

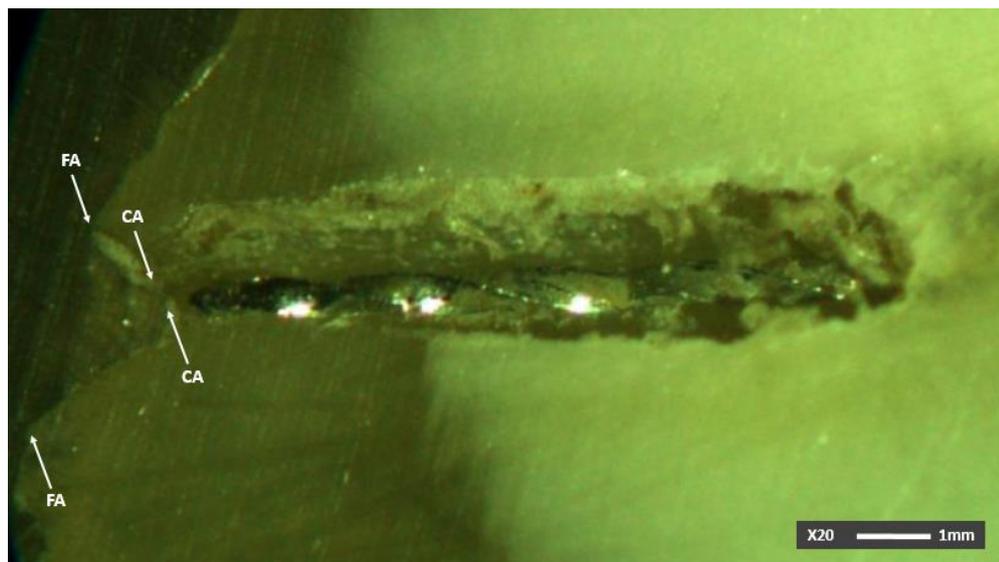


Facultad de Odontología



***PRECISIÓN DE LOS LOCALIZADORES DE
ÁPICE EN LA DETECCIÓN DE LA
CONSTRICCIÓN APICAL: UNA REVISIÓN
BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA***

*“ACCURACY OF APEX LOCATORS IN THE
DETECTION OF APICAL CONSTRICTION: A
SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW”*



TRABAJO FIN DE MÁSTER

**“Máster en Odontología Restauradora, Estética y
Funcional”**

Universidad de Sevilla

Autora: Beatriz Falcón Gandía

Tutor: Prof. D. Camilo M. Ábalos Labruzzi

Curso 2022/2023



Facultad de Odontología
UNIVERSIDAD DE SEVILLA



Departamento de Estomatología
Facultad de Odontología



Medalla y Encomienda
Orden Civil de Sanidad

D. Camilo Manuel Ábalos Labruzzi, Licenciado en Medicina y Cirugía, Doctor en Odontología por la Universidad de Sevilla y Profesor Titular del Departamento de Estomatología, como director de esta investigación:

HACE CONSTAR

Que el trabajo titulado *“Precisión de los localizadores de ápice en la detección de la constricción apical: una revisión sistemática”*, ha sido desarrollado por **Dña. Beatriz Falcón Gandía**, como Trabajo Fin de Máster, durante el Máster de Odontología Restauradora, Estética y Funcional de la Universidad de Sevilla. Bajo mi dirección, supervisión y cumpliendo con los requisitos para ser presentado para su lectura, defensa y ser juzgado por el Tribunal que en su día se designe.

Y para que así conste y a los efectos oportunos, firmo el presente documento en Sevilla a 18 de mayo de 2023.

Fdo. Camilo Manuel Ábalos Labruzzi



Facultad de Odontología



Dña. Beatriz Falcón Gandía con DNI 29518866-E alumna del Máster Oficial en Odontología Restauradora, Estética y Funcional de la Facultad de Odontología (Universidad de Sevilla), autora del Trabajo Fin de Máster titulado: “ *Precisión de los localizadores de ápices en la detección de la constricción apical, una revisión bibliográfica sistemática*”

DECLARA:

Que el contenido de este trabajo, presentado para su evaluación en el Curso 2022-2023 es original, de elaboración propia, y en su caso, la inclusión de fragmentos de obras ajenas de naturaleza escrita, sonora o audiovisual, así como de carácter plástico o fotográfico figurativo, de obras ya divulgadas, se han realizado a título de cita o para su análisis, comentario o juicio crítico, incorporando e indicando la fuente y el nombre del autor de la obra utilizada (Art. 32 de la Ley 2/2019 por la que se modifica el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, BOE núm. 53 de 2 de Marzo de 2019)

APERCIBIMIENTO:

Quedo advertida de que la inexactitud o falsedad de los datos aportados determinará la calificación de **NO APTO** y que **asumo las consecuencias legales** que pudieran derivarse de dicha actuación.

En Sevilla a 18 de mayo de 2023.

Fdo.: Beatriz Falcón Gandía

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mi tutor, Prof. D. Camilo M Ábalos Labruzzi, por ser el impulso principal de mi trabajo y brindarme, además de la ayuda y la atención, el estímulo para observar más a fondo el contenido de tantas investigaciones que hoy en día se publican y poder desarrollar un pensamiento crítico.

En segundo lugar, agradecer al resto de profesorado del máster por su gran labor como docente, la cual ha hecho posible que mi conocimiento sea más amplio y por tanto, el desarrollo de mi trabajo, más fluido.

Por último, no puedo dejar de pensar en mi abuelo, Rafael Gandía, que sembró la semilla de la odontología en todos los que le conocimos y, de una manera u otra, hemos crecido en contacto con ella. Por tu entrega y dedicación al trabajo, desde aquí, *gracias*.

“El que ha llegado tan lejos que ya no se confunde, ha dejado también de trabajar”

Max Planck

ÍNDICE

I. GLOSARIO	1
II. RESUMEN	2
II. ABSTRACT	3
III. INTRODUCCIÓN	4
III. 1 LONGITUD DE TRABAJO (LT)	4
III.2 CONSTRICCIÓN APICAL (CA)	5
III.3 MÉTODOS PARA DETERMINAR CONSTRICCIÓN APICAL.....	5
III.4 LOCALIZADORES ELECTRÓNICOS DE ÁPICE (LEAs)	7
III.4.a LEAs y medio electrolítico del conducto.....	8
III. 5 DISCREPANCIA LEAs.....	9
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
IV.1 Justificación	11
V. OBJETIVOS	12
V.1 Hipótesis nula	12
VI. MATERIAL Y MÉTODO	13
VI. 1 Criterio para estudios considerables para la revisión sistemática	13
VI. 2 Métodos de búsqueda para la identificación de estudios	14
VI. 3 Recogida y análisis de datos.....	14
VII. RESULTADOS	16
VIII. DISCUSIÓN	20
XIX. CONCLUSIONES	23
X. BIBLIOGRAFÍA	24

I. GLOSARIO

CA	Constricción apical
CBCT	Tomografía Computerizada de Haz Cónico
LEA	Localizador electrónico de ápices
FA	Foramen apical
LT	Longitud de trabajo
L	Lima
L-CA	Distancia punta de la lima – Constricción apical

* * *

II. RESUMEN

INTRODUCCIÓN: La precisión de los localizadores de ápice en la determinación de la longitud de trabajo (LT) varía de manera importante (50-100%). Esto puede deberse a los procedimientos metodológicos usados en las diferentes publicaciones de la literatura. La constricción apical (CA) como punto final de la preparación, así como el estudio de cómo afectan los irrigantes a la precisión de los localizadores, son factores importantes a tener en cuenta. La hipótesis nula fue que los artículos publicados a partir del 2014 no contenían sesgos en su metodología.

OBJETIVOS: Establecer si desde el 2014 y hasta mayo de 2023, las nuevas investigaciones cumplen con los parámetros de la odontología basada en la evidencia y los estrictos criterios de inclusión con respecto a la precisión de los localizadores electrónicos de ápice (LEAs) en la determinación de LT.

MATERIAL Y MÉTODOS: Se llevó a cabo una búsqueda sistemática de la literatura para identificar estudios que evaluaran histológicamente la precisión de los LEAs en dientes humanos. Los estudios identificados estaban sujetos a criterios de inclusión estrictos seguidos por la extracción de datos y el análisis.

RESULTADOS: De 138 artículos, solo 5 cumplían con los criterios de elegibilidad establecidos, además 2 presentaban bajo riesgo de sesgo y 3 alto riesgo de sesgo. La distancia media de la punta de la lima a CA (L-CA) fue de 0,32 mm y se estudiaron un total de 5 localizadores de ápice. La presencia de hipoclorito de sodio, así como de sangre, podía influir en las medidas obtenidas por los localizadores.

CONCLUSIONES: Aún, el volumen de estudios sin sesgo o con bajo riesgo de sesgo es poco. De las investigaciones estudiadas, se concluye que los localizadores de ápice son un medio fiable para establecer la longitud de trabajo, siendo la marca 0,5 más precisa. El hipoclorito de sodio y la sangre en el conducto radicular, genera medidas mayores en los localizadores. Son necesarios más estudios que clarifiquen la influencia de determinadas variables en la precisión de estos instrumentos.

II. ABSTRACT

INTRODUCTION: The accuracy of apex locators in the determination of working length (WL) varies significantly (50-100%). This could be due to methodological procedures used in the different literature publications. Apical constriction as the endpoint of preparation, as well as the study of how irrigants affect the accuracy of locators, are important factors to consider. The null hypothesis was that articles published from 2014 onwards did not contain biases in their methodology.

OBJECTIVES: To determine if, from 2014 to May 2023, new research meets the parameters of evidence-based dentistry and strict inclusion criteria regarding the accuracy of Electronic Apex Locators (EALs) in determining the working length (WL).

MATERIAL AND METHOD: A systematic search of the literature was performed to identify studies that histologically evaluated the precision of EALs in human teeth. The identified studies were subject to strict inclusion criteria followed by data extraction and analysis.

RESULTS: Out of 138 articles, only 5 met the established eligibility criteria, 2 of them have a low risk of bias and 3 have a high risk of bias. The mean distance from the file tip to the apical constriction was 0.32 mm, and a total of 5 apex locators were studied. The presence of sodium hypochlorite and blood could influence the measurements obtained by the locators.

CONCLUSIONS: Currently, the volume of studies without bias or with low risk of bias is limited. From the analyzed research, it can be concluded that apex locators are a reliable means to establish the working length, with the 0.5 mark being more accurate. Sodium hypochlorite and blood in the root canal generate larger measurements on the locators. Further studies are needed to clarify the influence of certain variables on the accuracy of these instruments.

III. INTRODUCCIÓN

Este trabajo trata sobre una revisión bibliográfica a partir de enero de 2014, donde Tsesis I et al (2015) terminó su revisión bibliográfica y metanálisis desde 1964 a 2014, aclarando la gran cantidad de artículos que presentan sesgos en su metodología y que, por tanto, podrán explicar la variación en datos de fiabilidad que presentan los localizadores de ápice (50-100%).

III. 1 LONGITUD DE TRABAJO (LT)

En endodoncia, uno de los factores claves para conseguir mayor probabilidad de éxito en el tratamiento, es la determinación adecuada de la LT (Piasecki L et al, 2018). Ésta se establece como la distancia desde un de referencia coronal, hasta otro punto apical donde se considera que debe acabar la preparación y obturación del conducto radicular (Tsesis I et al, 2015). Ejercer de forma adecuada esta medida, permite llevar a cabo de forma efectiva el tratamiento del sistema de conductos, así como prevenir lesiones de los tejidos periapicales (Piasecki L et al, 2018).

El riesgo de una instrumentación insuficiente por no alcanzar LT, en el caso de pulpa necrótica, es que queden bacterias remanentes en zona apical por un desbridamiento inadecuado, y reestablezcan la infección causando el fracaso de la endodoncia. Por otro lado, una preparación del conducto excesiva obstaculiza la cicatrización y regeneración del periápice, así como aumenta el dolor postoperatorio debido al transporte de bacterias y tejido infectado a dicha zona (Christofzik D et al, 2015).

Tanto es así, que los errores en la determinación de la LT, conllevan al fracaso tras 10 años del 10% al 50% de los tratamientos (Khandewal D et al, 2015). La evidencia científica, expone que esa zona de terminación sea idealmente, CA. (Ricucci y Langeland, 1998) (Gordon y Chandler, 2004).

III.2 CONSTRICCIÓN APICAL (CA)

Dos localizaciones de importante mención son el Foramen apical (FA) o mayor, zona apical donde el conducto radicular tiene las paredes más alejadas, mientras que la constricción apical o Foramen menor corresponde al diámetro más estrecho del conducto, adquiriendo esta zona apical del conducto forma de embudo (Piasecki L et al, 2016) (Tsesis I et al, 2015). El problema que plantea la determinación de la CA es su ubicación variable, a veces lateral y, las condiciones patológicas y fisiológicas que pueden alterarla. Se sabe que menos de la mitad de los dientes tienen una sola CA definida como normal. (Tsesis I et al, 2015).

Es más correcto definir CA como una zona, que puede tener hasta tres milímetros de largo, y no hay muchos datos en la literatura sobre qué parte de la constricción apical es la que detectan los LEAs (Connert T et al, 2017). Es por eso que muchos estudios plantean errores en los métodos que usan para detectar esta zona de finalización de tratamiento endodóntico.

III.3 MÉTODOS PARA DETERMINAR CONSTRICCIÓN APICAL

Han sido varios los procedimientos usados para terminar con precisión la LT. Entre ellos se encuentran la sensibilidad táctil, uso de puntas de papel, radiografías o localizadores electrónicos de ápice (LEAs) (Khandewal D et al, 2015).

De manera primitiva, el uso del *sentido del tacto* para localizar la LT, es bastante variable ya que curvaturas radiculares excesivas, ápices inmaduros o calcificados generan errores sujetos a la percepción del operador, y la precisión es cuestionable (Khandewal D et al, 2015).

El uso de *radiografías periapicales* para determinar la LT, y por tanto CA, es todo un reto (Piasecki L et al, 2016). La radiografía convencional tiene inconvenientes como son sensibilidad de la técnica (distorsión, aumento, interpretación, etc), su influencia por la posición de los dientes o procesamiento de la película (Khandewal D et al, 2015). Como la CA no se puede detectar radiográficamente, usualmente se le resta 0,5 a 1 mm de la distancia total del conducto, ya que esa medida es el promedio de los milímetros a los que se encuentra el FA de la CA. Pero en realidad, el FA no siempre coincide con el ápice

anatómico, ni tampoco CA está a 0,5 mm de FA (Piasecki L et al, 2018). Esta corta distancia entre AC y AF combinada con un error del operador relativamente alto (entre 0,4 a 1 mm) por mal ajuste del tapón de silicona, lectura incorrecta de la longitud de la lima y la reproducibilidad del punto de referencia, hace que sea cuestionable el uso de radiografía periapical como prueba definitiva o concluyente (Connert T et al, 2017).

Dentro de los métodos radiográficos, pero de disposición 3D, el uso de *Tomografía Computerizada de Haz Cónico* (CBCT) otorga imágenes de buen nivel de precisión, aunque expone radiológicamente al paciente. Su uso puede ubicar a nivel transversal el foramen menor y usarse así para determinar la precisión de los LEAs de manera histológica (Piasecki L et al, 2016). Jung et al en 2005, demostraron que las secciones histológicas y de micro-CT mostraron una buena correlación cualitativa. Estudios con CBCT dictan que la distancia media entre los puntos de referencia anatómicos anteriormente hablados, fue de aproximadamente 0,2 mm.

El desarrollo de los *LEAs* ha contribuido de forma determinante en la determinación de LT a nivel de CA. Su existencia se dió a conocer por primera vez en el 1962 de mano de Sunada, el cuál usó las teorías de Suzuki basadas en la resistencia eléctrica para llevarlos a cabo. Suzuki expuso la resistencia eléctrica entre el ligamento periodontal y la mucosa oral fue un valor constante de $\sim 6.5k.\Omega$ (Suzuki et al, 1942). Surgieron así los localizadores de primera generación que usaban corriente continua. Los problemas de estos localizadores, trajo consigo el desarrollo de localizadores de segunda generación, de corriente alterna, que se basan en las propiedades electroconductoras de los tejidos orales. Esto quiere decir que detectan los cambios de resistencia entre una zona y otra, como son los diferentes valores de resistencia eléctrica que presentan la dentina del conducto radicular respecto a los tejidos blandos que rodean la raíz, presentando estos últimos valores más bajos. Cuando el localizador se acerca al foramen menor, los valores capacitivos cambian abruptamente. El LEA mide estos cambios radicales (Aggarwal V et al, 2017). Los localizadores de segunda generación no tardaron en mostrar medidas inexactas en presencia de tejido pulpar vital, humedad o sangre. La investigación y mejora de estos aparatos surgieron para superar los inconvenientes que presentaban (Herrera et al, 2023)

III.4 LOCALIZADORES ELECTRÓNICOS DE ÁPICE (LEAs)

El componente principal del LEA es una unidad central que emite una corriente eléctrica de baja intensidad con varias frecuencias, una pantalla que indica la posición que va adquiriendo la lima dentro del conducto gracias a los localizadores que constan de 2 electrodos; el primer electrodo se coloca en la comisura del paciente a modo de sujeción y el segundo electrodo a modo de pinza retráctil que rodea la lima por debajo del mango. Así, crear un circuito eléctrico entre el periodonto y la mucosa oral que pasa a lo largo del conducto, y aprovecha las propiedades eléctricas de los tejidos para detectar la ubicación del final del conducto (García Barbero J, 2015).

Hoy día, los LEAs se han establecido como instrumentos válidos para identificar CA y determinar la LT como alternativa al método radiográfico bidimensional (Gordon y Chandler 2004), (Stoll et al, 2010), (Lucena et al, 2014). Desde que surgieron, los LEAs han sido el motivo de estudio de muchas investigaciones que evaluaban la fiabilidad y precisión de éstos a la hora de determinar la CA y garantizar así una instrumentación de los conductos radiculares adecuada.

Actualmente, la tercera generación de localizadores o de frecuencia múltiple, se basan en la diferencia de impedancia entre electrodos. Utiliza dos frecuencias diferentes (8 kHz y 0,4 kHz) para medir simultáneamente las impedancias en el conducto. El dispositivo determina un valor de cociente dividiendo el valor de impedancia de 8 kHz por 0,4 kHz. El diámetro menor es localizado cuando el cociente es igual a 0.67. Mediante el uso de dos frecuencias, el Root ZX se puede utilizar en todos tipos de fluidos porque el cociente (0.67) es siempre lo mismo (Ashwini B et al, 2016).

Aun así, las complejidades anatómicas apicales (calcificaciones, ápices abiertos o ensanchados), y determinadas situaciones clínicas (caries radiculares, fracturas) pueden producir lecturas inestables y mediciones inapropiadas (Piasecki L et al, 2016), (Herrera et al, 2023).

La precisión de los LEAs de última generación varía en un amplio rango (sobre 45–97,6 %). Los factores que pueden afectar a este porcentaje son el tipo de dispositivo, el rango de error aceptable que se toma para el estudio ($\pm 0,5$ mm o ± 1 mm) y la marca ('constricción' o 'ápice') elegido por el operador para las lecturas. Ciertos autores (Erdemir et al, 2007), (Stöber et al, 2011), (Gomes et al, 2012) han usado la marca 0.5 del

localizador porque confían que la punta de la lima está en CA cuando el LEA lo indica. Sin embargo, otros autores (Gulabivala y Stock, 2004) defienden que la marca ‘ápice’ es realmente la referencia precisa del localizador (Khandewal D et al, 2015). Los estudios que hay sobre la precisión de ambas referencias apicales no siguen una metodología clara y libre de sesgo, siendo escasos los estudios que realmente sirven para evaluar la efectividad de los LEAs (Tsesis I et al, 2015).

III.4.a LEAs y medio electrolítico del conducto

La irrigación es un paso clave y complemento indispensable de la instrumentación para eliminar restos de tejido pulpar y dentina. A lo largo de los años se han usado diferentes soluciones de irrigación, pero sin duda el más fiable y usado es el hipoclorito de Sodio (NaOCl) al 5,25%. Éste actúa disolviendo el contenido orgánico del canal, así son los restos de pulpa, a la vez que destruye gran número de bacterias y sus toxinas. Una de sus desventajas, es el mal sabor y riesgo de toxicidad para el paciente en accidentes iatrogénicos como la extrusión. Debido a su actividad antimicrobiana de amplio espectro, se ha propuesto un régimen de irrigación en el que se usaría NaOCl en toda la instrumentación, seguido de EDTA y CHX como irrigación final (Marek E et al, 2020).

El gluconato de clorhexidina (CHX) al 2%, tiene varias ventajas que la sitúan como buena candidata a irrigante intraconducto; biocompatible o de baja toxicidad, acción rápida, amplio espectro (actúa contra *Enterococcus Faecalis* y *Candida Albicans*), sabor y olor aceptables, sustantividad. Sin embargo, no podría reemplazar al NaOCl ya que no disuelve el tejido pulpar, por eso se ha propuesto como complemento final de irrigación (Wang CS et al, 2007).

Por otro lado, la solución de etilendiaminotetraacético (EDTA) se usa como disolvente de tejido inorgánico, o lo que es lo mismo, limpia las paredes del conducto dejándolas libre de restos dentinarios. Durante la instrumentación, se acumulan restos de ese contenido inorgánico y bloquea los conductos menores del conducto, entorpeciendo la irrigación y obturación final. El uso de EDTA se ha recomendado de manera alterna con el NaOCl, o bien al final de la instrumentación (Echeverría García JJ et al, 2008).

Aunque son los tres anteriormente mencionados los más importantes, existen muchas otras soluciones, como el ácido cítrico y el ácido fosfórico. Estos se usaban porque ayudan a la eliminación del barrillo dentinario (Violich y Chandler, 2010). El ácido cítrico al 10% tiene menos citotoxicidad en los fibroblastos que el EDTA al 17% (Malheiros et al, 2005), pero conlleva mayor erosión de la dentina y es irritante de los tejidos periapicales (García Barbero J, 2015). Respecto al ácido fosfórico al 37 %, presenta mayor función antimicrobiana pero una citotoxicidad similar a la del NaOCl al 5,25 % y la clorhexidina al 2 % (Prado et al, 2015).

El efecto de las soluciones de irrigación sobre la precisión de los LEAs ha sido estudiado en numerosas investigaciones. En el estudio llevado a cabo por Jenkins JA et al 2001, varios irrigantes como EDTA y NaOCl fueron evaluados usando el localizador Root ZX obteniendo como resultados medidas fiables con una precisión de 0,31 mm independientemente de los irrigantes. La solución que presentaba mayor desviación de la LT real se obtuvo con NaOCl, aunque la diferencia entre las mediciones obtenidas con dos localizadores de ápice fue estadísticamente insignificante ($p > 0,05$).

Jain S, en 2009 utilizó digluconato de clorhexidina al 2 % como irrigante, y las diferencias en las mediciones llevadas a cabo por Root ZX y ProPex II con y sin irrigante fue de 0,05; sin embargo, la diferencia entre las mediciones obtenida por estos dos localizadores de ápice fue estadísticamente insignificante ($p > 0,05$). Estos resultados probaban la clorhexidina como solución de aplicación segura y de los tres irrigantes probados, este irrigante ha mostrado los mejores resultados.

III. 5 DISCREPANCIA LEAs

Los localizadores Root ZX y Justy han sido defendidos por sus fabricantes en que son capaces de localizar el foramen menor ya sea en un medio seco o en presencia de irrigantes gracias a su fórmula multifrecuencia. Sin embargo, Fan et al en 2006, encontraron a las soluciones altamente electroconductoras capaces de reducir la impedancia y causar mediciones cortas, al contrario de lo que ocasionaban las soluciones bajamente electroconductoras. Sin embargo, estas discrepancias podrían justificarse por la no corroboración histológica de la CA.

El estado de la pulpa, también ha causado discrepancia entre los autores, aunque hay pocas publicaciones. Algunos estudios obtienen mediciones variables cuando se encuentran en un conducto con pulpa necrótica y éstas varían de las obtenidas en un conducto con pulpa vital. La causa podría ser resultado de la afectación que causa en el ligamento periodontal los restos pulpares al causar lesión periapical. (Haffner et al). Sin embargo, Dunlap CA et al en 1998, no encontró diferencias estadísticamente significativas entre estos dientes vitales o necróticos.

Los datos presentados en los estudios apoyan el uso de localizadores de ápice para mediciones LT. Sin embargo, las implicaciones clínicas de las diferencias en la medición de LT entre los localizadores de ápices aún no están claras.

En general, la falta de consenso entre los parámetros para llevar a cabo el estudio hace que los resultados sean confusos e imprecisos (Tsesis I et al, 2015).

* * *

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A pesar de todo el progreso llevado a cabo en las últimas décadas, sigue existiendo controversia con respecto a la fiabilidad y confianza que podemos tener con las medidas que nos proporcionan estos instrumentos. Si revisamos la literatura, la variabilidad puede ser de un 50 a 100% incluso cuando se usa en un mismo medio electroconductor como es el NaOCl.

Esto se puede deber a la variabilidad en los diseños de sus estudios, es decir, los métodos utilizados, así como la existencia o no de sesgos. Muchos varían respecto a terminología usada para referirse a la porción apical. Ciertos autores definen LT como la marca “APEX” del localizador, otros directamente confían en la marca “0.5”. También la medida de trabajo a veces se ha establecido restando 0.5 mm al Foramen apical para determinar CA. Si además, también se tuvieran en cuenta los resultados con otros medios electroconductores, los datos serían aún más diversos.

IV.1 Justificación

La técnica electrónica para la determinación de la LT no tiene una confiabilidad incuestionable. A pesar de ello, cada vez se han vuelto más popular pero una falta de consenso inequívoco sobre la precisión de estos instrumentos hace necesaria una revisión sistemática y un análisis de la literatura disponible de acuerdo con los principios de la odontología basada en la evidencia.

* * *

V. OBJETIVOS

La finalidad de este trabajo de revisión bibliográfica, en torno a los problemas y justificación anteriormente mencionados, fueron los siguientes:

1. Hacer una revisión sistemática de la literatura publicada entre enero de 2014 hasta mayo de 2023.
2. Establecer si dichas publicaciones cumplen con los criterios de metodología apropiados según la odontología basada en la evidencia y no presentan sesgos.
3. Aclarar la precisión de los LEAs, incluso en diferentes medios electrolíticos.
4. Subrayar que existen publicaciones que están siendo publicadas sin prestar atención a conocimientos que ya la ciencia puso de manifiesto y que, por tanto, entorpecen la evidencia y fiabilidad de investigaciones científicas.

V.1 Hipótesis nula: los artículos publicados a partir de enero de 2014 no presentan sesgos en su metodología.

* * *

VI. MATERIAL Y MÉTODO

VI. 1 Criterio para estudios considerables para la revisión sistemática

Esta revisión sistemática incluyó estudios que informaron de la precisión de los LEAs para ubicar la CA en tratamientos de conducto primarios de dientes humanos en comparación con una evaluación histológica de la CA. Los criterios de inclusión y exclusión se presentan en las Tablas 1 y 2, respectivamente.

1. Dientes permanentes humanos completamente desarrollados, no tratados con endodoncia.
2. Estudios ex vivo/in vitro.
3. Evaluación histológica de la ubicación real de la CA.
4. Presencia de datos detallados sobre la distancia medida entre la punta de la lima utilizada para la medición con LEA y la ubicación real de la CA.
5. Evaluación manual de LT con EAL de frecuencia múltiple.

Tabla 1. *Criterios de inclusión*

1. Dientes no completamente desarrollados/ápice abierto.
2. Dientes deciduos, reabsorbidos, perforados, resecaados.
3. Dientes tratados con endodoncia.
4. Técnica excluida: observación de la lima a través del ápice.
5. Informes de casos (menos de 10 casos), revisiones o estudios irrelevantes para el tema del presente estudio.
6. Sin evaluación histológica de la anatomía apical.
7. Estudios en los que la distancia de la punta de la lima utilizada para la medida con LEA a la CA no está especificada o es dada como un rango.
8. Determinación de la longitud de trabajo durante una preparación de lima rotatoria.
9. No es un LEA de múltiples frecuencias
10. Identificaciones de puntos de referencia que no sean el constricción/agujero menor.

Tabla 2. *Criterios de exclusión*

VI. 2 Métodos de búsqueda para la identificación de estudios

La búsqueda abarcó todos los artículos publicados en revistas dentales de enero de 2014 a mayo de 2023. El motor de búsqueda usado fue Web of Science (<https://www.webofscience.com>).

Las siguientes palabras clave se utilizaron para una búsqueda inicial a través de Web of Science: “localizador de ápices” con la aplicación de los siguientes filtros: “humanos” e “idioma inglés”.

VI. 3 Recogida y análisis de datos

Selección de Estudios. Los artículos fueron inicialmente evaluados en base a la relevancia de sus títulos y resúmenes. Los posibles estudios elegibles se sometieron a una evaluación de texto completo. Se obtuvo y revisó el texto completo de los estudios relevantes en función de los criterios de inclusión y exclusión descritos previamente. Los artículos que se identificaron como adecuados, fueron objeto de extracción de sus datos, evaluación de la calidad metodológica, y síntesis de los datos y análisis.

Extracción de datos. Se registraron los nombres de los autores y la fecha de publicación de cada estudio elegido. Se registraron las siguientes variables: la distancia entre la punta de la lima cuando se usó LEA y la ubicación real de CA determinada histológicamente, el tipo de LEA (Apex, Root ZX, Canal Pro, Raypex 6, EndoPilot), estado de la pulpa (vital o necrótica), y si se usó irrigante durante la medición y el tipo (NaOCl, agua destilada, Ultracain, EDTA o sangre).

Evaluación de la calidad metodológica. La calidad metodológica de los estudios seleccionados se evaluó en base a los siguientes parámetros metodológicos:

1. Tipo de estudio: Estudios ex vivo (la medición electrónica fue realizada en dientes extraídos) versus estudios in vivo (la medición electrónica se realizó in vivo y luego se

extrajeron los dientes tratados con la lima de endodoncia fijada en el conducto y fueron evaluados histológicamente).

2. Generación de secuencia aleatoria: El método utilizado para generar la secuencia de asignación es suficientemente detallada para permitir una evaluación de si debería producir grupos comparables.

3. Ocultamiento de la asignación: El método utilizado para ocultar la secuencia de asignación de intervención es lo suficientemente detallada para determinar si las asignaciones de intervención podrían haberse previsto antes o durante la inscripción.

4. Cegamiento de la evaluación de resultados: medidas utilizadas, si las hubiere, para cegar al investigador del conocimiento de la intervención recibida.

5. Sesgo de selección: definición clara de los criterios de selección.

6. Tamaño de la muestra: los estudios que probaron 30 raíces o menos se consideraron riesgo de sesgo, mientras que los estudios que presentaban más de 30 raíces se consideraron con bajo riesgo de sesgo.

7. Sesgo de deserción: se presentaron datos de resultados incompletos, incluida la deserción y exclusión del análisis.

Todos estos parámetros se evaluaron como adecuados, poco claros o inadecuados.

Para resumir la validez de los estudios, se agruparon en las siguientes categorías:

1. Bajo riesgo de sesgo: estudios que cumplieron al menos 4 de los criterios de calidad.

2. Alto riesgo de sesgo: estudios que cumplieron con no más de 3 criterios de calidad.

* * *

VII. RESULTADOS

Los resultados obtenidos tras la búsqueda realizada en las bases de datos electrónicas y bajo los criterios de inclusión y exclusión anteriormente mencionados se muestran a continuación:

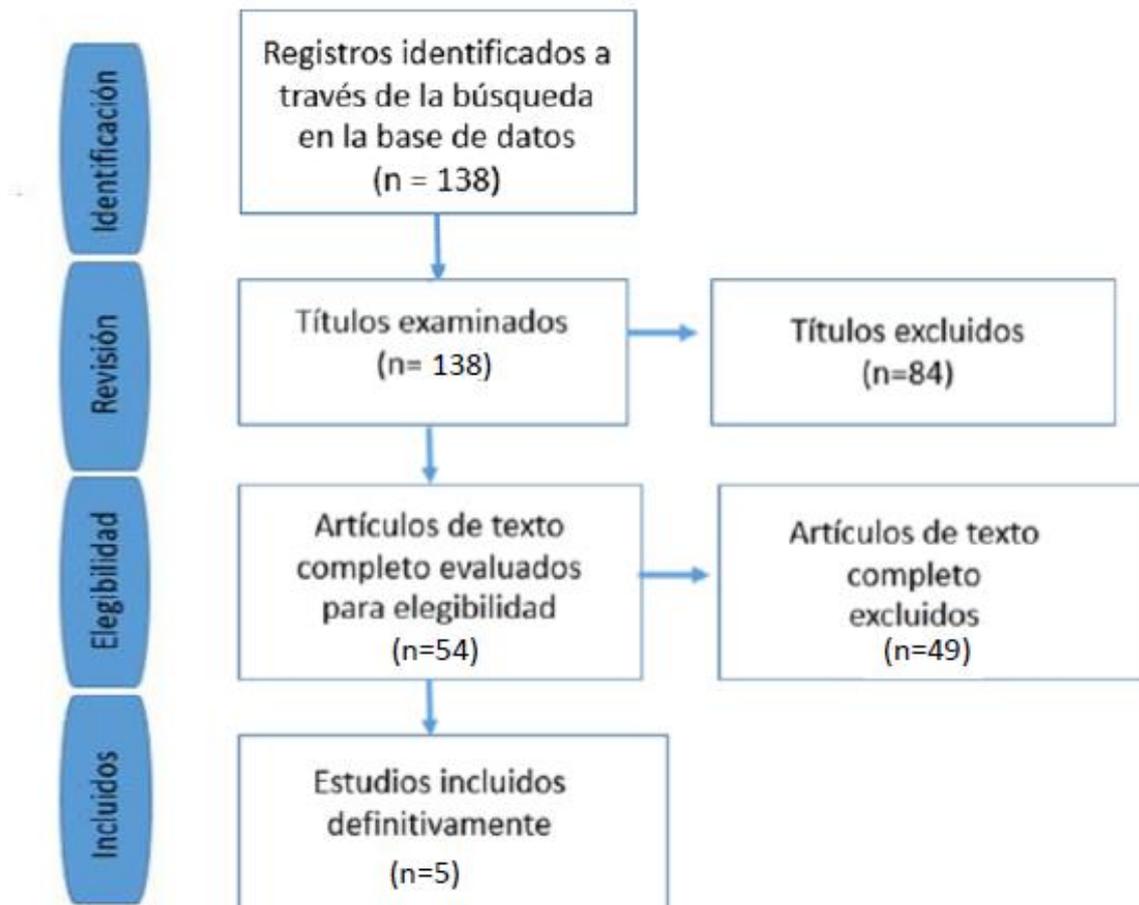


Figura 1. Un diagrama de flujo del proceso de revisión sistemática.

Evaluación de la calidad metodológica

De los estudios incluidos, 2 fueron considerados estudios con bajo riesgo de sesgo; Lucena C et al, 2014 y Herrera et al, 2023 porque cumplían con al menos 4 de los criterios de calidad, y por tanto, se consideraron a los 3 restantes como estudios con alto riesgo de sesgo; Piasecki L et al, 2016, Piasecki L et al, 2018 y Christofzik D et al, 2015. Figura 2.

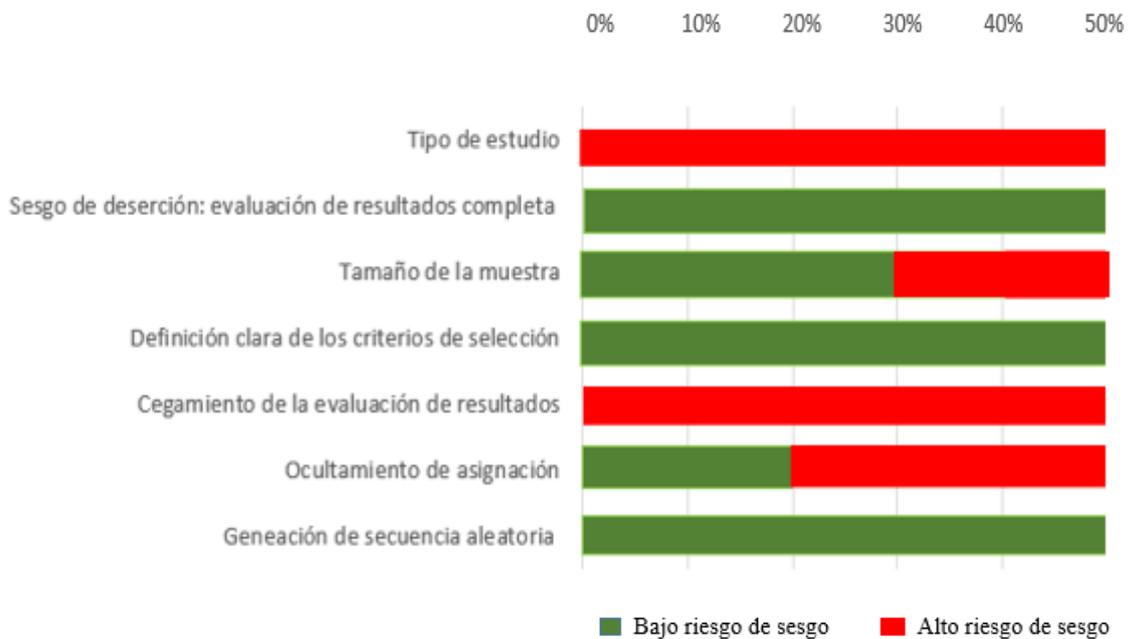


Figura 2. Un gráfico de riesgo de sesgo. Cada ítem de riesgo de sesgo se presenta como un porcentaje en todos los estudios incluidos ($n = 5$).

El total de las mediciones realizadas por los LEAs en los estudios seleccionados fue de 1.123. Fueron realizadas 182 por Apex ID (16,20%), 425 mediciones (37,8%) por Root ZX, Canal Pro llevó a cabo 116 (10,33%), Raypex 6 un total de 320 (28,50%) y 80 mediciones (7,12%) por EndoPilot. Tabla 3.

Artículo	Tipo de LEA	Número de mediciones	Distancia media entre la punta de la lima y la constricción apical (mm)
1.	Apex ID Root ZX	132	0,31
2.	Canal Pro Apex ID Root ZX	348	0,25
3.	Raypex 6	240	0,31
4.	Raypex 6 EndoPilot	160	0,27
5.	Root Zx	248	0,48

Tabla 3. Precisión de los localizadores de ápice: distancia de la lima a CA.

La distancia media de la punta de la lima a CA tras analizar todos los artículos incluidos fue de un total de 0,32 mm. En general, los dispositivos establecieron medidas que se encontraban dentro de un rango fiable. No se encontraron diferencias en el porcentaje de mediciones precisas entre los dispositivos. Tabla 1.

La media por Root Zx fue de 0,35 mm, 0,28mm Apex ID, 0,25 mm Canal Pro, 0,29 mm Raypex 6 y 0,27 mm EndoPilot.

La distancia de la punta de la lima a CA en presencia de distintos irrigantes del conducto, solo fue estudiado en dos publicaciones; Lucena C et al, 2014 y Herrera et al, 2023. El uso de Raypex 6 en presencia de NaOCl dio mediciones ligeramente más largas que en agua destilada o Ultracain. Por otro lado, el Root ZX mostraba medidas considerablemente mayores en presencia de sangre. La influencia de irrigantes en los localizadores Apex ID, Canal Pro y EndoPilot no fue estudiada. Tabla 4.

		Tipo de irrigante				
		NaOCl	Agua destilada	Ultracain	EDTA	Sangre
Raypex 6	Precisión (mm)	0,31	0,25	0,26	NA	NA
	Nº de mediciones	60	60	60	NA	NA
Root ZX	Precisión (mm)	0,47	NA	NA	0,46	0,59
	Nº de mediciones	63	NA	NA	62	65
Apex ID Canal Pro EndoPilot	Precisión (mm) Nº de mediciones	NA				

Tabla 4. *Precisión de los localizadores de ápice electrónicos según el tipo de irrigante. NA = no aplica.*

Como las investigaciones eran todas in vitro, se consideró el estado pulpar como necrótico para todos los casos.

* * *

VIII. DISCUSIÓN

En la presente revisión bibliográfica se realizó una búsqueda detallada en una amplia base de datos electrónica, con objeto de identificar estudios que arrojaran datos sobre la precisión que presentan los localizadores de ápices electrónicos en la detección de la constricción apical durante el tratamiento primario de conductos en dientes humanos. Era necesario que dichos estudios, compararan las mediciones de los LEAs con las obtenidas tras la evaluación histológica. Para que la muestra fuera lo más homogénea posible, tal y como hizo Tsesis I et al, en 2015, se definieron claros criterios de exclusión e inclusión que nos llevó a la selección final de 5 artículos en una búsqueda realizada desde enero de 2014 hasta hoy. Tras esta selección, la calidad metodológica que siguieron estos artículos seleccionados fue estudiada y se estableció el riesgo de sesgo que presentaban cada uno de los artículos. Los sesgos, son errores en la sistemática o errores de resultados que pueden desviar la verdad y llevar a conclusiones erróneas. Por otro lado, las variaciones en el riesgo de sesgo pueden ayudar a explicar la presencia de diferencias de resultados de estudios similares y, por tanto, es de suma importancia que se sean evaluados.

Varios autores (Hoer D y Attin T, 2004) han concluido que los LEAs no son instrumentos fiables para establecer la LT en nuestro tratamiento endodóntico, pero estas investigaciones establecían LT como un punto coronal al foramen menor, y no como un área entre FM y CA, zona que se considera aceptable para la finalización del tratamiento (Ricucci D y Langeland K, 1998).

Se considera que la constricción representa un área que mide hasta 3 mm, por lo que necesitamos saber exactamente en qué punto se detecta por el localizador. En nuestro estudio, la distancia media de la lima del AC fue de 0,32 mm.

Ashwini B et al, 2016, afirma que mediante el uso dos frecuencias, el Root ZX se puede utilizar en todos tipos de fluidos porque el cociente (0.67) es siempre lo mismo, a diferencia de los localizadores de primera generación que carecían de precisión en estas condiciones. Tras la revisión de los artículos que estudiaron la influencia de irrigantes, el NaOCl resultó en mediciones más cortas, es decir distancia punta lima-CA mayor cuando se usó el localizador Raypex. Esto coincide con lo publicado por Fan et al, que

encontraron a las soluciones altamente electroconductoras capaces de reducir la impedancia y causar mediciones cortas, al contrario de lo que ocasionaban las soluciones bajamente electroconductoras. Además, Root ZX generó medidas más cortas, o distancias a CA mayores en presencia de sangre. Estas mediciones eran comparadas con las mediciones obtenidas de manera histológica.

Otro factor que se ha estudiado a lo largo de la historia de la endodoncia es la afección que pueden sufrir los LEAs en relación al estado de la pulpa, es decir con pulpa vital o necrótica. Sin embargo, los estudios son pocos y contradictorios. (Wras KT et al, 2007) y (Akisue E et al, 2007). Una de las teorías es que la pulpa necrótica puede llevar asociado destrucción del ligamento periodontal y afectar por tanto a la impedancia entre tejidos, aspecto clave en el funcionamiento de los LEAs. Por lo tanto, es de esperar que la precisión y/o respuesta de los LEAs en casos necróticos varíen de los casos vitales. Tsesis I et al, 2015, no encontró en su revisión sistemática ninguna diferencia estadísticamente significativa para los dientes vitales y necróticos en la precisión de la medición de LT con cualquiera de los LEAs que estudió. La revisión actual que nos atañe en este trabajo no ha podido estudiar nuevas comparaciones, ya que ninguno de los estudios que cumplía los criterios para su inclusión en el trabajo, analizaba estados de pulpa vital y estados de pulpa necróticos.

La literatura en la que se basa esta revisión, son estudios *in vitro*, los cuales es posible que no repliquen las condiciones clínicas exactas por lo que no deben extrapolarse directamente a entornos clínicos, pero pueden dar información sobre parámetros que podrían modificar el rendimiento del LEA en la clínica. Algunos autores encontraron que la precisión de Root ZX para determinar la LT *in vivo* era similar a los estudios *in vitro* (RM Soares et al, 2014).

Se encontraron a Canal Pro y Endopilot como los localizadores más precisos, aunque no hubo diferencia estadísticamente significativa en ninguno de los cinco localizadores estudiados. Los datos presentados en los estudios, apoyan el uso de LEAs para establecer la LT.

Además, la mayoría de los localizadores presentan una marca para indicar el FA (APEX o 0,0), y otra para indicar la posición de la CA que generalmente aparece como una marca 0,5 aunque los números en la pantalla no representan milímetros.

A modo de precaución, ciertos fabricantes recomiendan obtener LT restando 0,5 mm a la medida de FA (APEX o 0,0) que indican los LEAs. Así, querrían evitar la instrumentación excesiva, pero no se determina de manera precisa la constricción apical, zona que se considera como punto final ideal del tratamiento de conductos. Los estudios de esta revisión indican que la marca 0,5 es más fiable que la marca APEX – 0,5 ya que ésta resulta muchas veces en sobreinstrumentación (Piasecki L et al, 2016), (Piasecki L et al, 2018).

Normalmente, el número de mediciones que hace el dispositivo se encuentra en un rango de error que se puede tomar como aceptable. Teniendo en cuenta lo variable que puede llegar a ser la anatomía apical, algunos autores toman ± 1 mm como rango de error aceptable, aunque la mayoría de autores establecen $\pm 0,5$ mm como dicho parámetro. (Real et al, 2011). En la presente revisión, artículos establecieron $\pm 0,5$ como preciso (Piasecki L et al, 2016), (Piasecki L et al, 2018) y otros $\pm 0,5$ como aceptable, siendo $\pm 0,1$ preciso.

Las mediciones de todos los artículos estudiados eran comparadas con las obtenidas mediante un método histológico. Así, cuatro de los cinco artículos (Piasecki L et al, 2016), (Piasecki L et al, 2018), (Lucena C et al, 2014) y (Christofzik D et al, 2015) usaron el CBCT como método de análisis de la LT verdadera. El CBCT es un método que permite evaluar la anatomía apical sin destruir la estructura dentaria (Connert T et al, 2017). Además, la constricción permite ser ubicada en una sección transversal y no solo longitudinal. El CBCT produce imágenes sin distorsiones a una dosis más baja que la tomografía computarizada (TC). Proporciona imágenes de los planos mesiodistal, bucolingual o coronal o simultáneamente en los tres planos del área de interés (Piasecki L et al, 2018). Por otro lado, el quinto estudio (Herrera et al, 2023), usó el método de exposición directa de CA ya que se presenta como un método más fiable. Para ello usaron un pulidor para exponer la punta de la lima y la luz del canal, pudiendo así realizar mediciones directas. La ventaja de este método es la no exposición radiográfica y sus inconvenientes es la posibilidad de dañar e imposibilitar la validación de CA durante el proceso.

XIX. CONCLUSIONES

PRIMERA: Las variantes en la metodología usada en las investigaciones son amplias, causando igualmente variaciones en los resultados obtenidos. Por eso la necesidad de diseños metodológicos sólidos, que evitan los sesgos, y generan hallazgos confiables.

SEGUNDA: La determinación en el “APEX” tendió a producir longitudes que se extienden más allá del foramen apical, considerándose la marca 0,5 mm como más fiable para establecer el punto final de instrumentación y obturación radicular.

Los localizadores de ápice se consideraron precisos, sin diferencias significativas entre ellos.

TERCERA: La precisión es buena también en presencia de irrigantes, aunque las soluciones de hipoclorito de sodio y sangre en el conducto radicular pueden generar medidas mayores

CUARTA: Se necesitan más estudios que se ajusten a los criterios de inclusión y exclusión basados en la evidencia y que aclaren la efectividad de los localizadores en cualquier medio y bajo variaciones anatómicas.

* * *

X. BIBLIOGRAFÍA

Aggarwal, V., Singla M., Bhasin, S. (2017). Influence of instrument size and varying electrical resistance of root canal instruments on accuracy of three electronic root canal length measurement devices. *International Endodontic Journal*, 50 (5), 506–511.

Akisue E., Gavini G., de Figueiredo JA. (2007). Influence of pulp vitality on length determination by using the Elements Diagnostic Unit and Apex Locator. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 104, 29–32.

Christofzik, D., Schwendicke, F., Flörke, C., Härtl, A., Dörfer, C., Größner-Schreiber, B. (2015). Comparación in vitro de Raypex 6 y Endopilot utilizando un novedoso sistema de medición asistido por computadora para determinar la longitud de trabajo, *10 (8)*.

Connert T., Judenhofer MS., Schell S., Mannheim JG., Pichler BJ., Löst C., ElAyouti A. (2018). Evaluation of the accuracy of nine electronic apex locators by using micro-CT. *Int Endod J*, 51, 223-232.

Dunlap CA., Remeikis NA., BeGole EA., Rauschenberger CR. (1998). An in vivo evaluation of an electronic apes locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals. *J Endod*, 24-58-50

Echeverría J., Pumarola J. *El manual de odontología*. 2a ed. Barcelona: Elsevier Masson, 2008.

Erdemir A., Eldeniz AU., Ari H., Belli S., Esener T. (2007). La influencia de las soluciones de irrigación en la precisión de la instalación del localizador apical electrónico en la pieza de mano Tri Auto ZX. *Int Endod J*, 40, 391 – 7.

Fan W., Fan B., Gutmann JL. (2006). Evaluation of the accuracy of three electronic apex locators using glass tubules. *Int Endod J*, 39, 127–35.

García Barbero J. *Patología y terapéutica dental: operatoria dental y endodoncia*. 2a ed. Barcelona: Elsevier, 2015.

- Gomes S., Oliver R., Macouzet C., Mercadé M., Roig M., Duran-Sindreu F. (2007). Evaluación in vivo del Raypex 5 usando diferentes irrigantes. *Revista de Endodoncia*, 38, 1075 – 7.
- Gordon MP., Chandler NP. (2004). Localizadores de ápices electrónicos. *Int Endod J*, 37, 425 – 37.
- Gulabivala K., Stock C. (2004). Preparación del sistema de conductos radiculares. En: Gulabivala K, Stock C, Walker RT, eds. *Endodoncia*, 3ra ed. Edimburgo, Nueva York: Elsevier, Mosby, págs. 142 – 4.
- Herrera M., Bonilla V., Cordero MA., Barrera JM., Flores J., Ríos B., Ábalos C. Accuracy of Root ZX apex locator in dry, sodium hypochlorite, EDTA and blood: an ex vivo study with validation in apical constriction. (In press).
- Hoer D., Attin T. (2004). The accuracy of electronic working length determination. *Int Endod J*, 37, 125–31.
- Jenkins JA., Walker WA., Schindler WG., Flores CM. (2001). Una evaluación in vitro de la precisión de la raíz ZX en presencia de varios irrigantes *J Endod*, 27, 209–11.
- Jung M., Lommel D., Klimek J. (2005). La imagen de la obturación del conducto radicular mediante micro-CT. *Int Endod J*, 8, 617 – 626.
- Khandewal D., Ballal NV., Saraswathi MV. (2015). Comparative evaluation of accuracy of 2 electronic Apex locators with conventional radiography: an ex vivo study. *J Endod*, 41, 201-204.
- Kuttler Y. (1955). Investigación microscópica de los ápices de las raíces. *Diario de la Asociación Dental Americana*, 50, 545 – 52.
- Lucena C., Lopez JM., Martín JA. (2014). Accuracy of working length measurement: electronic apex locator versus cone-beam computed tomography. *Int Endod J*, 47, 246–256.
- Malheiros CF., Marques MM., Gavini G. (2015). Evaluación in vitro de los efectos citotóxicos de soluciones ácidas utilizadas como irrigantes de canales . *J Endod*, 31, 746 – 8.

Piasecki L., Reis PJ., Jussiani EI., Andrello AC. (2018). A micro-computed tomographic evaluation of the accuracy of 3 electronic apex locator in curved canals of mandibular molars. *J Endod*, 44, 1872-1877.

Piasecki L., Carneiro E., Neto U., Portela V., Giampietro C., Gambarini G., Azim A. (2016). The use of micro-computed tomography to determine the accuracy of 2 electronic apex locators and anatomic variations affecting their precision. *J Endod*, 42, 1263-1267.

Prado M., Silva EJ., Duque TM. (2015). Efectos antimicrobianos y citotóxicos de la solución de ácido fosfórico en comparación con otros irrigantes del conducto radicular. *Revista de Ciencias Orales Aplicadas*, 23, 158 – 63.

Ricucci D., Langeland K. (1998). Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J*, 31, 394–409.

Soares RM., Silva EJ., Herrera Dr. (2013). Evaluación de Joypex 5 y Root ZX II: un estudio in vivo y ex vivo *Int Endod J*, 46, 904 – 909.

Stöber EK., Ribot J., Mercadé M. (2007). Evaluación del Raypex 5 y el Mini Apex Locator: un estudio in vivo. *J Endod*; 37, 1349 – 52.

Stoll R., Urban-Klein B., Roggendorf MJ., Jablonski-Momeni A., Strauch .K, Frankenberger R. (2010). Efectividad de cuatro localizadores de ápice electrónicos para determinar la distancia desde el agujero apical. *Int Endod J*, 43, 808 – 17.

Sunada I. (1962). Nuevo método para medir la longitud del conducto radicular. *J Dent Res*, 41: 375 – 387.

Suzuki. (1942). Estudio experimental sobre iontoforesis. *Jpn Stomatol Assoc*, 16, 411 – 414.

Tsesis I., Blazer T., Ben-Izhack G., Taschieri S., Del Fabbro M., Corbella S., Rosen E. (2015). The precisión of electronic apex locators in working length determination: a systematic review and meta-analysis of the literatura. *J Endod*, 41, 1818-1823.

Violich DR., Chandler NP. (2010). El barrillo dentinario en endodoncia: una revisión. *Int Endod J*, 43, 2 – 15.

Wang CS., Arnold RR., Trope M., Teixeira BF. (2007). Eficiencia clínica del gel de clorhexidina al 2% en la reducción de bacterias intracanal. *J Endod*, 33, 1283–9.

Wrbas KT., Ziegler AA., Altenburger MJ., Schirmer JF. (2007). In vivo comparison of working length determination with two electronic apex locators. *Int Endod J*, 40, 133–8.

* * *