo electrónica y la longitud de trabajo real.

No. De diente	Root ZX II	E connect S	EndoMatic	Longitud de trabajo real
1	16.0 mm	16.0 mm	16.0 mm	16.0 mm
2	13.5 mm	13.5 mm	13.5 mm	13.5 mm
3	14.0 mm	13.5 mm	13.2 mm	14.0 mm
4	16.5 mm	16.5 mm	16.5 mm	16.5 mm
5	14.0 mm	14.0 mm	14.0 mm	14.0 mm
6	13.5 mm	13.0 mm	13.2 mm	13.5 mm
7	13.5 mm	13.5 mm	13.5 mm	13.5 mm
8	16.5 mm	16.2 mm	16.5 mm	16.5 mm
9	16.0 mm	16.2 mm	16.2 mm	16.0 mm
10	16.0 mm	16.0 mm	16.0 mm	16.0 mm
11	15.0 mm	15.0 mm	15.0 mm	15.0 mm
12	12.5 mm	12.0 mm	12.5 mm	12.5 mm
13	15.0 mm	15.0 mm	15.0 mm	15.0 mm
14	13.0 mm	13.5 mm	13.0 mm	14.0 mm
15	14.0 mm	14.0 mm	14.0 mm	14.0 mm
16	14.0 mm	14.0 mm	14.0 mm	14.0 mm
17	10.5 mm	10.5 mm	10.5 mm	10.5 mm
18	13.5 mm	13.0 mm	13.5 mm	13.5 mm
19	14.0 mm	14.2 mm	14.2 mm	14.0 mm
20	12.0 mm	12.0 mm	12.5 mm	12.0 mm
21	13.5 mm	13.5 mm	14.0 mm	14.0 mm
22	14.0 mm	14.0 mm	14.0 mm	14.0 mm
23	14.0 mm	14.0 mm	14.0 mm	14.0 mm
24	14.0 mm	13.5 mm	14.0 mm	14.0 mm
25	16.5 mm	16.5 mm	16.5 mm	16.5 mm
26	13.5 mm	13.0 mm	13.0 mm	13.5 mm
27	17.0 mm	16.7 mm	17.0 mm	17.0 mm
28	16.5 mm	16.5 mm	16.5 mm	17.0 mm
29	16.5 mm	16.5 mm	16.5 mm	16.5 mm
30	16.5 mm	16.0 mm	16.5 mm	16.5 mm
31	17.0 mm	16.5 mm	17.0 mm	17.0 mm
32	16.0 mm	16.0 mm	16.0 mm	16.0 mm
33	16.0 mm	16.0 mm	16.0 mm	16.0 mm
34	14.5 mm	14.5 mm	14.5 mm	15.0 mm
35	13.5 mm	13.5 mm	13.5 mm	13.5 mm
36	14.0 mm	14.0 mm	14.0 mm	14.0 mm
37	15.0 mm	15.0 mm	15.0 mm	15.0 mm
38	15.0 mm	15.0 mm	15.0 mm	15.0 mm
39	16.0 mm	16.0 mm	16.0 mm	16.0 mm
40	11.0 mm	11.0 mm	11.0 mm	11.5mm

Los resultados obtenidos en esta investigación de acuerdo al porcentaje de piezas que presentaron una diferencia de distancia entre la longitud real y la medición electrónica a una distancia de 0.5 mm del foramen apical mayor fue en el grupo Root ZX II 12.0 % (5 piezas), E-Connect S 42.5 % (17 piezas), EndoMatic 25.0 % (10 piezas).

Root ZX II fue preciso un 97.50 %, mientras que E-Connect S fue preciso en un 100 % y EndoMatic fue preciso 95.0 % teniendo en cuenta para todas las mediciones electrónicas 0.5 mm desde el foramen apical mayor. Con base a lo anterior se confirma la Hipótesis alternativa de este trabajo de investigación.

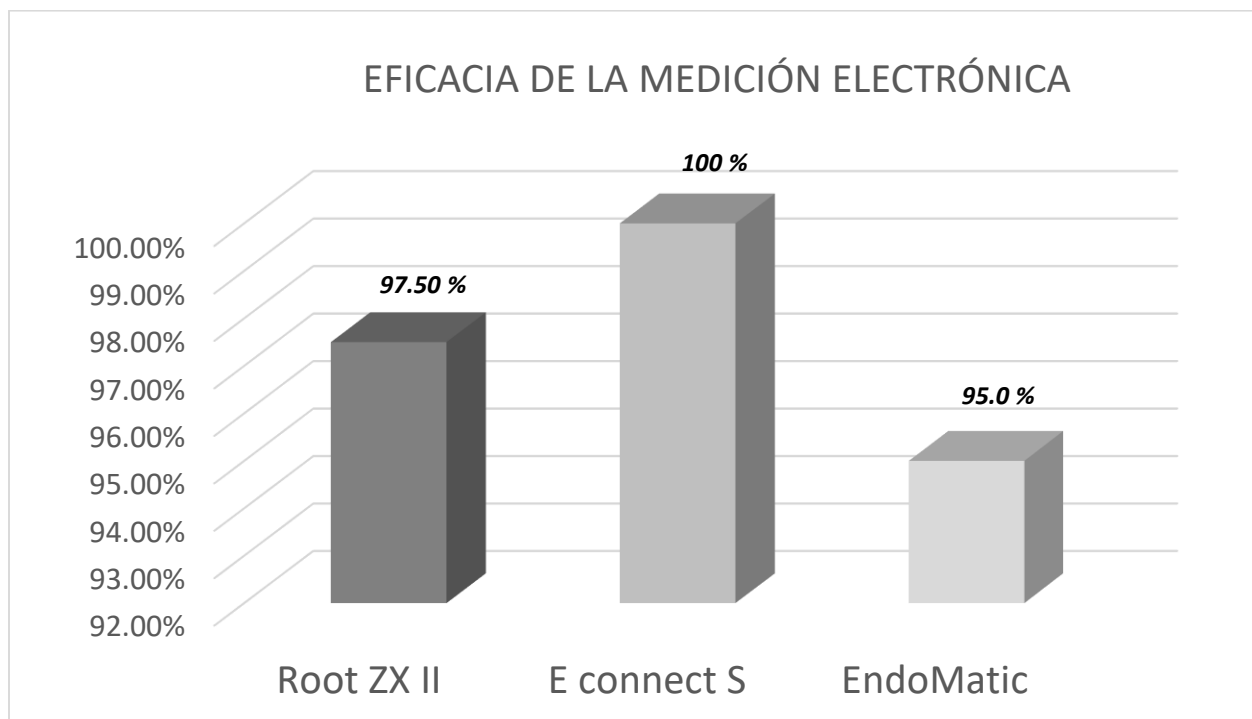


Figura 11. Porcentajes de comparación de la medición electrónica de los localizadores Root ZX II, E-Connect S, EndoMatic.

Las columnas representan el porcentaje de eficacia de la medición electrónica de los localizadores apicales Root ZX II, E-Connect S, EndoMatic con valores de 97.50 %, 100 %, 95.0 % respectivamente.

IX. RESULTADOS

Se realizó el análisis de varianza de una vía (ANOVA), comparando tres grupos, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Summary of Data						
	<i>Treatments</i>					
	1	2	3	4	5	Total
N	40	40	40			120
ΣX	3	6.7	6.7			16.4
Mean	0.075	0.1675	0.1675			0.137
ΣX^2	2	3.51	3.51			9.02
Std.Dev.	0.2133	0.2474	0.2474			0.2387

Result Details				
<i>Source</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	
Between-treatments	0.2282	2	0.1141	$F = 2.03767$
Within-treatments	6.5505	117	0.056	
Total	6.7787	119		

El valor de $F=2.03767$ y un p -valor de .134932, sugieren que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los grupos ($p < 0.05$).

X. DISCUSIÓN

En este estudio se decidió comparar la precisión de los localizadores apicales Root ZX II (J. Morita Corporation, Tokyo, Japón), E-Connect S (Eighteeth, China), EndoMatic (Woodpecker, China), ya que son de las últimas generaciones de localizadores apicales electrónicos, lo cual los hace los aparatos más nuevos y exactos en el mercado (60). Además de que no existe un estudio que compare estos 3 aparatos entre sí.

En la revisión exhaustiva de la literatura para evaluar la precisión de los localizadores apicales electrónicos difieren en cuanto al punto de referencia donde terminara nuestra longitud de trabajo, refiriéndonos a la anatomía apical muchos de los investigadores prefieren tomar la constricción apical (foramen apical menor) como punto de referencia para evaluación de los localizadores apicales, mientras otros toman como punto de terminación el foramen apical mayor (40). Pero recordemos que un punto de referencia apical adecuado para la preparación de nuestros conductos radiculares y hasta donde debe de llegar nuestra obturación es la constricción apical (foramen apical menor) (61). Recordar que se debe evitar la instrumentación más allá del sistema de conductos radiculares porque esto conlleva a la disminución del porcentaje de éxito de nuestros tratamientos y se observa un mal pronóstico con la obturación sobrepasando el sistema de conductos radiculares (62).

La distancia promedio de acuerdo a estudios con micro CT entre el foramen apical mayor y el foramen apical menor es de aproximadamente 0.5 mm dependiendo de la anatomía por lo cual la importancia de la localización del foramen apical menor debe ser realmente exacta (6,9). Es por eso que en este estudio se tomó de referencia el foramen apical menor como punto de terminación de nuestra longitud de trabajo real.

Aguiar *et al.* (2017) en este estudio se tomó la longitud real de las muestras al igual que nosotros con el método visual utilizando magnificación en este caso microscopio con la diferencia que se tomó como punto de terminación de la longitud real el foramen mayor y en esta investigación restamos 0.5 mm del foramen apical.

Root ZX II funciona de la misma manera con un método idéntico que Root ZX original con lo cual comparamos estudios utilizados en este último también. Fan W *et al.* (2006) Evaluaron la exactitud de Root ZX teniendo como resultado que un porcentaje del 91.0 % con un rango de tolerancia de ± 0.5 mm y en un 100 % no se excedió de 1.0 mm el cual son datos muy parecidos a los obtenidos en nuestro estudio, ya que ninguno estuvo por encima de 1.0 mm.

Goldberg *et al.* (2005) evaluó 3 diferentes localizadores apicales entre ellos Root ZX siguiendo el mismo método utilizado en este estudio en el cual el resultado fue bastante similar al obtenido en nuestra investigación con un porcentaje de eficacia del 95.0 % a un rango de tolerancia ± 0.5 mm.

Los resultados obtenidos en esta investigación demostraron que Root ZX II tiene una eficacia del 97.50 % respecto a un rango de tolerancia ± 0.5 mm este resultado coincide con el estudio de laboratorio de Fábio Luiz Cunha *et al.* (2007) donde obtuvo una precisión del 97.44 % con rango de tolerancia de ± 0.5 mm. En ambos se utilizó el mismo protocolo de funcionamiento el cual fue tomar la longitud hasta la marca del localizador “APEX” y a esta medida se le restó utilizando el localizador hasta quedar a 0.5 mm. En cambio, E-Connect S en este estudio demostró una eficacia del 100 % a un rango de tolerancia ± 0.5 mm, mientras que EndoMatic tiene una eficacia del 95.0 % a un rango de tolerancia ± 0.5 mm. No fue posible comparar estos dos últimos aparatos debido a la falta de estudios similares sobre ambos dispositivos.

El análisis estadístico entre los grupos de los tres aparatos evaluados en este estudio reveló que no hubo diferencias estadísticamente significativas demostrando así que tanto Root ZX II, E-Connect S y EndoMatic, reducen en un alto porcentaje el riesgo de sobre instrumentación.

XI. CONCLUSIONES

Se llevó a cabo un estudio *in vitro* para valorar los porcentajes de eficacia de los localizadores apicales Root ZX II, E-Connect S, EndoMatic mediante la toma de longitud de trabajo real empleando microscopía y obtención de medidas electrónicas.

1.-Los resultados demostraron que no existe diferencia estadísticamente significativa entre la precisión de los localizadores Root ZX II, E-Connect S y EndoMatic al 95.0 % de nivel de confianza además de ser utilizados bajo las indicaciones del fabricante de cada aparato evaluado.

2.-Los localizadores apicales Root ZX II, E-Connect S y EndoMatic tuvieron un porcentaje de 95.0 % o superior de precisión en el rango de ± 0.5 mm.

3.-Con base en lo anterior se confirma la Hipótesis alternativa (H1).

XII. RECOMENDACIONES

Como recomendación se propone investigar estos aparatos con el uso de irrigantes más utilizados en Endodoncia para determinar si no hay variación en la toma de longitud.

Como trabajo futuro se recomienda realizar estudios *in vivo* considerando el uso de micro CT o CBCT sobre todo antes de tomar las mediciones electrónicas para una localización correcta tanto del foramen apical mayor como el foramen apical menor.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. The Eighth Edition of the AAE Glossary of Endodontic Terms was developed in. Glossary of Endodontic Terms 2016. Gloss Endod Terms. 2015;9:43. Available from: <http://www.nxtbook.com/nxtbooks/aae/endodonticglossary2016/#/0>
2. Ilan Rotstein JII. Ingle's endodontics 7th. PMPH USA, Ltd. 2012.
3. Robert S. Roda y Bradley H. Cohen, Vías de la pulpa : décima edición. In: Cohen Vías de la pulpa. 2011.
4. Goldberg ISF. Endodoncia, Técnica y Fundamentos-Soares&Golberg.pdf. 2002. p. 03–316.
5. Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PMH. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. International Endodontic Journal. 2006.
6. KUTTLER Y. Microscopic investigation of root apexes. J Am Dent Assoc. 1955;50(5):544–52. Available from: <http://dx.doi.org/10.14219/jada.archive.1955.0099>
7. Meder-Cowherd L, Williamson AE, Johnson WT, Vasilescu D, Walton R, Qian F. Apical morphology of the palatal roots of maxillary molars by using micro-computed tomography. J Endod [Internet]. 2011;37(8):1162–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.05.012>
8. DUMMER PMH, McGINN JH, REES DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. Int Endod J. 1984;17(4):192–8.
9. Elayouti A, Hülber-J M, Judenhofer MS, Connert T, Mannheim JG, Löst C, et al.

- Apical constriction: Location and dimensions in molars - A micro-computed tomography study. *J Endod.* 2014;40(8):1095–9.
10. Green D. A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1956;9(11):1224–32.
 11. Pineda F, Kuttler Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1972;33(1):101–10.
 12. Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *Int Endod J.* 1998;31(6):384–93.
 13. Goldberg F, Alfie D, Roitman M. Evaluation of the incidence of transportation after placement and removal of calcium hydroxide. *J Endod.* 2004;30(9):646–8.
 14. Langeland K, Guttuso J, Langeland LK, Tobon G. Methods in the study of biologic responses to endodontic materials. Tissue response to N2. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1969;
 15. ElAyouti A, Kimionis I, Chu AL, Löst C. Determining the apical terminus of root-end resected teeth using three modern apex locators: A comparative ex vivo study. *Int Endod J.* 2005;
 16. Paqué F, Ganahl D, Peters OA. Effects of Root Canal Preparation on Apical Geometry Assessed by Micro-Computed Tomography. *J Endod.* 2009;
 17. Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J.* 2001;
 18. Hasselgren G. Where shall the root filling end? *N Y State Dent J.* 1994;

19. Haapasalo M, Udnaes T, Endal U. Persistent, recurrent, and acquired infection of the root canal system post-treatment. *Endod Top*. 2003;
20. Siqueira JF. Aetiology of root canal treatment failure: Why well-treated teeth can fail. *International Endodontic Journal*. 2001.
21. Izu KH, Thomas SJ, Zhang P, Izu AE, Michalek S. Effectiveness of sodium hypochlorite in preventing inoculation of periapical tissues with contaminated patency files. *J Endod*. 2004;
22. Canalda Carlos BE. Endodoncia Tecnicas Clinicas y Bases Cientificas. Vol. 53. 2013. 309–324 p.
23. Rodríguez-Ponce A. Endodoncia - Consideraciones actuales. In: 1ra edición. 2003.
24. Rosenberg DB. The paper point technique: Part 1. *Dentistry Today*. 2003.
25. Serna-Peña G, Gomes-Azevedo S, Flores-Treviño J, Madla-Cruz E, Rodríguez-Delgado I, Martínez-González G. In Vivo Evaluation of 3 Electronic Apex Locators: Root ZX Mini, Apex ID, and Propex Pixi. *J Endod*. 2020;46(2):158–61.
26. Jeger FB, Janner SFM, Bornstein MM, Lussi A. Endodontic working length measurement with preexisting cone-beam computed tomography scanning: A prospective, controlled clinical study. *J Endod*. 2012;
27. Shearer AC, Horner K, Wilson NH. Radiovisiography for length estimation in root canal treatment: an in-vitro comparison with conventional radiography. *Int Endod J*. 1991;
28. Kayabasi M, Oznurhan F. Evaluation of the accuracy of electronic apex locators, cone-beam computed tomography, and radiovisiography in primary teeth: An in vitro study. *Microsc Res Tech*. 2020;

29. Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J*. 1997;
30. Gordon MPJ, Chandler NP. Electronic apex locators. *International Endodontic Journal*. 2004.
31. Martínez-Lozano MA, Forner-Navarro L, Sánchez-Cortés JL, Llena-Puy C. Methodological considerations in the determination of working length. *Int Endod J*. 2001;
32. Piasecki L, Carneiro E, da Silva Neto UX, Westphalen VPD, Brandão CG, Gambarini G, et al. The Use of Micro-Computed Tomography to Determine the Accuracy of 2 Electronic Apex Locators and Anatomic Variations Affecting Their Precision. *J Endod*. 2016;
33. Custer. LE. Exact Methods of Locating the Apical Foramen. *J Natl Dent Assoc*. 1918;
34. Goldberg F, Frajlich S, Kuttler S, Manzur E, Briseño-Marroquín B. The Evaluation of Four Electronic Apex Locators in Teeth with Simulated Horizontal Oblique Root Fractures. *J Endod* [Internet]. 2008;34(12):1497–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2008.09.002>
35. Sunada I. New Method for Measuring the Length of the Root Canal. *J Dent Res*. 1962;
36. Inoue N, Skinner DH. A simple and accurate way of measuring root canal length. *J Endod*. 1985;
37. Huang L. An experimental study of the principle of electronic root canal

- measurement. J Endod. 1987;
38. Kim E, Lee SJ. Electronic apex locator. Dental Clinics of North America. 2004.
 39. Stringheta CP, Bueno CES, Kato AS, Freire LG, Iglecias EF, Santos M, et al. Micro-computed tomographic evaluation of the shaping ability of four instrumentation systems in curved root canals. Int Endod J. 2019 Jun 1;52(6):908–16.
 40. Saxena D, Saha SG, Bharadwaj A, Vijaywargiya N, Dubey S, Kala S. A comparative evaluation of accuracy of three electronic apex locators using histological section as gold standard: An ex vivo study. J Conserv Dent. 2017;
 41. Pagavino G. A SEM study of in vivo accuracy of the root ZX electronic apex locator. J Endod. 1998;
 42. Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. J Endod. 1994;
 43. Goldberg F, De Silvio AC, Manfre S, Nastri N. In vitro measurement accuracy of an electronic apex locator in teeth with simulated apical root resorption. J Endod. 2002;
 44. Ushiyama J. New principle and method for measuring the root canal length. J Endod. 1983;
 45. Hasegawa K. Root canal measurement using the “Endo Cater” and “Endo Tape method.” DE J Dent Eng. 1984;
 46. Tselnik M, Baumgartner JC, Marshall JG. An evaluation of root ZX and elements diagnostic apex locators. J Endod. 2005;
 47. Bonilla M, Sayin TC, Schobert B, Hardigan P. Accuracy of a new apex locator in ex-vivo teeth using scanning electron microscopy. Endod Prac. 2014;(1):14–20.
 48. Plotino G, Grande NM, Brigante L, Lesti B, Somma F. Ex vivo accuracy of three

- electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and ProPex. *Int Endod J.* 2006;
49. Goldberg F, Marroquín BB, Frajlich S, Dreyer C. In vitro evaluation of the ability of three apex locators to determine the working length during retreatment. *J Endod.* 2005;
50. Stoll R, Urban-Klein B, Roggendorf MJ, Jablonski-Momeni A, Strauch K, Frankenberger R. Effectiveness of four electronic apex locators to determine distance from the apical foramen. *Int Endod J.* 2010;
51. Alves AMH, Felipe MCS, Felipe WT, Rocha MJC. Ex vivo evaluation of the capacity of the Tri Auto ZX to locate the apical foramen during root canal retreatment. *Int Endod J.* 2005;
52. Dunlap CA, Remeikis NA, Begole EA, Rauschenberger CR. An in vivo evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals. *J Endod.* 1998;
53. ElAyouti A, Weiger R, Löst C. The ability of Root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. *J Endod.* 2002;
54. Lucena-Martin C, Robles-Gijón V, Ferrer-Luque CM, De Navajas-Rodríguez Mondeio JM. In vitro evaluation of the accuracy of three electronic apex locators. *J Endod.* 2004;
55. Versiani MA, Santana BP, Caram CM, Pascon EÁ, de Souza CJA, Biffi JCG. Ex vivo comparison of the accuracy of Root ZX II in detecting apical constriction using different meter's reading. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2009;

56. Piasecki L, Carneiro E, Fariniuk LF, Westphalen VPD, Fiorentin MA, Da Silva Neto UX. Accuracy of root ZX II in locating foramen in teeth with apical periodontitis: An in vivo study. *J Endod.* 2011;
57. K NK, K MV, Sajjan GS, Satish R K, Md R, Viswanadhan A. Evaluation of the accuracy of working length determination and automatic apical reverse function accuracy of endodontic rotary motor integrated apex locator: an in-vitro study. *Int J Dent Mater.* 2020;
58. Serna-Peña G, Gomes-Azevedo S, Flores-Treviño J, Madla-Cruz E, Rodríguez-Delgado I, Martínez-González G. In Vivo Evaluation of 3 Electronic Apex Locators: Root ZX Mini, Apex ID, and Propex Pixi. *J Endod.* 2020;
59. 陳洋明 GUILIN WOODPECKER MEDICAL INSTRUMENT CO. L. EndoMatic instruction manual. www.glwoodpecker.com [Internet]. Available from: file:///C:/Users/youhe/Downloads/kdoc_o_00042_01.pdf
60. Soares RMV, Silva EJNL, Herrera DR, Krebs RL, Coutinho-Filho TS. Evaluation of the Joypex 5 and Root ZX II: An in vivo and ex vivo study. *Int Endod J.* 2013;
61. Ponce EH, Vilar Fernández JA. The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen, and the apical constriction: Evaluation by optical microscopy. *J Endod.* 2003;
62. Friedman S, Löst C, Zarrabian M, Trope M. Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *J Endod.* 1995;21(7):384–90.