

**LOCALIZADORES APICALES EN DIFERENTES GRUPOS ETAREOS: UNA REVISIÓN  
NARRATIVA DE LITERATURA**

**Sylvia Estefanía Agudelo Márquez**

**María Luisa Morales Fernández**

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE  
PROGRAMA DE ENDODONCIA-FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
BOGOTÁ DC.- JULIO 2022**

## HOJA DE IDENTIFICACIÓN

<b>Universidad</b>	El Bosque
<b>Facultad</b>	Odontología
<b>Programa</b>	Endodoncia
<b>Título:</b>	Localizadores apicales en diferentes grupos etareos: Una Revisión Narrativa de literatura
<b>Línea de investigación:</b>	Endodoncia
<b>Grupo de Investigación</b>	Unidad de Epidemiología Clínica Oral-UNIECLO
<b>Tipo de investigación:</b>	Posgrado/Grupo de Investigación
<b>Estudiantes:</b>	Sylvia Estefanía Agudelo Márquez María Luisa Morales Fernández
<b>Director:</b>	Dra. Diana Álzate
<b>Asesor metodológico</b>	Luis Fernando Gamboa
<b>Otros asesores</b>	Dra. Carolina Olaya Dr. Javier Laureano Niño

## **DIRECTIVOS UNIVERSIDAD EL BOSQUE**

<b>OTTO BAUTISTA GAMBOA</b>	Presidente del Claustro
<b>JUAN CARLOS LÓPEZ TRUJILLO</b>	Presidente Consejo Directivo
<b>MARIA CLARA RANGEL GALVIS</b>	Rector(a)
<b>NATALIA RUÍZ ROGERS</b>	Vicerrector(a) Académico
<b>RICARDO ENRIQUE GUTIÉRREZ MARÍN</b>	Vicerrector Administrativo
<b>GUSTAVO SILVA CARRERO</b>	Vicerrectoría de Investigaciones.
<b>CRISTINA MATIZ MEJÍA</b>	Secretaria General
<b>JUAN CARLOS SANCHEZ PARIS</b>	División Postgrados
<b>MARIA ROSA BUENAHORA TOVAR</b>	Decana Facultad de Odontología
<b>MARTHA LILILIANA GOMEZ RANGEL</b>	Secretaria Académica
<b>DIANA MARIA ESCOBAR JIMENEZ</b>	Director Área Bioclínica
<b>ALEJANDRO PERDOMO RUBIO</b>	Director Área Comunitaria
<b>JUAN GUILLERMO AVILA ALCALÁ</b>	Coordinador Área Psicosocial
<b>INGRID ISABEL MORA DIAZ</b>	Coordinador de Investigaciones Facultad de Odontología
<b>IVAN ARMANDO SANTACRUZ CHAVES</b>	Coordinador Postgrados Facultad de Odontología
<b>DIANA CAROLINA ÁLZATE</b>	Directora Programa de Endodencia

**“La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.**

## GUÍA DE CONTENIDO

Resumen

Abstract

	Pág.
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Antecedentes</b>	<b>3</b>
<b>3. Objetivos</b>	<b>6</b>
<b>4. Metodología para el desarrollo de la revisión</b>	<b>7</b>
a. Tipo de estudio	
b. Métodos	
<b>5. Pregunta(s) orientadoras</b>	<b>10</b>
<b>6. Estructura de la revisión</b>	<b>11</b>
<b>7. Búsqueda de información</b>	<b>12</b>
a. Selección de palabras claves por temática	
b. Estructuración de estrategia de búsqueda por temática	
c. Resultados de aplicación de estrategia de búsqueda por temática en bases de datos (Pubmed -Embase)	
d. Preselección de artículos por temática	
Selección de artículos por temática	
e. Proceso de extracción de información de artículos por temática	
<b>8. Consideraciones en Propiedad Intelectual</b>	<b>15</b>
a. Sustento legal	
<b>9. Resultados</b>	<b>16</b>
a. Resumen de proceso de búsqueda de información	
b. Resultados de proceso de extracción de información	
<b>10. Referencias bibliográficas</b>	<b>24</b>

## RESUMEN

### LOCALIZADORES APICALES EN DIFERENTES GRUPOS ETAREOS: UNA REVISIÓN NARRATIVA DE LITERATURA

**Antecedentes:** Estudios previos encontraron factores pueden afectar la exactitud de los localizadores apicales en la determinación de la longitud de trabajo. La edad genera cambios anatómicos en la constricción apical que podría influir la exactitud de estos dispositivos. En la literatura no hay evidencia suficiente sobre el efecto de esta variable en la exactitud. Con los años se han usado diferentes métodos para establecer la exactitud de los localizadores apicales en diferentes tipos de estudios (Invivo, Exvivo, Invitro). Destacando que no existe evidencia sobre la metodología más confiable y reproducible para evaluar la exactitud de los localizadores apicales.

**Objetivo:** Plantear mediante una revisión de literatura, una metodología factible para establecer la exactitud de los localizadores apicales en diferentes grupos etareos, determinando si hay influencia en los cambios morfológicos asociados a la edad que puedan afectar la exactitud de estos dispositivos. **Materiales y Métodos:** Por medio de las palabras claves (términos MeSH), se realizaron estrategias de búsquedas en PubMed, EmBase, Cochrane y Mendeley, aplicando los criterios de inclusión y exclusión, clasificándose en tres tablas de Excel (Invivo, Exvivo e Invitro) para el análisis descriptivo, identificando variables; Revista, autores, año de publicación, título del artículo, método de evaluación, marcas de localizadores usados, edades y resultados de exactitud. **Resultados:** Un total de 112 artículos (14 Invivo, 51 Exvivo y 47 Invitro). El método para verificar la medida en boca en los estudios in vivo fué la radiografía periapical reportado en los 14 estudios, en los Ex vivo una vez tomada la medida en boca el método de verificación más usado es la exodoncia y visualización bajo microscopio con 20 artículos reportado, y en los in vitro el modelo de alginato es el más reportado en 24 artículos. La edad fue reportada en 19 estudios. **Conclusiones:** La exactitud de los localizadores apicales es afectada por factores como el diámetro de la lima, COE, agrandamiento del foramen apical. La edad no ha sido un factor que hasta el momento se haya relacionado con la exactitud de los localizadores apicales. El modelo de Alginato refiere ser el medio más empleado en estudios experimentales de los localizadores.

**Palabras claves:** (Localizador apical electrónico, Localizador apical , impedancia eléctrica, edad, calcificación de la pulpa dental, obliteración, generaciones, exactitud).

## ABSTRACT

### APEX LOCATORS IN DIFFERENT AGE GROUPS; NARRATIVE REVIEW

**Background:** Studies have shown there are factors that may affect the trueness of apex locators regarding intervention length and anatomical changes due to age may be among those; however, there is not enough evidence to support this. Various methods have been used throughout in order to establish trueness of locators with different types of studies (in vivo, ex vivo, in vitro), emphasizing there is no evidence regarding the most reliable technology. **Objective:** to set a feasible methodology by means of a literature review in order to establish the trueness of apex locators in different age groups. Determining if morphological changes due to age influence these devices. **Materials and methods:** Search strategies using key words (MeSH) in PubMed, EmBase, Cochrane and Mendeley with inclusion and exclusion criteria, classified in three Excel databases (in vivo, ex vivo, in vitro) for a descriptive analysis, identifying variables such as journal, authors, year of publication, title of article, evaluation method, apex locator brands, ages and trueness results. **Results:** A total of 112 articles (14 in vivo, 51 ex vivo and 47 in vitro). The method for mouth dimensions verifications in the in vivo studies was periapical radiography reported in the 14 studies. For ex vivo was exodontia and microscope visualization with 20 reported articles. For in vitro was the alginate model with 24 reported articles. Age was reported in 19 studies. **Conclusions:** Trueness of apex locators was affected by factors such as file diameter, COE and widening of the apical foramen. Age has not been a factor which has been related with their trueness. The alginate model was the most used method in experimental studies.

**KEYWORDS:** (electronic apex locators, apex locator, electric impedance, ages, calcification dental pulp, obliteration, generations, accuracy).

## 1. Introducción

La longitud de trabajo (LT) en endodoncia es aquella distancia que va desde el punto de referencia coronal hasta la unión cemento dentina en extremo apical de la raíz del diente(1)(2). Este parámetro es importante ya que define hasta dónde llegará la preparación y obturación endodóntica del diente, la cual se ha establecido que debe llegar hasta el CDC (Constricción dentina cemento). De acuerdo con estudios anatómicos la CDC se ha encontrado a 0,5-1 mm del foramen mayor en el ápice (3). Con base a ello se han desarrollado métodos para poder determinar la LT, en donde se destacan métodos tradicionales como: conocimientos promedios de anatomía, sensación táctil, método de la punta de papel, sensibilidad periodontal apical, radiografía y método electrónico con localizadores apicales (LA)(4).

El localizador apical fue propuesto por primera vez por Custer en 1918 (5), luego en la investigación de Suzuki en 1942 se empezó a hablar sobre resistencia eléctrica de los tejidos orales (6), sin embargo, se usó por primera vez en 1960 en la endodoncia gracias a Sunada (7). Esta primera generación de localizadores apicales se basó en la resistencia eléctrica de la Ley de Ohm, que mide la corriente continua, mientras que los localizadores apicales de segunda generación se basaron en la impedancia que cambia la Ley de Ohm, a  $\text{voltaje/corriente} = \text{impedancia}$  en corriente alterna, es decir, la impedancia se expresa como la suma de resistencia y reactancia y los valores de impedancia dependen de las frecuencias de la corriente alterna; lo que explica que la relación entre dos impedancias eléctricas disminuye a medida que la punta de la lima se acerca al foramen apical, generando una lectura en el localizador apical (8).

Esta segunda generación permitió una correcta lectura del localizador apical en presencia de electrolitos, lo que ha facilitado la introducción al mercado de los localizadores de nueva generación (tercera, cuarta, quinta y sexta) (9). Se ha demostrado en estudios recientes que los localizadores apicales han mejorado las técnicas usadas anteriormente como la sensación táctil o radiografías (7,9). Bashar en el 2018 estudio la exactitud de los localizadores apicales de nueva generación concluyendo que estos muestran una exactitud hasta del 96% (10), también se destaca que la exactitud de estos localizadores no es afectada por sustancias como



NaOCL y EDTA, ya que la precisión se encontraba entre los rangos de 83% al 100% (11,12), lo que da una exactitud confiable de la LT y un mejor pronóstico en el tratamiento endodóntico, el establecimiento erróneo de esta medida puede afectar las etapas de limpieza, conformación y obturación de las cuales depende en cierta medida el pronóstico del diente (9).

Kuttler en 1955, concluyó que el diámetro del foramen mayor aumenta con la edad por la aposición de cemento (diámetro de 502 micrones para los jóvenes y 681 para mayores de 55 años) mientras que el diámetro del CDC disminuye (298 micrones para jóvenes y 268 micrones para personas mayores de 55 años) (3). Otro cambio anatómico que destaca este autor es que el punto de CDC se aleja del foramen y se acerca cuello dentinario con el paso de la edad, cambiando a su vez la forma del CDC siendo más amplio vestibulolingualmente que mesiodistalmente (3). Por lo tanto, se puede sospechar que estos cambios con la edad pueden causar alteraciones en la exactitud de los localizadores. Con base en ello se busca plantear mediante una revisión de literatura, una metodología factible para investigar la exactitud de los localizadores apicales en diferentes grupos etareos.

## 2. Antecedentes

Con el paso del tiempo el operador en endodoncia se ha visto en la tarea de buscar métodos y alternativas que faciliten el proceso de conductometría para realizar correctamente el tratamiento de endodoncia, lo que ayude a minimizar el reto de tratar dientes con altos grados de complejidad, tales como ayudas radiográficas y la invención del localizador apical. Custer en 1918 propuso introducir un alambre en el conducto radicular, e identificó que cuando este se aproximaba al foramen apical había un movimiento diferente, a lo cual años más tarde en 1942 Susuki en un estudio de iontoforesis, encontró que existía un circuito con el diente y el medio externo, donde se encontraba una resistencia constante cuando se acercaba al foramen (5,6). Sunada en el año 1962 tomó como bases los estudios de Susuki con respecto a la resistencia constante y de esta manera se conoció la resistencia eléctrica que existía entre el ligamento periodontal y la mucosa oral que tenía un valor constante de 6.5 k $\Omega$  (7). Posteriormente Sunada aplicó al área clínica los conceptos anteriormente propuestos por Suzuki, donde estableció que era posible diseñar un dispositivo con la capacidad de determinar el límite apical de los dientes (7).

A partir de ahí se desarrollaron varias generaciones de localizadores apicales, inicialmente se basaban en el principio de corriente continua, sin embargo, la poca precisión condujo al desarrollo de localizadores apicales que se basaban en corriente alterna(11). En los localizadores de segunda generación, que usaban una sola frecuencia de corriente alterna para detectar cambios en la impedancia dentro del conducto, los estudios mostraron que su precisión está entre el 83% y 93.4% (12,13). La principal desventaja de los localizadores apicales de segunda generación se basa en que el conducto debe ser relativamente libre de materiales eléctricamente conductores para una precisa lectura. La presencia de tejido pulpar e irrigantes pueden alterar la conducción eléctrica dentro del conducto y conducir a un error de medición (14).

Los localizadores apicales de tercera generación se introdujeron en 1990 para superar las deficiencias de la primera y la segunda generación. El Root ZX (J.Morita Corp., Tokio, Japón)

es un ejemplo de esta generación y se considera como un estándar de oro para evaluar los dispositivos más nuevos para determinar longitudes radiculares (15,16). Actualmente se cuentan con localizadores modernos de quinta y sexta generación que le ofrecen una pantalla más nítida y conexión inalámbrica que permite incorporarse al motor para la preparación del conducto. En el mercado podemos encontrar el Woodpex III (Woodpecker, China-quinta generación) del cual Zahra et al., en el 2019 quisieron comparar la precisión de éste frente al C-Root (Coxo, China) y el Root ZX, con 30 incisivos centrales superiores, arrojando una precisión de 76,7% el Root ZX, 90% el Woodpex III y 93% el C-Root, sin diferencias estadísticas significativas para los tres localizadores frente a la prueba histológica o gold standard (17-19). Con respecto al Propex IQ (Dentply, Sirona), es un dispositivo electrónico, considerado como un localizador de sexta generación, que permite integrarse a la pieza de mano o motor X-Smart IQ, con la comunicación inalámbrica de la aplicación Endo IQ. Por ser un dispositivo sacado al mercado recientemente, no hay literatura diferente a la de la casa comercial que fundamente y determine la exactitud de este (20).

Estudios previos encontraron que un gran número de factores pueden afectar la exactitud de los localizadores apicales en la determinación de la longitud de trabajo en el tratamiento endodóntico y las mediciones no siempre son 100% exactas. Algunos de estos factores son: la anatomía del conducto radicular y el tipo de diente, conductividad eléctrica del tejido pulpar, obstrucción del conducto radicular, ubicación del foramen apical, tamaño del foramen apical, perforación previa del conducto, presencia o ausencia de irrigación en el conducto o algún otro fluido, el tipo y tamaño de lima para la medición que no logra contactar las paredes de dentina, solventes de gutapercha, cemento sellador y gutapercha residual sobre las paredes (21,22).

En la literatura no hay evidencia suficiente sobre el efecto que puede tener la edad de los pacientes en la exactitud de los localizadores, sin embargo uno de los estudios clásicos sobre el tema, es el de Kuttler en 1955 que estudió la anatomía apical bajo microscopio y determinó que existe una porción estrecha en el canal, la cual es reconocida por el localizador apical, pero no se localiza en el foramen, ya que por la aposición de dentina durante la edad el aspecto en forma de embudo de esta parte terminal del canal es más marcado en las personas

mayores, debido al mayor diámetro del foramen y al menor diámetro del canal que se produce con la edad (3).

### **3. Objetivos**

#### **Objetivo general del estudio**

Plantear mediante una revisión de literatura, una metodología factible para establecer la exactitud de los localizadores apicales en diferentes grupos etareos.

#### **Objetivos específicos**

- Reportar la exactitud de los localizadores apicales de las diferentes generaciones.
- Describir los métodos que se utilizan para determinar la exactitud de los localizadores apicales tanto in vivo como in vitro
- Analizar estudios previos que correlacionen la edad con la exactitud del localizador apical

#### 4. Metodología

##### a) Pregunta de la revisión

*¿Buscar evidencia o (estudios) que permita determinar cuál es la metodología más factible o (confiable) para establecer la longitud de los localizadores apicales en pacientes de diferentes grupos etareos?*

**b) Tipo de estudio:** Revisión Narrativa de la literatura.

##### c) Metodología para el desarrollo de la revisión:

2. Palabras claves: para definición de las variables de estudio y/o sus interrelaciones para establecer el estado del arte de la investigación			
PICO	Variable	Palabras claves	
P	Grupos etarios	Palabra clave	Grupos Etarios, Grupos de edad
		Términos [MeSH] inglés	Age Group Group, Age Groups, Age
		Términos [Emtree] inglés	Groups by age
		Sinónimos	age groups, organisms by age
I	Localizador apical	Palabra clave	Localizador apical impedancia
		Términos [MeSH] inglés	odontometrics, tooth apex, electric impedance. Electronic apex locators, apex locator

		Términos [Emtree] inglés	Electronic apex locator
		Sinónimos	apex locator; endodontic apex locator; Foramatron
C	Obliteración dental	Palabra clave	Calcificación pulpar, Obliteración pulpar
		Términos [MeSH] inglés	Tooth calcification, Calcinosis, Dental Pulp Calcification, calcification physiologic
		Términos [Emtree] inglés	tooth development
		Sinonimos	dental development; dental formation; development, dental; development, tooth; odontogenesis; tooth calcification; tooth formation; tooth growth; tooth mineralization
	última generación	Palabra clave	Última generación
		Términos [MeSH] inglés	New generation
		Términos[Emtree] e] inglés	Generations
		Sinónimos	New generations
0	Exactitud	Palabra clave	Exactitud
		Términos [MeSH] inglés	Accuracy

		Términos [Entree] inglés	Accuracy AND diagnostic Accuracy
		Sinónimos	Accuracy

Por medio de las palabras claves establecidas con los términos MeSH: electronic apex locators, apex locator, electric impedance, ages, calcification dental pulp, obliteration, generations, accuracy, se realizaron estrategias de búsquedas en las bases de datos PubMed, EmBase, Cochrane y Mendeley y de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión se seleccionaron los artículos, para lograr el objetivo de este estudio.



## **5. Pregunta(s) orientadoras:**

1. ¿Qué determina la exactitud de un localizador apical?
2. ¿Cómo se evalúa la exactitud de un localizador?
3. ¿La edad del paciente afecta la exactitud en la medición del localizador apical?
4. ¿Cuáles son los métodos que se usan para determinar la exactitud del localizador apical de acuerdo con la literatura?
5. ¿Cuáles son los posibles escenarios en donde el localizador no pueda hacer una correcta lectura de la constricción apical?

## 6. Estructura de la revisión

Las temáticas para desarrollar en la presente revisión son:

- Introducción/objetivo.
- Metodología de búsqueda de información.
- La evolución del localizador apical.
- Descripción de la exactitud del localizador apical en la medición de la longitud radicular.
- Factores que influyen en la exactitud de la medición del localizador.
- Tipos de estudios llevados a cabo para medir la exactitud de los localizadores apicales.

## 7. Búsqueda de información

### a. Selección de palabras claves por temática

### b. Estructuración de estrategia de búsqueda por temática

BÚSQUEDA	PUBMED
#1	apex locator AND Accuracy
2	apex locator AND Accuracy AND generation
#3	electronic apex locators AND Accuracy AND age AND endodontics
#4	electronic apex locators OR apex locator OR Electric impedance AND Accuracy AND age
#5	electronic apex locators OR apex locator OR Electric impedance AND Accuracy AND age AND calcification pulp AND endodontics
FINAL	electronic apex locators OR apex locator OR Electric impedance AND Accuracy AND age AND endodontics
BÚSQUEDA	EMBASE
#1	effectiveness AND 'electronic apex locator'/exp
#2	('apex locator'/exp OR 'apex locator' OR (('apex'/exp OR apex) AND ('locator'/exp OR locator))) AND ('age'/exp OR 's age')
#3	('calcification pulp' OR 'tooth development'/exp) AND 'electronic apex locator'/exp
#4	'generations' AND apex AND locator
#5	'generations' AND apex AND locator AND 'accuracy'
FINAL	No es aplicable una búsqueda final ya que hay diversas variables en la revisión narrativa

<b>BUSQUEDA</b>	<b>COCHRANE</b>
#1	electronic apex locators AND "accuracy"
#2	electronic apex locators AND "accuracy" OR age AND endodontics
#3	(electronic apex locators) OR (apex locator) AND (Electric impedance) AND age OR calcification pulp'AND (Endodontics)
FINAL	Apex locator OR "impedance" AND "age "AND "accuracy" AND "generation"
<b>BÚSQUEDA</b>	<b>MENDELEY</b>
#1	electronic apex locators root length determination
#2	obliteration AND apex locator
#3	apex locator accuracy
#4	ages AND apex locator
FINAL	Apex locator AND obliteration OR ages AND accuracy

**c. Resultados de aplicación de estrategia de búsqueda por temática en bases de datos (Pubmed -Embase- Cochrane y Mendeley)**

Ver anexos

**d. Preselección de artículos por temática**

**d. Selección de artículos por temática**

**Criterios de inclusión**

- Artículos en idioma de inglés y español.
- Se seleccionarán estudios in vivo, ex vivo e in vitro.
- Artículos en las bases de datos: PubMed, EMBASE, COCHRANE Y MENDELEY.
- Artículos que se hayan publicado en revistas indexadas.

### **Criterios de exclusión**

- Dientes temporales.
- Reportes de caso.

### **e. Proceso de extracción de información de artículos por temática**

Luego de aplicar los criterios de selección, se realizará la extracción de datos de los artículos que van a ser incluidos en la revisión, mediante tablas de Excel, en las cuales se digitaron las siguientes variables: *Revista, autores, año de publicación, idioma, título del artículo, método de evaluación, marcas de localizadores usados, tipo de estudio (in vivo, in vitro, ex vivo), rangos de edad de dientes usado (en caso de que el artículo lo menciona) y por último los resultados,* desde las publicaciones más antiguas hasta las más recientes publicadas en la literatura.

## **8. Consideraciones en propiedad intelectual**

**b. Sustento legal:** No aplica

## 9. Resultados

### a. Resumen del proceso de búsqueda de información

Con base en la revisión realizada se buscó cumplir con los objetivos del presente estudio, era establecer la exactitud de los localizadores apicales en diferentes grupos etareos. Así mismo en concordancia con los objetivos específicos mediante identificación y análisis de los artículos seleccionados, se investigó la exactitud de los LA de diferentes generaciones, describiendo de igual forma los métodos que se utilizaron para determinar dicha exactitud de estos dispositivos tanto *In vivo*, *Ex vivo* e *In vitro* y se analizaron los estudios previos que correlacionaron la edad del paciente con la exactitud del LA.

### b. Resultados de proceso de extracción de información

Una vez realizada la búsqueda en las bases de datos, se obtuvo un total de 140 artículos preseleccionados, luego de aplicar los criterios de inclusión, se determinó un tamaño de muestra de 112 artículos para esta revisión narrativa de la literatura, los cuales se clasificaron en *In vivo*: 14 estudios, *Ex vivo*: 51 estudios e *In vitro*: 47 estudios.

Se extrajeron de cada artículo los siguientes datos: año de publicación, revista, autores, localizadores evaluados, metodología empleada y edad de los participantes.

#### *Localizadores evaluados*

La tabla 1 muestra los localizadores más utilizados en cada uno de los tipos de estudio. De los 112 artículos incluidos se encontró que el localizador más evaluado es el Root ZX® (J. Morita, Kyoto, Japón) utilizado en 61 artículos; 6 *In vivo*, 26 *Ex vivo* y 29 *In vitro*. El segundo LA estudiado es el Raypex 5® (VDW, Munich, Alemania) en 20 artículos; 4 *In vivo*, 8 *Ex vivo*, 4 *In vitro*. En tercer lugar, el localizador Elements® (SybronEndo, Anaheim, CA) utilizado en 13 artículos; 1 *In vivo*, 4 *Ex vivo*, 8 *In vitro*. Los LA Tri Auto ZX 2 (J. Morita, Kyoto, Japón), Propex IQ® (Dentsply, Sirona, US), I Root Apex (MetaBioMed, Corea del Sur), Endomaster (EMS, Electro medical systems, Suiza), X Smart Dual® (Dentsply, Sirona, US), Endocater® (Hygenic Corp., Akron, OH), C-Root (COXO, China) se encontraron en una publicación. Dos de los estudios *Ex vivo* no reportaron la marca de localizador utilizada.(23,24).

**Tabla 1.** Localizadores apicales más reportados en la literatura. Análisis estadístico realizado por Dra. Sylvia Agudelo y Dra. María Luisa Morales, datos obtenidos Agudelo et al., 2022

<b>Localizadores Apicales</b>	<b>In vivo</b>	<b>Ex vivo</b>	<b>In vitro*</b>	<b>Total de artículos</b>
<b>Root zx®</b>	<b>6</b>	<b>26</b>	<b>29</b>	<b>61</b>
<b>Raypex 5®</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>20</b>
<b>Elements®</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>13</b>

\* Número de artículos reportados.

#### *Revistas y Autores*

La tabla 2 muestra las revistas con más publicaciones de los artículos incluidos en esta revisión de la literatura. De los 112 artículos evaluados 38 fueron publicados en el Journal of Endodontics, 18 artículos en el International Endodontic Journal y 8 artículos en Australian Endodontic Journal. Entre los autores con más publicaciones se encontró a Vasconcelos y col con 3 artículos, y con 2 publicaciones se encontró a Durán- Sindreu y col, Gutmann y col, Herrera y col y Topuz y col.

**Tabla 2.** Revistas con más publicaciones de los estudios incluidos. Análisis estadístico realizado por Dra. Sylvia Agudelo y Dra. María Luisa Morales, datos obtenidos Agudelo et al., 2022

<b>Revista</b>	<b>Número de publicaciones</b>
<b>Journal of Endodontics (JOE)</b>	<b>38</b>
<b>International Endodontic Journal (IEJ)</b>	<b>18</b>
<b>Australian Endodontic Journal (AEJ)</b>	<b>8</b>

\*Número de publicaciones para cada revista.

#### *Años de publicación*



La tabla 3 muestra los años de publicación en comparación con el número de artículos publicados en cada año. Los artículos evaluados datan del año 1984 al 2021, para los estudios *Ex vivo* se evidenció un mayor número de publicaciones en el año 2012 (7 artículos), en los estudios *In vivo* hubo una constancia de publicaciones desde el 2007 hasta la actualidad. En cuanto a los estudios *In vitro* el año con más publicaciones fue el 2020 (4 artículos).

**Tabla 3.** Años de publicación de los artículo. Análisis estadístico realizado por Dra. Sylvia Agudelo y Dra. María Luisa Morales, datos obtenidos Agudelo et al., 2022

<b>Año de publicación</b>	<b><i>In Vivo</i></b>	<b><i>Ex Vivo</i></b>	<b><i>In Vitro</i></b>
<b>1984-1994</b>	1	6	3
<b>1995-2005</b>	0	6	8
<b>2006-2016</b>	9	31	19
<b>2017-2021</b>	4	8	17
<b>Total (112)</b>	14	51	47

**\*Número de publicaciones por años en cada método de estudio.**

#### *Métodos de Evaluación*

La tabla 4 y 5 muestra los resultados cuantitativos de las metodologías aplicadas en cada tipo de estudio. Con respecto a los estudios *In vivo*: Estos 14 estudios tenían en común que todos los procesos de medición se realizaron en boca y utilizaron como medios diagnósticos la radiografía periapical y el CBCT para comparar la longitud obtenida con el LA. El método diagnóstico más utilizado fue la radiografía periapical el cual fue reportado en 14 estudios, y 1 artículo empleó el CBCT como método de verificación comparando las medidas del LA con los resultados obtenidos sobre la tomografía, sin un instrumento en el interior del conducto utilizando la herramienta de medición de longitudes del software. (Tabla 2 y 4)

*Ex vivo*: Estos estudios utilizaron dientes extraídos que fueron donados por los pacientes. De los 51 artículos, 22 de estos tomaron mediciones en boca fijando la lima para evitar su desplazamiento durante la extracción, el material de fijación más empleado fue la resina,

reportada en 11 artículos, seguido por el ionómero de vidrio en 9 artículos. Una vez extraído el diente se emplearon distintos métodos de verificación, uno de ellos fue el análisis bajo microscopio de la sección transversal del diente y la posición de la lima con respecto al CDC, reportado en 16 estudios. Otro método fue la toma de fotografía digital de la sección transversal del diente para verificar la posición de la lima con respecto al CDC, procedimiento reportado en 8 publicaciones. También se documentó el uso de la radiografía periapical tomando como referencia la posición de la lima con respecto al ápice radiográfico y comparando esta medida con la obtenida del LA, esta técnica fue utilizada en 5 artículos. Un estudio utilizó la regla milimétrica para medir el diente y compararlo con la medida obtenida por el LA. Por último, en 1 estudio se usó el microestereoscopio para analizar la longitud del diente y compararla con el resultado que arrojó el LA.

En 11 estudios ex vivo se emplearon metodologías similares; tomando la medida en boca sin fijar la lima, una vez extraído el diente 9 estudios reportaron el uso del microscopio como método de verificación, determinando la medida de la lima desde el punto de referencia coronal, hasta que esta fuera visible en el foramen apical, evaluado bajo diferentes aumentos. Vaishnavi y col en el 2020 utilizó lupas de aumento 3x para visualizar el paso de la lima a través del foramen; el Microestereoscopio también fue utilizado en un estudio para evaluar posición de la lima con el foramen apical en una imagen tridimensional.

Se encontraron 18 artículos que utilizaron variables controladas para la obtención de la muestra, estos dientes fueron empleados en métodos experimentales que reprodujeron las condiciones similares a la situación clínica real, creando un circuito entre el tejido periapical simulado, la lima y el localizador apical. El método más empleado es el modelo de alginato usado en 14 artículos, 4 estudios usaron como método la solución salina al 0,9% en un recipiente donde se sumergió la raíz del diente y el clip bucal del LA. Una vez tomada la medida se verificó la longitud identificando la posición de la lima en apical con el uso del microscopio, método reportado en 11 artículos. Otra técnica utilizada fue colocar el diente sobre una regla milimétrica teniendo en cuenta el punto de referencia coronal hasta el vértice apical del diente, para obtener la medida y compararla con el resultado del LA. Por último, la radiografía periapical se usó como método de verificación en 3 investigaciones.

**Tabla 4.** *Métodos de verificación de las medidas del LA. Análisis estadístico realizado por Dra. Sylvia Agudelo y Dra. María Luisa Morales, datos obtenidos Agudelo et al., 2022*

<b>Tipo de estudio</b>	<b>Rx periapical</b>	<b>CB CT</b>	<b>Extracción dental</b>	<b>Microscopio</b>	<b>Regla milimétrica</b>	<b>Lupas 3x</b>	<b>Microestereoscopio</b>	<b>Micr CT</b>	<b>Fotografía digital</b>
<b>In vivo</b>	14	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>Ex vivo</b>	8	0	33	36	2	1	2	0	8
<b>In vitro</b>	4	5	0	20	8	0	0	3	0

**\*Número de estudios que emplearon cada método de verificación para comparar la medida tomada por el LA.**

**Tabla 5.** *Modelos experimentales para estudios In vitro y Ex vivo. Análisis estadístico realizado por Dra Sylvia Agudelo y Dra. Maria Luisa Morales, datos obtenidos Agudelo et al., 2022*

<b>Tipo de estudio</b>	<b>Modelo de alginato</b>	<b>Agar con diferentes soluciones</b>	<b>Gelatina sin azúcar</b>	<b>Solución salina al 0,9%</b>
<b>In vitro</b>	24	6	1	0
<b>Ex vivo</b>	14	0	0	4

**\*Número de estudios que emplearon cada método para la obtención de la medida tomada con el LA.**

### *Lima, tipo de diente y ensanchamiento de la entrada del conducto radicular (COE)*

*In vivo:* 5 estudios reportaron el uso de limas tipo k de preserie número 10, se evidenció el uso de limas tipo K número 15 en 5 artículos y 3 estudios utilizaron limas de diámetros diferentes de acuerdo con el tamaño del foramen apical buscando un ajuste de la lima. Los tipos de dientes más usados son los multirradiculares reportado en 3 estudios, unirradiculares se utilizaron en 2 investigaciones y el uso combinado de unirradiculares y multirradiculares en 6 estudios. El COE fue reportado en la metodología de 5 investigaciones.

*Ex vivo:* 24 artículos reportaron que la lima tipo K número 15 fue la más utilizada para tomar la longitud del conducto radicular, seguida por la lima tipo K número 10 en 18 estudios, y 3 investigaciones utilizaron diferentes diámetros de limas (tipo K 30, 35, 40) para tomar la medida con el LA. Con respecto al tipo de diente, 28 trabajos usaron dientes unirradiculares, 14 estudios usaron dientes unirradiculares y multirradiculares, y 5 reportaron únicamente el uso de dientes multirradiculares. El COE coronal fue realizado en 22 estudios.

*In vitro:* Las limas más usadas fueron las tipo K número 15 en 23 artículos y tipo K número 10 en 17 publicaciones. Los dientes más utilizados en este método de investigación son los unirradiculares en 32 artículos, y en 1 estudio utilizaron dientes artificiales fabricados en resina, al igual que otro estudio que emplearon tubos de vidrio de diferentes diámetros. El COE se reportó en 20 artículos.

### *Edad*

La tabla 6 muestra el porcentaje de estudios que tiene en cuenta la edad como variable, *en* los artículos *In vivo:* 5 estudios reportaron los rangos de edad de los pacientes en los que se tomaron las medidas, las edades van desde los 12 a los 97 años.

*Ex vivo:* 12 estudios identificaron la edad de los pacientes donantes de las muestras. en 5 artículos mostraron rangos de edad cortos, uno de ellos fue de 24 a 50 años, otro 30 a 45 años, 45 a 67 años, 18 a 25 años y 18 a 30 años, los demás estudios emplearon rangos entre los 18 hasta los 82 años.

*In vitro*: Sólo se tuvo en cuenta la edad en 2 de los 47 artículos encontrados. El rango de edad encontrado fue de los 40 a 79 años.

**Tabla 6.** *Edad reportada. Análisis estadístico realizado por Dra. Sylvia Agudelo y Dra. María Luisa Morales, datos obtenidos Agudelo et al., 2022*

	<b>In vivo</b>	<b>Ex vivo</b>	<b>In vitro</b>
<b>% de publicaciones totales</b>	100% (14)	100% (51)	100% (47)
<b>Artículos con la edad reportada</b>	36% (5)	23% (12)	4% (2)

**\*Porcentaje de artículos que reportaron la variable edad**

#### *Exactitud de los localizadores apicales*

*In vivo*: 4 estudios reportaron el estado pulpar (vital o necrótico) e identificaron que esta condición, no afecta la exactitud de los LA; 3 artículos describieron qué factores anatómicos como las curvaturas y obliteraciones del conducto influyen en el acceso de la lima al conducto, evitando una lectura exacta del LA. Por otra parte, 1 artículo evaluó las variables de edad, género o sintomatología sin encontrar asociación en la exactitud de los LA. 3 artículos estudiaron el LA versus la radiografía periapical y el CBCT, sin encontrar diferencias en las medidas obtenidas al comparar cada método de verificación. Por último, la exactitud que se reportó en 7 artículos iba desde 73,3% hasta 97,6%.

*Ex vivo*: 3 artículos reportaron que los canales vitales o necróticos no influyen la exactitud de los LA; 4 estudios relacionaron el diámetro de la lima y el tamaño foramen apical con la exactitud del LA, siendo este último un factor que generó medidas inconsistentes afectando así el resultado obtenido con el LA. Por otro lado, 5 artículos compararon las mediciones realizadas por el LA con la radiografía periapical, demostrando que ninguno de estos métodos fue 100% exacto. En 1 artículo se encontró que el COE permitió mejorar la exactitud del LA. Otros 2 estudios asocian el diámetro del foramen apical con la exactitud de LA, indicando que las medidas realizadas en forámenes amplios no arrojan datos exactos.

El modelo de alginato fue reportado en 2 artículos como un método útil, exacto, fácil de ensamblar y rentable a la hora de estudiar la exactitud del LA. La presencia de diferentes sustancias irrigadoras fue reportada en 6 artículos sin causar cambios en las mediciones del LA exceptuando la solución salina al 0,9% que afectó negativamente la exactitud de dichos dispositivos. La anatomía radicular en relación con los LA fue reportada en 4 estudios, ya que variaciones como curvaturas, obliteraciones y forámenes laterales puede causar alteraciones en la medición de los LA. Por último, la exactitud se reportó en 18 estudios demostrando que el Root ZX tuvo una exactitud aproximada del 96,2%, y dependiendo del tipo o marca del localizador este parámetro varía desde un 60 a 98%.

*In vitro:* 4 artículos demostraron que el diámetro de la lima debe ajustarse al tamaño del foramen apical para generar una medida más exacta del LA, y que los forámenes apicales amplios afectan negativamente la medida tomada por estos dispositivos. En 4 investigaciones se reportó que el COE mejoró la medida tomada por el LA. En 9 artículos describieron que la presencia de sustancias en el conducto como irrigadores y solventes de gutapercha no influyó en el funcionamiento del LA. Por otra parte 1 artículo utilizó el LA en conductos en C, y reportó mejores resultados en comparación con la radiografía periapical; 1 estudio encontró que la obliteración de los conductos afecta el acceso de la lima al interior del conducto interfiriendo en una lectura correcta del LA; 1 artículo utilizó dientes artificiales en su metodología encontrando que los resultados obtenidos son similares a los encontrados en trabajos realizados en dientes naturales. Por último 1 artículo reportó que el modelo de gelatina sin azúcar es mejor en comparación con el modelo experimental de hipoclorito de sodio. En ningún artículo se reportó exactitud de 100%, ya que mostraron porcentajes de exactitud que van de 80% a 96,7%.

## 12. Referencias Bibliográficas

1. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *International Endodontic Journal*. 1998;31(6).
2. AAE special committee of full-time educators. *Glossary of Endodontic Terms (tenth edition)*. *Glossary of Endodontic Terms 2020*.
3. KUTTLER Y. Microscopic investigation of root apexes. *J Am Dent Assoc*. 1955;50(5).
4. Gordon MPJ, Chandler NP. Electronic apex locators. Vol. 37, *International Endodontic Journal*. 2004. p. 425-37.
5. Custer. LE. Exact Methods of Locating the Apical Foramen. *The Journal of the National Dental Association*. 1918;5(8).
6. Suzuki K. Experimental study on iontophoresis year. *Jpn*. 1943;16:411--429.
7. Sunada I. New Method for Measuring the Length of the Root Canal. *Journal of Dental Research*. 1962;41(2).
8. Kim PJ, Kim HG, Cho BH. Evaluation of electrical impedance ratio measurements in accuracy of electronic apex locators. *Restorative Dentistry & Endodontics*. 2015;40(2).
9. Duran-Sindreu F, Stöber E, Mercadé M, Vera J, Garcia M, Bueno R, et al. Comparison of in vivo and in vitro readings when testing the accuracy of the root ZX apex locator. *Journal of Endodontics*. 2012;38(2).
10. Bashar AKM, Rafique T, Ghosh R, Abdullah MK, Sajedeen M, Hassan GS. Clinical accuracy of electronic apex locator in measuring working length during root canal treatment. *Bangladesh Medical Research Council Bulletin*. 2017;43(3).

11. Czerw RJ, Fulkerson MS, Donnelly JC, Walmann JO. In vitro evaluation of the accuracy of several electronic apex locators. *Journal of Endodontics*. 1995;21(11).
12. Meares WA, Steiman HR. The influence of sodium hypochlorite irrigation on the accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *Journal of Endodontics*. 2002;28(8).
13. Komamura T, Matsumoto H, Kawaguchi Y, Sunada I. Measurement of canal length using an impedance meter. *Jpn*. 1965;7:221-6.
14. Busch LR, Chiat LR, Goldstein LG, Held SA, Rosenberg PA. Determination of the accuracy of the Sono-Explorer for establishing endodontic measurement control. *Journal of Endodontics*. 1976;2(10).
15. Plant JJ, Newman RF. Clinical evaluation of the Sono-Explorer. *Journal of Endodontics*. 1976;2(7).
16. Inoue N, Skinner DH. A simple and accurate way of measuring root canal length. *Journal of Endodontics*. 1985;11(10).
17. Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. In vitro evaluation of the accuracy of five different electronic apex locators for determining the working length of endodontically retreated teeth. *Australian Endodontic Journal*. 2007;33(1).
18. Gutmann JL. Origins of the Electronic Apex Locator - Achieving Success with Strict Adherence to Business. *J Hist Dent*. 2017;65(1).
19. Nahidi Z, Izadi A, Naeimi S, Rezai R. Evaluation of the Accuracy of Three Different Electronic Apex Locators by Histologic Sectioning as the Gold Standard. *JOURNAL OF ISFAHAN DENTAL SCHOOL*. 2019;
20. Dentsply S. Propex IQ® Apex Locator. 2019.
21. Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *Journal of Endodontics*. 1994;20(3).



22. Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PMH. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. Vol. 39, International Endodontic Journal. 2006.
23. Vaishnavi Devi B, Mahalakshmi J. Comparative evaluation of the accuracy of working length determination by radiographic method and electronic apex locator. International Journal of Pharmaceutical Research. 2020;12(3).
24. Lipski M, Trabska-Świstelnicza M, Woźniak K, Dembowska E, Drożdżik A. Evaluation of alginate as a substitute for root-surrounding tissues in electronic root canal measurements. Australian Endodontic Journal. 2013;39(3).
25. Sadaf D, Ahmad MZ. Accurate measurement of canal length during root canal treatment: An In Vivo study. International Journal of Biomedical Science. 2015;11(1).
26. Shabahang S, Goon WWY, Gluskin AH. An in vivo evaluation of root ZX electronic apex locator. Journal of Endodontics. 1996;22(11).
27. Pascon EA, Marrelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani MA. An in vivo comparison of working length determination of two frequency-based electronic apex locators. International Endodontic Journal. 2009;42(11).
28. Bernardes RA, Feitosa APOP, Bramante CM, Vivan RR, Piasecki L, Duarte MAH, et al. Evaluation of foramen locating accuracy of an endodontic motor integrated with electronic foramen employing optimal glide path kinematics. Clinical Oral Investigations. 2021;
29. Baldi J v., Victorino FR, Bernardes RA, de Moraes IG, Bramante CM, Garcia RB, et al. Influence of Embedding Media on the Assessment of Electronic Apex Locators. Journal of Endodontics. 2007;33(4).
30. Iparraguirre Nuñovero MF, Piasecki L, Segato AVK, Westphalen VPD, Silva Neto UX, Carneiro E. A laboratory study of the accuracy of three electronic apex locators: influence of embedding media and radiographic assessment of the electronic apical limit. International Endodontic Journal. 2021;54(7).

31. Piasecki L, José dos Reis P, Jussiani EI, Andrello AC. A Micro-computed Tomographic Evaluation of the Accuracy of 3 Electronic Apex Locators in Curved Canals of Mandibular Molars. *Journal of Endodontics*. 2018;44(12).
32. Gutierrez G. JH, Aguayo P. Apical foraminal openings in human teeth. Number and location. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and*. 1995;79(6).
33. de Moraes ALG, de Alencar AHG, de Araújo Estrela CR, Decurcio DA, Estrela C. Working length determination using cone-beam computed tomography, periapical radiography and electronic apex locator in teeth with apical periodontitis: A clinical study. *Iranian Endodontic Journal*. 2016;11(3).
34. Briseño-Marroquín B, Frajlích S, Goldberg F, Willershausen B. Influence of Instrument Size on the Accuracy of Different Apex Locators: An In Vitro Study. *Journal of Endodontics*. 2008;34(6).
35. Herrera M, Ábalos C, Lucena C, Jiménez-Planas A, Llamas R. Critical diameter of apical foramen and of file size using the root ZX apex locator: An in vitro study. *Journal of Endodontics*. 2011;37(9).
36. de Vasconcelos BC, Matos L de A, Pinheiro-Júnior EC, de Menezes AST, Vivacqua-Gomes N. Ex vivo accuracy of three electronic apex locators using different apical file sizes. *Brazilian Dental Journal*. 2012;23(3).
37. 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. *International Endodontic Journal*. 2010;43(9).
38. Ibarrola JL, Chapman BL, Howard JH, Knowles KI, Ludlow MO. Effect of preflaring on Root ZX apex locators. *Journal of Endodontics*. 1999;25(9).
39. de Camargo ÉJ, Zapata RO, Medeiros PL, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB, et al. Influence of Preflaring on the Accuracy of Length Determination With Four Electronic Apex Locators. *Journal of Endodontics*. 2009;35(9).

40. Melo AM, Vivacqua-Gomes N, Bernardes RA, Vivan RR, Duarte MAH, de Vasconcelos BC. Influence of different coronal preflaring protocols on electronic foramen locators precision. *Brazilian Dental Journal*. 2020;31(4).
41. Fouad AF, Rivera EM, Krell K v. Accuracy of the endex with variations in canal irrigants and formane size. *Journal of Endodontics*. 1993;19(2).
42. Tselnik M, Baumgartner JC, Marshall JG. An evaluation of root ZX and elements diagnostic apex locators. *Journal of Endodontics*. 2005;31(7).
43. Akisue E, Gavini G, Poli de Figueiredo JA. Influence of pulp vitality on length determination by using the elements diagnostic unit and apex locator. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2007;104(4).
44. Mayeda DL, Simon JHS, Aimar DF, Finley K. In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the endex apex locator. *Journal of Endodontics*. 1993;19(11).
45. Akisue E, Gratieri SD, Barletta FB, Caldeira CL, Grazziotin-Soares R, Gavini G. Not all electronic foramen locators are accurate in teeth with enlarged apical foramina: An in vitro comparison of 5 brands. *Journal of Endodontics*. 2014;40(1).
46. Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. Ex vivo evaluation of the ability of four different electronic apex locators to determine the working length in teeth with various foramen diameters. *Australian Dental Journal*. 2006;51(3).
47. Jafarzadeh H, Beyrami M, Forghani M. Evaluation of conventional radiography and an electronic apex locator in determining the working length in C-shaped canals. *Iranian Endodontic Journal*. 2017;12(1).
48. Kokich VG. In-vitro vs in-vivo materials research. Vol. 143, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2013.
49. Antony DP, Thomas T, Nivedhitha M. Two-dimensional Periapical, Panoramic Radiography Versus Three-dimensional Cone-beam Computed Tomography in the Detection of Periapical Lesion After Endodontic Treatment: A Systematic Review. *Cureus*. 2020;

50. 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. *International Endodontic Journal*. 2006;39(5).
51. Jan J, Križaj D. Accuracy of root canal length determination with the impedance ratio method. *International Endodontic Journal*. 2009;42(9).
52. Berman LH, Fleischman SB. Evaluation of the accuracy of the neosono-D electronic apex locator. *Journal of Endodontics*. 1984;10(4).
53. 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. *Journal of Endodontics*. 1998;24(1).
54. Magalhães CS de, Hara AT, Turssi CP, Serra MC, Giannini M. Microhardness evaluation around composite restorations using fluoride-containing adhesive systems. *Journal of Applied Oral Science*. 2005;13(3).
55. Özsezer E, Inan U, Aydın U. In Vivo Evaluation of ProPex Electronic Apex Locator. *Journal of Endodontics*. 2007;33(8).
56. Khandewal D, Ballal NV, Saraswathi MV. Comparative evaluation of accuracy of 2 electronic apex locators with conventional radiography: An ex vivo study. *Journal of Endodontics*. 2015;41(2).
57. Williams CB, Joyce AP, Roberts S. A Comparison between In Vivo Radiographic Working Length Determination and Measurement after Extraction. *Journal of Endodontics*. 2006;32(7).
58. Chen E, Kaing S, Mohan H, Ting SY, Wu J, Parashos P. An ex vivo comparison of electronic apex locator teaching models. *Journal of Endodontics*. 2011;37(8).
59. John Stein T, Corcoran JF, Zillich RM. The influence of the major and minor foramen diameters on apical electronic probe measurements. *Journal of Endodontics*. 1990;16(11).

60. Brito-Júnior M, Camilo CC, Moreira-Júnior G, Pecora JD, Sousa-Neto MD. Effect of pre-flaring and file size on the accuracy of two electronic apex locators. *Journal of Applied Oral Science*. 2012;20(5).
61. Shacham M, Levin A, Shemesh A, Lvovsky A, ben Itzhak J, Solomonov M. Accuracy and stability of electronic apex locator length measurements in root canals with wide apical foramen: an ex vivo study. *BDJ Open*. 2020;6(1).
62. Saritha V, Raghu H, Kumar TH, Totad S, Kamatagi L, Saraf PA. The accuracy of two electronic apex locators on effect of preflaring and file size: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*. 2021;24(1).
63. Hassanien EE, Hashem A, Chalfin H. Histomorphometric Study of the Root Apex of Mandibular Premolar Teeth: An Attempt to Correlate Working Length Measured with Electronic and Radiograph Methods to Various Anatomic Positions in the Apical Portion of the Canal. *Journal of Endodontics*. 2008;34(4).
64. Çalışkan MK, Kaval ME, Tekin U. Clinical accuracy of two electronic apex locators in teeth with large periapical lesions. *International Endodontic Journal*. 2014;47(10).
65. Tampelini FG, Coelho MS, Rios M de A, Fontana CE, Rocha DGP, Pinheiro SL, et al. In vivo assessment of accuracy of Propex II, Root ZX II, and radiographic measurements for location of the major foramen . *Restorative Dentistry & Endodontics*. 2017;42(3).
66. Gomes S, Oliver R, MacOuzet C, Mercadé M, Roig M, Duran-Sindreu F. In Vivo evaluation of the raypex 5 by using different irrigants. *Journal of Endodontics*. 2012;38(8).
67. Frank AL, Torabinejad M. An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. *Journal of Endodontics*. 1993;19(4).
68. Vieyra JP, Acosta J, Mondaca JM. Comparison of working length determination with radiographs and two electronic apex locators. *International Endodontic Journal*. 2010;43(1).
69. Tang L, Sun TQ, Gao XJ, Zhou XD, Huang DM. Tooth anatomy risk factors influencing root canal working length accessibility. *International Journal of Oral Science*. 2011;3(3).

70. Şen ÖG, Ulusoy Öİ, Paltun YN, Ulusoy Ç. Effect of Orthodontic Brackets on the Accuracy of Apex Locators: A Pilot Study. *BioMed Research International*. 2021;2021.
71. Parirokh M, Manocherifar H, Abbott P v., Borna R, Haghdoost AA. Effect of various electronic devices on the performance of electronic apex locator. *Iranian Endodontic Journal*. 2019;14(4).