



Facultad de Ciencias de la Salud

Tema:

“Comparación de la precisión de tres localizadores apicales electrónicos con CBCT para determinar longitud de trabajo: Estudio in vitro”.

Trabajo de Titulación para la obtención del Título de Endodoncista

Presentada por:

Verónica Joana Rochina Ortega

Tutor:

María Cristina Miranda

Quito, Mayo de 2026

Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Verónica Joana Rochina Ortega

C.I.: 2100791710

Dedicatoria

Con todo mi amor y gratitud, dedico este proyecto a mi madre, María Ortega por ser mi pilar, mi guía y mi fuerza en los momentos más difíciles. Gracias por su sacrificio, su apoyo incondicional y por enseñarme el valor del esfuerzo.

A mi hermana, Gloria Rochina, a mi cuñado, Franklin Padilla y sus hijas, por creer en mí, por sus palabras de aliento y por estar siempre presentes en este camino.

A mi compañero de vida, Javier Copara, gracias por su paciencia, su amor y por caminar a mi lado en cada paso de este proceso.

A mis amigos, Giselle, Nicole y Alex, por estar ahí en los momentos de estrés, por sus risas, compañía y por recordarme que no estoy sola.

A todos ustedes, gracias por ser parte fundamental de este logro.

Índice

Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos	2
Dedicatoria.....	3
Índice	4
Índice de Tablas	6
Índice de Figuras.....	7
Resumen	8
Abstract	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos.....	13
Tamaño de muestra	13
Diseño del estudio.....	13
Selección de muestra.....	13
Preparación y clasificación	13
Grupos de estudio.....	14
Determinación electrónica de la longitud de onda mediante localizadores de ápice ..	15
Determinación radiográfica de la longitud de onda (WL) mediante CBCT.....	15
Análisis estadístico	16
Resultados.....	16
Contraste entre medidas	19

Contraste entre Grupos	22
Discusión	26
Conclusiones	30
Limitaciones	30
Fortalezas.....	31
Recomendaciones	32
Referencias	33

Índice de Tablas

Tabla 1 Tabla Descriptiva básica de las mediciones.....	18
Tabla 2 Tabla p de valores del test Kolmogórov-Smirnov de normalidad.....	19
Tabla 3 Tabla de contraste entre promedios de mediciones	21
Tabla 4 Tabla de Contraste entre mediciones según grupo	23
Tabla 5 Tabla de medida de la longitud radiográfica (menos 0.5)	25
Tabla 6 Tabla de medida desde el ápice hasta la punta de la lima.....	25
Tabla 7 Tabla de Contraste Visual vs Longitud Radiográfica (menos 0.5)	26

Índice de Figuras

Figura 1	Figura de distribución de longitudes (mm)	17
Figura 2	Figura de Correlación entre mediciones.....	20
Figura 3	Figura de diferencias promedio entre mediciones I.C. 95%	22
Figura 4	Figura de diferencias promedio según grupo I.C. 95%	24

“COMPARACIÓN DE LA PRECISIÓN DE TRES LOCALIZADORES APICALES ELECTRÓNICOS CON CBCT PARA DETERMINAR LONGITUD DE TRABAJO: ESTUDIO IN VITRO”.

Verónica Joana Rochina Ortega

verito_lica.06@hotmail.com

Resumen

Objetivo: El presente estudio in vitro tiene como finalidad determinar y comparar la exactitud de las mediciones de longitud de trabajo obtenidas con tres localizadores apicales electrónicos: Root ZX (Morita, Japón), Air-Pex (Eighteeth, Changzhou, China) y Woodpex V (Woodpecker, China). La evaluación se llevó a cabo en dientes extraídos y se validó también mediante CBCT. **Introducción:** La correcta determinación de la longitud de trabajo en endodoncia es esencial para evitar sobreinstrumentación, extrusión de material y complicaciones postoperatorias. La constricción apical se considera el límite ideal, aunque su visibilidad puede ser limitada. Los localizadores electrónicos de ápice (EAL) y la radiografía periapical son los métodos principales, destacando los EAL por su precisión incluso en presencia de fluidos. La CBCT complementa estas técnicas, ofreciendo visualización tridimensional y detección de variaciones anatómicas. **Materiales y métodos:** Se realizó un estudio experimental in vitro con 50 premolares maxilares unirradiculares, divididos en dos grupos según la ubicación del foramen apical (central o lateral). Se evaluaron las mediciones de longitud de trabajo mediante tres localizadores electrónicos (Root ZX, Air-Pex y Woodpex V) y el método visual, y se validaron mediante CBCT. **Resultados:** Los resultados mostraron alta correlación entre los localizadores y el método visual, sin diferencias significativas según la ubicación del foramen. Se observaron

discrepancias estadísticamente significativas entre dispositivos, pero clínicamente aceptables. Las mediciones Root ZX y visual fueron similares, mientras que Woodpex V y Air-Pex presentaron ligeras variaciones. **Conclusiones:** Los localizadores electrónicos y métodos combinados permiten determinar longitud de trabajo con precisión, confiables y clínicamente aceptables

Palabras Claves: localizadores de ápice, longitud de trabajo, tratamiento de conducto, Tomografía Computarizada de Haz Cónico (Palabras DeCs)

Abstract

Objective: This in vitro study aimed to determine and compare the accuracy of working length measurements obtained with three electronic apex locators: Root ZX (Morita, Japan), Air-Pex (Eighteenth, China), and Woodpex IV (Woodpecker, China). Evaluations were performed on extracted teeth and validated using CBCT. **Introduction:** Accurate determination of working length in endodontics is essential to avoid over-instrumentation, material extrusion, and postoperative complications. The apical constriction is considered the ideal endpoint, although its visibility may be limited. Electronic apex locators (EALs) and periapical radiographs are primary methods, with EALs offering high accuracy even in the presence of fluids. CBCT complements these techniques by providing three-dimensional visualization and detection of anatomical variations. **Materials and Methods:** An in vitro experimental study was conducted with 50 single-rooted maxillary premolars, divided into two groups according to apical foramen location (central or lateral). Working length measurements were assessed using three electronic apex locators (Root ZX, Air-Pex, and Woodpex V) and the visual method, and validated with CBCT. **Results:** High correlation was observed among the apex locators and the visual method,

with no significant differences based on foramen location. Statistically significant discrepancies between devices were noted but were clinically acceptable. Root ZX and visual measurements were similar, while Woodpex V and Air-Pex showed minor variations. **Conclusions:** Electronic apex locators and combined methods allow accurate, reliable, and clinically acceptable determination of working length.

Key Words: apex locators, working length, root canal treatment, Cone Beam Computed Tomography. (DeCs Works)

Introducción

La eliminación de los microorganismos que colonizan el sistema de conductos radiculares, junto con una limpieza minuciosa, constituye el primer paso y uno de los principales objetivos en el tratamiento del conducto radicular [1].

Determinar correctamente la longitud de trabajo es un aspecto clave en la endodoncia, ya que evita la extrusión del material radicular a nivel apical y favorece una obturación efectiva en esa zona [2,3].

Una medición inexacta de la longitud de trabajo (LT) puede generar complicaciones, como dolor y molestias postoperatorias, la necesidad de retratamiento e incluso la pérdida del diente. Por ello, una correcta determinación de la longitud de trabajo es un requisito esencial para el éxito del tratamiento endodóntico radicular [1].

En la endodoncia clínica, la longitud de trabajo se refiere a la distancia desde el punto de referencia coronal hasta el foramen apical fisiológico, finalizando en la constricción apical [10].

La constricción apical es el punto ideal y funcional para concluir el tratamiento del conducto radicular, aunque no siempre está presente en todos los casos [4].

Kuttler, en 1955, investigó la constricción apical, siendo considerado el límite ideal para la conformación y obturación de los canales, ya que es el punto más estrecho y el diámetro más pequeño, usualmente ubicado a 0,5-1,0 mm del foramen apical. El foramen apical presenta variaciones en su tamaño y forma entre las distintas raíces [9].

Generalmente se opta por la constricción apical como punto de referencia, debido a que facilita un sellado natural, aunque su precisión puede verse afectada por la patología y no es visible en las radiografías. El foramen apical, aunque más confiable, puede ser menos exacto y presentar un mayor riesgo de sobre instrumentación y expulsión de escombros [7].

Hay dos métodos principales para medir la longitud del conducto radicular: la radiografía periapical (PA) y el localizador electrónico de ápice (EAL). No obstante, también existen otras técnicas que pueden proporcionar información adicional, como el tacto digital, la sensibilidad periodontal apical y el uso del cono de papel. Sin embargo, el tacto digital y la sensibilidad periodontal apical son poco fiables [3].

En la actualidad, los localizadores apicales son una de las herramientas más fiables para obtener una medición más precisa de la longitud de trabajo [5]. Se ha demostrado que son más precisos que la radiografía periapical para determinar la longitud de los conductos radiculares hasta el foramen apical [3]. Son cruciales en la práctica endodóntica debido a su gran precisión, incluso en presencia de sangre, hipoclorito o pus [5].

Desde que Sunada lanzó el primer localizador electrónico de ápices, se ha mejorado para aumentar la precisión, reducir errores y mejorar la comodidad del paciente [6]. Según Sunada

(1962), desarrolló un dispositivo que medía la resistencia eléctrica entre el ligamento periodontal y la mucosa oral [9].

En los últimos años, los localizadores electrónicos se han vuelto esenciales para determinar la longitud de trabajo, siendo recomendados por la Sociedad Europea de Endodoncia (ESE) y la Asociación Americana de Endodoncia, en combinación con las tomografías [7]. La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), introducida en odontología en 1998, es una técnica de gran relevancia que ha demostrado un elevado potencial clínico, superando en precisión a la radiografía periapical [10].

La Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT) se ha consolidado como una herramienta precisa y no invasiva para analizar la anatomía del conducto radicular. Esta tecnología ofrece una visualización clara tanto de la constricción apical como del foramen apical, sin causar daños al diente [7]. Además, la CBCT puede detectar canales adicionales, angulaciones de los canales y la ubicación del foramen apical, aspectos que no siempre son completamente visibles mediante las radiografías periapicales [8].

El objetivo principal de este estudio *in vitro* es determinar y comparar la precisión de las mediciones de la longitud de trabajo obtenidas con tres localizadores apicales electrónicos diferentes: Root ZX (Morita, Japón), Air-Pex (Eighteeth, China) y Woodpex V (Woodpecker, China). La evaluación se realiza utilizando dientes extraídos, y se valida mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), considerada el método de referencia para obtener mediciones tridimensionales de alta resolución en endodoncia.

Materiales y Métodos

Tamaño de muestra

El tamaño de la muestra (n) se determinó utilizando una calculadora estadística en línea, empleando una herramienta de cálculo a priori para la prueba t de Student. Esto permitió estimar el número mínimo de participantes para el estudio de la prueba t unilateral, considerando un nivel de probabilidad de 0,05, un tamaño del efecto esperado de 0,9 basado en investigaciones previas y una potencia estadística de 0,8. Así, el tamaño de muestra necesario fue de 50 dientes.

Diseño del estudio

Se propone un estudio experimental, comparativo e in vitro.

Selección de muestra

Se propone un estudio experimental, comparativo e in vitro, en el que se utilizarán 50 premolares maxilares unirradiculares con un solo canal radicular (tipo I de Vertucci y con un agujero apical), extraídos por razones terapéuticas.

Criterios de inclusión: premolares maxilares, una sola raíz, un solo conducto, diente sano, no agrietado ni fracturado, sin caries radicular, con ápice maduro, sin fisuras radiculares, sin defectos de reabsorción y sin antecedentes de tratamiento endodóntico previo.

Criterios de exclusión: diente distinto que NO sea un primer premolar maxilar, dientes cariados, con reabsorción radicular, agrietados, con fractura, obturados, con una malformación, dientes multirradiculares o canal pulpar calcificado.

Preparación y clasificación

Los dientes se mantuvieron en hipoclorito de sodio al 5,25 % durante dos horas y luego se almacenaron en una solución de peróxido de hidrógeno hasta su utilización en el estudio.

Se realizó una radiografía inicial de cada uno de los dientes, utilizando una unidad de rayos X dental (GUILLI, REFINE MEDICAL 100-240VAC) para confirmar la ausencia de calcificación en el conducto radicular y verificar que solo exista un canal radicular. Además, los premolares MAXILARES se clasificarán en dos grupos según la ubicación del agujero apical, ya sea en la zona central o lateral.

Grupos de estudio

G1 (N:25): Los dientes con agujero apical central serán descoronados en la unión cemento-esmalte utilizando un disco de diamante para crear un punto de referencia fijo. Para las mediciones, se irrigarán con una solución de NaCl al 5,25 % para eliminar los restos dentro del conducto radicular, con el fin de determinar la longitud efectiva de los dientes y evaluar su permeabilidad. Se insertará una lima K n° 15 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) en el canal hasta que su extremo sea visible en el orificio apical, utilizando microscopio. Se ajustará un tope de goma en la unión amelocementaria, se retirará la lima y se medirá la longitud con una regla calibradora digital. Esta técnica se empleará como estándar para determinar la longitud real. Todas las mediciones se realizarán dos veces.

G2 (N:25): Los dientes con agujero apical lateral serán descoronados en la unión cemento-esmalte utilizando un disco de diamante para crear un punto de referencia fijo. Para las mediciones, se irrigarán con una solución de NaCl al 5,25 % para eliminar los restos dentro del conducto radicular, con el objetivo de determinar la longitud efectiva de los dientes y evaluar su permeabilidad. Se insertará una lima K n° 15 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suizar) en el canal hasta que su extremo sea visible en el orificio apical, utilizando un microscopio. Se ajustará un tope de goma en la unión amelocementaria, se retirará la lima y se medirá la longitud con una

regla calibradora digital. Esta técnica se usará como estándar para determinar la longitud real.

Todas las mediciones se realizarán dos veces.

Determinación electrónica de la longitud de onda mediante localizadores de ápice

A continuación, los dientes se colocaron en moldes de alginato hasta el nivel de la unión amelocementaria. Para establecer el conducto, las raíces, insertadas en alginato, se ubicaron en recipientes con solución salina al 0,9 %, de modo que el tercio medio y apical de las raíces quedaran sumergidos en esta solución, que funcionará como conductora. El clip labial del localizador del ápice se sumergió en solución salina, y se insertó una lima K n° 15 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) en el conducto radicular hasta observar señales de 0.0 o APEX en tres tipos diferentes de localizadores apicales: Root ZX (J. Morita Corp., Tokio, Japón), Airpex (Eighteeth, China) y Woodpex V (Woodpecker, China). Se ajustó el tope y se retiró la lima para su posterior medición con una regla calibradora digital. Luego, se registraron las diferentes medidas correspondientes a cada localizador utilizando una regla calibradora digital.

Determinación radiográfica de la longitud de onda (WL) mediante CBCT

Se realizaron dos tomografías computarizadas de haz cónico (CBCT) por cada diente utilizando el equipo Newton (Italia). Para facilitar la obtención de las imágenes, los dientes se colocaron en grupos de cuatro dentro de un molde de masilla diseñado específicamente para este propósito. La primera imagen permitió medir la longitud radiográfica de cada diente y estimar su longitud total con una precisión de 0,5 mm. Posteriormente, se tomó una segunda imagen tras introducir una lima K #15 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) en el conducto, ajustada a la longitud estimada del diente. Esta segunda adquisición permitió determinar la longitud radiográfica total, sumando la parte de la lima dentro del conducto y la distancia desde su punta

hasta el ápice radicular, utilizando la regla digital del software CBCT con una precisión de 0,5 mm

Análisis estadístico

Los datos se recolectarán en hojas de cálculo de Microsoft Excel, utilizando el archivo denominado "Datos_Tomografía_2025.xlsx". Posteriormente, se analizarán estadísticamente mediante el programa software libre R versión disponible a la fecha, utilizando test de Kolmogórov-Smirnov, valores p del contraste de promedios (t-Student), Prueba de Wilcoxon, y correlación de Pearson.

Resultados

Se cuenta con información de dos grupos: G1 (Central) dientes con agujero apical central y G2 (Lateral) dientes con agujero apical lateral; cada uno con 25 muestras. Las variables medidas (en mm) incluyen: WOOPEX V, AIRPEX , ROOT ZX y VISUAL; además de la MEDIDA DE LA LONGITUD RADIOGRAFICA (MENOS 0.5), y MEDIDA DESDE EL APICE HASTA LA PUNTA DE LA LIMA. El objetivo del estudio pretende evaluar diferencias entre grupos para las variables; y, contrastar en cada grupo las medidas WOODPEX V, AIRPEX , ROOT ZX y VISUAL.

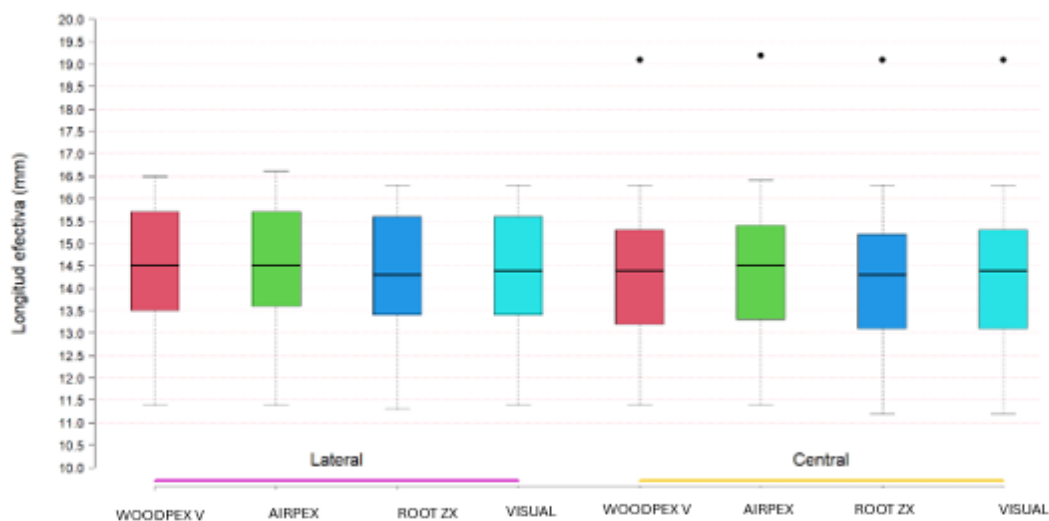
Para cumplir con el objetivo de este estudio, se trabaja en estadísticos descriptivos básicos o la variable y cada grupo; hoy se incrementan técnicas de contraste de hipótesis vía intervalos de confianza y pruebas tipo t-Student. El procesamiento de datos se facilita gracias a que los mismos se ajustan a una distribución normal; más en un caso que no se cumple este supuesto, se utiliza la prueba de Wilcoxon para el contraste de medianas.

El procesamiento de los datos se hace con el software libre R versión disponible a la fecha. Considerando que se presenta resultados con 3 decimales para evidenciar las sutiles diferencias detectadas.

Una primera visualización de las variables se las muestra en la siguiente figura, que muestra la distribución de los resultados para WOODPEX V, AIRPEX , ROOT Z y VISUAL.

Figura 1

Figura de distribución de longitudes (mm)



Se puede observar cierta similitud entre las distribuciones de los datos, salvo en el grupo central que se detecta un dato más grande de los demás. Complementariamente los estadísticos descriptivos básicos truncados a un decimal no muestran mayor diferencia numérica entre las variables consideradas en esta primera sección.

Un detalle para resaltar es que el grupo de datos de Lateral se muestran más homogéneos que los del grupo Central pues sus coeficientes de variación se observan menores.

Tabla 1

Tabla Descriptiva básica de las mediciones

Grupo	Medida	Muestras	Mínimo	Máximo	Moda	Mediana	Promedio	D.E.	C.V.
Lateral	WOODPEX V	25	11.4	16.5	14.203	14.660	14.492	1.388	9.6
	AIRPEX	25	11.4	16.6	14.264	14.727	14.568	1.415	9.7
	ROOT ZX	25	11.3	16.3	13.933	14.493	14.348	1.397	9.7
	VISUAL	25	11.4	16.3	13.949	14.526	14.348	1.389	9.7
Central	WOODPEX V	25	11.4	19.1	14.620	14.545	14.472	1.571	10.9
	AIRPEX	25	11.4	19.2	14.680	14.596	14.520	1.592	11.0
	ROOT ZX	25	11.2	19.1	14.495	14.419	14.356	1.601	11.1
	VISUAL	25	11.2	19.1	14.577	14.461	14.368	1.610	11.2

Con la ayuda del test de Kolmogórov-Smirnov, hoy se evalúa la normalidad de los grupos de datos, resultando que en general estos se ajustan a dicha distribución de probabilidad. La siguiente tabla muestra los valores el test estadístico correspondiente.

Tabla 2

Tabla p de valores del test Kolmogórov-Smirnov de normalidad

Medida	Lateral	Central
WOODPEX V	0.959	0.992
AIRPEX	0.962	0.987
ROOT ZX	0.939	0.989
VISUAL	0.975	0.996
LONGITUD RADIOGRAFICA MENOS 0.5	0.907	0.987
MEDIDA DESDE EL APICE HASTA LA PUNTA DE LA LIMA	0.073	0.022

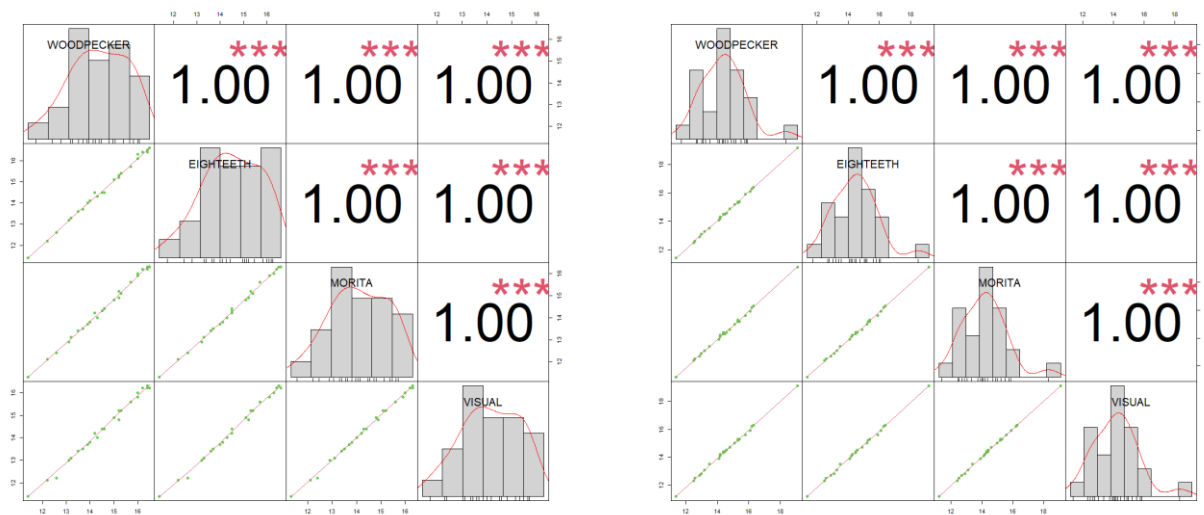
Contraste entre medidas

Lo primero en analizar es la correlación entre las cuatro mediciones realizadas, para cada grupo y por tanto se evalúa la correlación entre las mismas. En los 2 grupos se observa una correlación total positiva entre las variables consideradas.

Así, se puede notar que una medición es proporcional a otra.

Figura 2

Figura de Correlación entre mediciones



Lateral

Central

La siguiente tabla muestra los valores p del contraste de promedios; se observa que existe diferencia significativa entre las mediciones de los dos grupos; salvo entre Root Z y Visual ($p > 0.05$) que se determinan sin diferencia significativa.

Tabla 3

Tabla de contraste entre promedios de mediciones

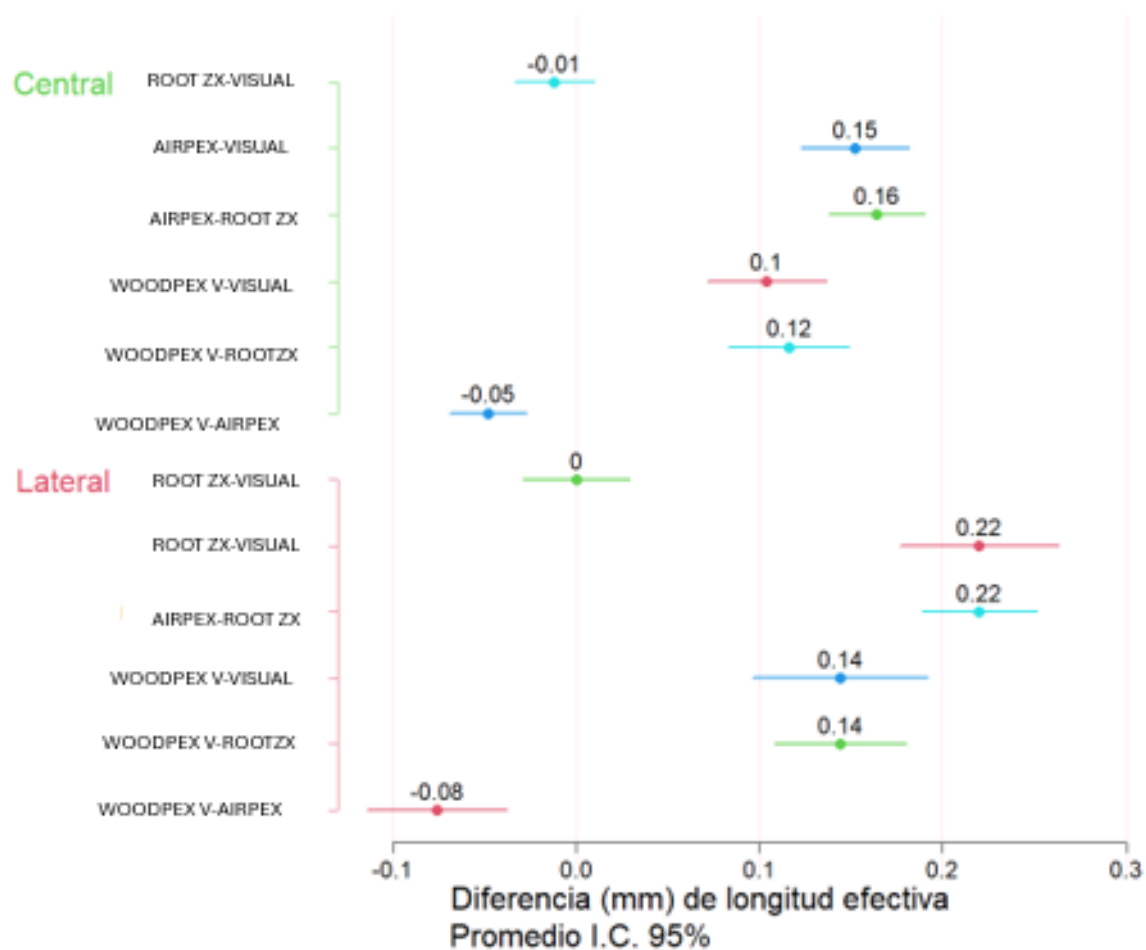
Grupo	Contraste	Promedio 1	Promedio 2	Diferencia	Lim.Inf	Lim.Sup	p.value
Lateral	WOODPEX V – AIRPEX	14.492	14.568	-0.076	-0.114	-0.038	0.000
	WOODPEX V – ROOT ZX	14.492	14.348	0.144	0.108	0.180	0.000
	WOODPEX V - VISUAL	14.492	14.348	0.144	0.096	0.192	0.000
	AIRPEX - ROOT ZX	14.568	14.348	0.220	0.188	0.252	0.000
	AIRPEX - VISUAL	14.568	14.348	0.220	0.177	0.263	0.000
	ROOT ZX-< VISUAL	14.348	14.348	0.000	-0.029	0.029	1.000
Central	WOODPEX V - AIRPEX	14.472	14.520	-0.048	-0.069	-0.027	0.000
	WOODPEX V - ROOT ZX	14.472	14.356	0.116	0.083	0.149	0.000
	WOODPEX V - VISUAL	14.472	14.368	0.104	0.071	0.137	0.000
	AIRPEX – ROOT ZX	14.520	14.356	0.164	0.138	0.190	0.000
	AIRPEX- VISUAL	14.520	14.368	0.152	0.123	0.181	0.000
	ROOT ZX - VISUAL	14.356	14.368	-0.012	-0.034	0.010	0.265

Las diferencias promedio y sus intervalos de confianza al 95% se muestran en la siguiente figura; en esta se observa que en efecto Morita y Visual no guardan diferencia significativa; mientras que entre las demás opciones de contrastes de mediciones, se observa diferencia.

Así, en los dos grupos WOODPEX V es menor que AIRPEX, WOODPEX V es mayor a ROOT Z y a VISUAL; AIRPEX es mayor a ROOT ZX y a VISUAL.

Figura 3

Figura de diferencias promedio entre mediciones I.C. 95%



Contraste entre Grupos

En esta sección se contrastan resultados de las variables medidas según sea Lateral o Central. Así, para las mediciones se muestra en la siguiente tabla los valores p del contraste de promedios (t-Student); determinándose que no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) entre las mediciones según grupo.

Tabla 4

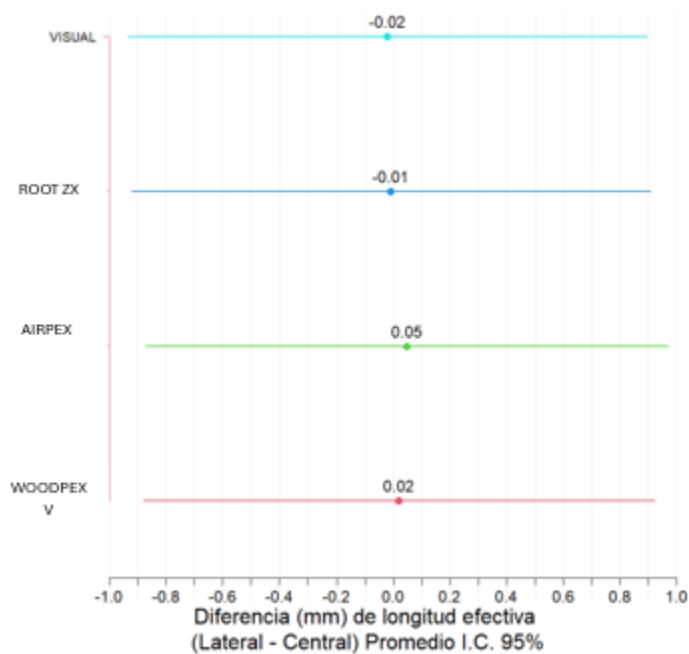
Tabla de Contraste entre mediciones según grupo

Medida	Promedio Lateral	Promedio Central	Diferencia	Lim.Inf	Lim.Sup	p.value
WOODPEX V	14.492	14.472	0.020	-0.880	0.920	0.964
AIRPEX	14.568	14.520	0.048	-0.873	0.969	0.915
ROOT ZX	14.348	14.356	-0.008	-0.923	0.907	0.986
VISUAL	14.348	14.368	-0.020	-0.935	0.895	0.964

Gráficamente, los intervalos de confianza al 95% muestran el mismo resultado; notándose además que para Visual y Root ZX Lateral tiende a ser ligeramente menor que Central; mientras que en Woopex V y Airpex Lateral tiende a ser ligeramente mayor que Central.

Figura 4

Figura de diferencias promedio según grupo I.C. 95%



Complementariamente, al contrastar la medida de longitud radiográfica (menos 0.5) y la medida desde el ápice hasta la punta de la lima; se verifica que no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) entre Lateral y Central.

Tabla 5

Tabla de medida de la longitud radiográfica (menos 0.5)

Grupo	Muestras	Mínimo	Máximo	Moda	Mediana	Promedio	D.E.	C.V.	Diferencia	p.valor
Lateral	25	10.6	15.9	13.573	14.080	13.944	1.423	10.203	0.068	0.879
Central	25	10.8	18.4	14.138	13.998	13.876	1.588	11.443		

Tabla 6

Tabla de medida desde el ápice hasta la punta de la lima

Grupo	Muestras	Mínimo	Máximo	Moda	Mediana	Promedio	D.E.	C.V.	Diferencia	p.valor
Lateral	25	0.2	0.6	0.499	0.475	0.444	0.106	23.904	0.044	0.294*
Central	25	0.2	0.6	0.494	0.468	0.400	0.126	31.623		

(*)Prueba de Wilcoxon

Para comparar VISUAL con la Longitud radiografía (menos 0.5) se presentan los p.valores obtenidos con la prueba de Wilcoxon y que dan lugar a entender que los valores en Lateral y Central mantienen diferencia significativa.

Tabla 7

Tabla de Contraste Visual vs Longitud Radiográfica (menos 0.5)

Grupo	Medida	Muestras	Mínimo	Máximo	Moda	Mediana	Promedio	D.E.	C.V.	Diferencia	p.valor
Lateral	Visual	25	11.4	16.3	13.94	14.526	14.348	1.38	9.682	0.404	0.000
	Longitud Radiográfica (menos 0.5)	25	10.6	15.9	13.57	14.080	13.944	1.42	10.20		
					3			3	3		
Central	Visual	25	11.2	19.1	14.57	14.461	14.368	1.61	11.20	0.492	0.000
	Longitud Radiográfica (menos 0.5)	25	10.8	18.4	14.13	13.998	13.876	1.58	11.44		
					8			8	3		

Además, la correlación de Pearson para estos indicadores se calcula en 1 tanto para Lateral como para Central; dando a entender que, a mayor valor de uno, mayor valor de otro proporcionalmente.

Discusión

Una determinación adecuada y correcta de la longitud de trabajo es la clave de éxito para un tratamiento de conducto radicular, reduciendo la posibilidad de un desbridamiento deficiente del conducto o un daño de los tejidos periapicales debido a una sobreinstrumentación [11].

Dada la importancia crítica de la determinación precisa de la longitud de trabajo en endodoncia, se han empleado diversos procedimientos, entre ellos la radiografía periapical, la

tomografía computarizada (TAC), la percepción táctil y los localizadores apicales electrónicos disponibles en diferentes marcas y sistemas [12]. Sin embargo, a pesar de la amplia cantidad de estudios actuales sobre los factores que comprometen el éxito del tratamiento endodóntico, las técnicas de medición de la longitud de trabajo y la utilización de dispositivos modernos aún requieren un análisis más profundo e investigaciones adicionales que permitan comprender con mayor exactitud su precisión y posibles alternativas [13].

El presente estudio evidencia que, si bien se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las distintas mediciones realizadas con los dispositivos electrónicos (Woodpex V, Airpex y Root ZX) y el método visual, dichas variaciones fueron mínimas en términos clínicos. En ambos grupos (dientes con foramen apical central y lateral) se mantuvo una correlación positiva casi perfecta entre los métodos, lo que confirma la consistencia y la confiabilidad de las técnicas evaluadas.

Un aspecto relevante es que, dentro de cada grupo, Root ZX y Visual no presentaron diferencias significativas, lo que sugiere que el método visual puede ofrecer resultados comparables a los equipos electrónicos en determinadas circunstancias. Sin embargo, los demás contrastes mostraron discrepancias leves pero constantes, destacando que Woodpex V tendió a subestimar la longitud en relación con Airpex y a sobreestimarla frente a Root ZX y Visual. Estas diferencias, aunque estadísticamente significativas, se mantienen en un rango clínicamente aceptable.

Al comparar ambos grupos, no se identificaron diferencias significativas entre dientes con foramen central o lateral, lo que indica que la localización del foramen apical no influye de manera determinante en la precisión de los sistemas evaluados. Asimismo, la longitud

radiográfica menos 0,5 mm y la distancia desde el ápice hasta la punta de la lima mostraron una adecuada concordancia entre grupos, reforzando la validez de estos métodos como referencia clínica.

Sharma y Arora [14] reportaron que el método electrónico presenta una precisión significativamente superior al método radiográfico en la determinación de la longitud de trabajo. En su estudio evidenciaron una diferencia estadísticamente significativa entre el uso de localizadores apicales electrónicos y el método radiográfico, lo que puso de manifiesto el alto sesgo e incompatibilidad existente entre ambos procedimientos.

Ding et al. [15] demostraron que, en presencia de forámenes laterales, si se considera el borde coronal del foramen mayor como punto de referencia apical, la longitud de trabajo tiende a **sobreestimarse ligeramente**. Esta observación fue respaldada por Piasecki et al. [16], quienes evidenciaron que la ubicación lateral del foramen mayor influye directamente en la precisión de las mediciones de la longitud de trabajo.

Por otra parte, al contrastar la longitud visual con la radiográfica ajustada (menos 0,5 mm), se evidenciaron diferencias significativas, lo que pone de manifiesto la necesidad de complementar la estimación visual con métodos radiográficos o electrónicos para minimizar errores en la determinación de la longitud de trabajo.

Gomide de Moraes et al. [17], en su investigación, compararon la radiografía periapical, la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y el localizador apical para la determinación de la longitud de trabajo. Concluyeron que la diferencia en el valor medio de la longitud de trabajo no fue estadísticamente significativa entre los tres métodos; sin embargo, la CBCT mostró una mayor precisión en comparación con los otros dos procedimientos. Jafarzadeh et al.

[18] compararon la determinación de la longitud de trabajo en segundos molares mandibulares con conductos en forma de “C”, utilizando radiografía periapical convencional y un localizador apical electrónico. Concluyeron que el localizador apical presentó una mayor precisión en comparación con la radiografía convencional.

Shin et al. [19] analizaron la exactitud del dispositivo Root ZX (J. Morita Corp., Tokio, Japón) en la detección de perforaciones radiculares. Sus resultados evidenciaron que la solución de hipoclorito de sodio al 5,25% presentó la mayor conductividad eléctrica, mientras que la clorhexidina al 2% y el RC-Prep mostraron los valores más bajos. Esto indica que los distintos materiales utilizados dentro del conducto, al poseer diferentes niveles de conductividad eléctrica, pueden influir de manera variable en la precisión de los localizadores apicales electrónicos (EAL) para identificar perforaciones.

Bilaiya et al. [20] analizaron la exactitud de los localizadores de ápice iPex (NSK, Tochigi, Japón), Root ZX Mini (J. Morita Co., Tokio, Japón) y Epex Pro (Eighteeth, Changzhou, China) en dientes con perforaciones radiculares, evaluándolos en condiciones secas y en presencia de distintas soluciones irrigantes (NaOCl, CHX y una combinación de CHX con EDTA). Los tres dispositivos mostraron su mayor precisión en conductos secos, destacando el Root ZX Mini, que en estas condiciones obtuvo los resultados más exactos y estadísticamente superiores a los demás grupos. En contraste, tanto con iPex como con Epex Pro no se encontraron diferencias significativas entre el uso de NaOCl y CHX ni entre CHX y EDTA. En conjunto, los resultados sugieren que todos los métodos analizados son consistentes y fiables, aunque presentan ligeras variaciones que deben considerarse en la práctica clínica. La ausencia de diferencias relevantes entre dientes con foramen apical central y lateral respalda la aplicabilidad de estos dispositivos en diferentes escenarios anatómicos. Sin embargo, la

combinación de técnicas —especialmente el apoyo radiográfico junto a los localizadores electrónicos— parece ser la estrategia más segura para optimizar la precisión en la determinación de la longitud de trabajo.

Conclusiones

Los localizadores electrónicos de ápice (WoodpeX V , Airpex y Root ZX), junto con el método visual, mostraron resultados consistentes al presentar altas correlaciones entre sí. No se evidenciaron diferencias relevantes entre dientes con foramen apical central o lateral, lo que confirma la aplicabilidad de estos métodos en distintas variaciones anatómicas. Si bien se registraron discrepancias entre los dispositivos, estas fueron estadísticamente significativas, pero clínicamente aceptables. El método visual ofreció un desempeño similar al sistema Morita; sin embargo, requiere ser complementado con radiografías o localizadores electrónicos para reducir el riesgo de error. En este sentido, la combinación de técnicas, en particular la integración de métodos radiográficos y electrónicos se plantea como la alternativa más confiable para obtener una determinación precisa de la longitud de trabajo.

Limitaciones

Las principales limitaciones de este estudio se centran en el tamaño de la muestra, ya que, con solo 50 dientes analizados, los resultados pueden no ser representativos de una población más amplia o diversa. Además, al llevarse a cabo en un entorno in vitro, no se logran replicar completamente las condiciones clínicas reales, lo que limita la aplicabilidad de los hallazgos en situaciones cotidianas de tratamiento. Las condiciones controladas de laboratorio pueden no reflejar la variabilidad de factores biológicos y clínicos que se encuentran en los pacientes reales.

Otro aspecto limitante es la tecnología utilizada, como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), que, aunque avanzada, puede presentar ciertos márgenes de error en la resolución de las imágenes y la interpretación radiográfica. A pesar de emplear un análisis estadístico adecuado, como el análisis de varianza (ANOVA) y las pruebas de Chi-cuadrado, el tamaño limitado de la muestra puede influir en la potencia estadística y la generalización de los resultados. La falta de variables clínicas adicionales también podría restringir la capacidad para aplicar estos resultados en diversas condiciones de salud y prácticas endodónticas.

Fortalezas

Las principales fortalezas de este estudio incluyen el uso de tecnologías avanzadas, como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), que permite una evaluación precisa y detallada de la longitud radicular y las características del conducto, con una resolución superior a otras técnicas radiográficas convencionales. Además, la estandarización de los procedimientos, como la irrigación con NaCl y el uso de limas de tamaño 15 K para las mediciones, garantiza la reproducibilidad y consistencia de los resultados obtenidos.

Otro punto fuerte es el diseño experimental controlado, que permite un análisis exhaustivo de los dientes en condiciones específicas y bajo un protocolo preciso. Esto asegura que las mediciones sean comparables y que los resultados sean más fiables dentro del marco del estudio. Asimismo, el análisis estadístico realizado con herramientas como el SPSS y los métodos apropiados de análisis de varianza y prueba de Chi-cuadrado refuerza la validez y solidez de los datos obtenidos, proporcionando una base sólida para interpretar los hallazgos.

Recomendaciones

Se recomienda realizar investigaciones futuras utilizando un enfoque **longitudinal** para evaluar los efectos a largo plazo de las técnicas y medidas adoptadas en este estudio, así como investigaciones **transversales** que puedan proporcionar una visión instantánea de las condiciones clínicas de los pacientes. Además, un **estudio comparativo** entre diferentes tecnologías de imagen, como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), la resonancia magnética y la tomografía de coherencia óptica, podría ofrecer una comprensión más completa de la precisión y efectividad de cada método en la evaluación del conducto radicular.

También sería útil realizar **investigaciones experimentales in vivo**, donde se pueda analizar la precisión de las mediciones en condiciones clínicas reales, considerando la variabilidad biológica y las características individuales de los pacientes. De igual manera, un enfoque **cuasi-experimental** que evalúe las intervenciones en un grupo de pacientes bajo diferentes condiciones de tratamiento permitiría una comparación más rigurosa de las técnicas utilizadas. Estas estrategias podrían proporcionar una mayor aplicabilidad clínica y mejorar la comprensión sobre la longitud radicular y la permeabilidad en distintos escenarios.

Conflicto de interés: Los autores afirman que no tienen intereses en conflicto respecto al tema tratado en el estudio.

Financiamiento: El presente estudio fue autofinanciado por los investigadores.

Referencias

- Barakat RM, Almohareb RA, Alharbi AO, Alhazmi A, Alomar R. Comparative Accuracy and Reliability of Three Electronic Apex Locators in Determining the Apical Constriction of Molar Canals: A Micro-CT Evaluation. *J Clin Med*. 2024 Sep 2;13(17):5199. doi: 10.3390/jcm13175199. PMID: 39274411; PMCID: PMC11396558.
- Bilaiya S, Patni PM, Jain P, Pandey SH, Raghuwanshi S, Bagulkar B. Evaluación comparativa de la precisión de los localizadores de ápice IpeX, Root Zx Mini y Epex Pro en dientes con perforaciones radiculares artificiales en presencia de diversos irrigantes intraconductos. *Euro Endod J*. 2020;5(1) doi: 10.14744/ej.2019.07279.
- De Moraes ALG, de Alencar AHG, de Araújo Estrela CR, Decurcio DA, Estrela C. Determinación de la longitud de trabajo mediante tomografía computarizada de haz cónico, radiografía periapical y localizador de ápice electrónico en dientes con periodontitis apical: un estudio clínico. *Iran Endod J*. 2016;11(3):164. doi: 10.7508/iej.2016.03.003.
- Ding J., Gutmann JL, Fan B., Lu Y., Chen H. Investigación de localizadores de ápice y factores morfológicos relacionados. *J. Endod*. 2010;36:1399–1403. doi: 10.1016/j.joen.2010.04.006.
- Hasheminia SM, Jahadi S, Moghaddam FG, Bagherieh S. Comparison of the accuracy of apex locator, digital radiography, and cone-beam computed tomography in root canal working length determination in teeth with external root resorption: An in vitro study. *Dent Res J (Isfahan)*. 2024 Jan 25;21:8. PMID: 38425325; PMCID: PMC10899164. (Hasheminia et al, 2024)

- Jafarzadeh H, Beyrami M, Forghani M. Evaluación de la radiografía convencional y un localizador de ápice electrónico para determinar la longitud de trabajo en conductos en forma de C. Iran Endod J. 2017;12(1):60. doi: 10.22037/iej.2017.12.
- Kara Tuncer A, Gerek M. Efecto de la medición de la longitud de trabajo mediante localizador de ápice electrónico o radiografía digital sobre el dolor posoperatorio: un ensayo clínico aleatorizado. J Endod. 2014;40(1):38–41.
- López-Maekawa A, García Rupay CR. Accuracy of Four Apex Locators in Premolars with Root Resorption: An *In vitro* Study. Iran Endod J. 2022 Winter;17(1):20-26. doi: 10.22037/iej.v17i1.35498. PMID: 36703871; PMCID: PMC9868988.
- Mahmoud O, Awad Abdelmagied MH, Dandashi AH, Jasim BN, Tawfik Kayali HA, Al Shehadat S. Comparative Evaluation of Accuracy of Different Apex Locators: Propex IQ, Raypex 6, Root ZX, and Apex ID with CBCT and Periapical Radiograph-In Vitro Study. Int J Dent. 2021 May 4;2021:5563426. doi: 10.1155/2021/5563426. PMID: 34054960; PMCID: PMC8112958.
- Monisha R, Sivakumar A, Chittrarasu M, Sampath SJ, Soundappan SP, Benny R. Comparative evaluation of accuracy of working length determination with fifth-generation apex locator using two different techniques: An in vitro study. J Conserv Dent Endod. 2024 Mar;27(3):240-245. doi: 10.4103/JCDE.JCDE_210_23. Epub 2024 Mar 6. PMID: 38634026; PMCID: PMC11019798. (Monisha et al, 2024)
- Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Resultados del tratamiento de conductos primarios: revisión sistemática de la literatura: parte 2: influencia de los factores clínicos. Int Endod J. 2008;41:6–31.

Piasecki L., Carneiro E., Neto UXDS, Westphalen VPD, Brandão CG, Gambarini G., Azim AA.

Uso de la microtomografía computarizada para determinar la precisión de dos localizadores de ápice electrónicos y las variaciones anatómicas que afectan su precisión. *J. Endod.* 2016;42:1263–1267. doi: 10.1016/j.joen.2016.04.024.

Pisano M, Sangiovanni G, Frucci E, Scorziello M, De Benedetto G, Iandolo A. Evaluation of the

Accuracy of Electronic Apex Locators in Modern Endodontics: An Umbrella Review.

Medicina (Kaunas). 2024 Oct 18;60(10):1709. doi: 10.3390/medicina60101709. PMID: 39459496; PMCID: PMC11510102.

Ramezani M, Bolbolian M, Aliakbari M, Alizadeh A, Tofangchiha M, Faegh SM, Patini R,

D'Amato G. Accuracy of Three Types of Apex Locators versus Digital Periapical

Radiography for Working Length Determination in Maxillary Premolars: An In Vitro

Study. *Clin Pract.* 2022 Dec 12;12(6):1043-1053. doi: 10.3390/clinpract12060107.

PMID: 36547115; PMCID: PMC9777103.}

Sharma MC, Arora V. Determinación de la longitud de trabajo del conducto radicular. *Med J*

Armed Forces India. 2010;66(3):231–4.

Shanmugaraj M, Nivedha R, Mathan R, Balagopal S. Evaluación de métodos de determinación

de la longitud de trabajo: un estudio in vivo/ex vivo. *Indian J Dent Res.* 2007;18:60–2.

Shin HS, Yang WK, Kim MR, Ko HJ, Cho KM, Park SH, Kim JW. Precisión de la técnica Root

ZX en dientes con perforación radicular simulada en presencia de irrigante endodóntico

en gel o líquido. *Restor Dent Endod.* 2012;37(3):149–54. doi: 10.5395/rde.2012.37.3.149.

Swapna DV, Krishna A, Patil AC, Rashmi K, Pai VS, Ranjini MA. Comparison of third generation versus fourth generation electronic apex locators in detecting apical constriction: An in vivo study. *J Conserv Dent*. 2015 Jul-Aug;18(4):288-91. doi: 10.4103/0972-0707.159726. PMID: 26180412; PMCID: PMC4502123.

Van Pham K, Kim Khuc N. The Accuracy of Endodontic Length Measurement Using Cone-Beam Computed Tomography in Comparison with Electronic Apex Locators. *Iran Endod J*. 2020 Winter;15(1):12-17. doi: 10.22037/iej.v15i1.26720. PMID: 36704319; PMCID: PMC9723209

Van Pham K. Endodontic length measurements using 3D Endo, cone-beam computed tomography, and electronic apex locator. *BMC Oral Health*. 2021 May 18;21(1):271. doi: 10.1186/s12903-021-01625-w. PMID: 34006262; PMCID: PMC8130300.