

COMPARACIÓN DE LA PRECISIÓN DE LA LONGITUD DE TRABAJO DE CUATRO LOCALIZADORES APICALES ELECTRÓNICOS CON LIMAS DE ACERO INOXIDABLE Y NÍQUEL-TITANIO EN CONDUCTOS MESIOVESTIBULARES DE PRIMERAS MOLARES INFERIORES

COMPARISON OF THE PRECISION OF THE WORKING LENGTH OF FOUR ELECTRONIC APICAL LOCATORS WITH STAINLESS STEEL FILES AND TITANIUM NICKEL IN MESIOVESTIBULAR DUCTS OF FIRST LOWER MOLARS

Rosa Eudocia Mio-Suclupe^{1*} 
odont26@hotmail.com

Carmen Rosa García-Rupaya¹ 
cgarciar@ucientifica.edu.pe

RESUMEN

Objetivo: El propósito del estudio *in vitro* fue comparar la precisión de la longitud de trabajo de Root ZX mini, Proper Pixi, Woodpex III y Raypex 6 utilizando limas de acero inoxidable VDW C-Pilot n.º 15 y de níquel-titanio Maillefer n.º15. **Materiales y métodos:** Este estudio fue experimental *in vitro*. La muestra fue de treinta y cinco conductos mesiovestibulares de primeras molares inferiores, con cuatro localizadores apicales electrónicos Root ZX mini, Proper Pixi, Woodpex III y Raypex6. La longitud real se determinó con un calibrador Vernier digital y la medición electrónica se realizó utilizando limas de acero inoxidable y de níquel-titanio. **Resultados:** Al comparar la longitud real y longitud electrónica, no se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). **Conclusiones:** Se halló diferencias estadísticamente significativas al comparar la precisión de Root ZX mini, Proper Pixi, Woodpex III y Raypex 6 con limas de acero inoxidable; mientras que la precisión con limas de níquel-titanio no se vio afectada.

Palabras clave: localizador apical electrónico, limas de acero inoxidable y de níquel-titanio, Proper Pixi, Root ZX mini, Woodpex III, Raypex 6, longitud de trabajo

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study was to compare the precision of the working length of Root ZX mini, Proper Pixi, Woodpex III and Raypex 6 using VDW C-Pilot No. 15 with Maillefer nickel titanium No. 15 and stainless steel files in mesiovestibular ducts of first lower molars. **Materials and methods:** This was an experimental *in vitro* study, including 35 mesio Buccal canals of lower first molars. The real length of 4 electronic apical locators, Root ZX mini, Proper Pixi, Woodpex III and Raypex6, was determined with a digital Vernier caliper, and electronic measurements were recorded using stainless steel and nickel titanium files. **Results:** There were no statistically significant differences between the real and the electronic lengths of the different tools studied ($p < 0.05$). **Conclusions:** Statistically significant differences were obtained when comparing the precision of Root ZX mini, Proper Pixi, Woodpex III and Raypex 6 with stainless steel files, while the precision of nickel titanium files was not affected.

Keywords: electronic apex locator, stainless steel and nickel titanium files, Proper Pixi, Root ZX mini, Woodpex III, Raypex 6, working length.

Artículo recibido: 27/07/2020
Arbitrado por pares
Artículo aceptado: 27/09/2020
Artículo publicado: 10/12/2020

* Autor corresponsal:

Rosa Eudocia Mio-Suclupe
email: odont26@hotmail.com

Citar como: Mio-Suclupe RE, García-Rupaya CR. Comparación de la precisión de la longitud de trabajo de cuatro localizadores apicales electrónicos con limas de acero inoxidable y níquel-titanio en conductos mesiovestibulares de primeras molares inferiores. Rev Cient Odontol (Lima). 2020; 8 (3): e028.
DOI: 10.21142/2523-2754-0803-2020-028

¹ División de Cariología y Endodoncia, Carrera de Odontología, Universidad Científica del Sur. Lima, Perú.

INTRODUCCIÓN

El éxito de un tratamiento de endodoncia depende de la exacta determinación de la longitud de trabajo, mediante la demarcación de límites para la preparación y la obturación del conducto radicular ^(1,2), ya sea por sensibilidad táctil digital, métodos radiográficos o métodos electrónicos ^(3,4). Diversas investigaciones coinciden en que Custer, en 1918, fue el primero en utilizar la corriente eléctrica para definir la longitud de trabajo. A partir de esos estudios, Suzuki, en 1942, creó un dispositivo eléctrico que medía el ligamento periodontal y la mucosa oral. Sunada, en 1962, confirmó que la resistencia eléctrica era constante ⁽⁵⁻⁷⁾. Actualmente, existen varias generaciones de localizadores bastante precisos y consistentes. Los de la primera generación miden la resistencia, mientras que los de la segunda miden la impedancia; los de la tercera utilizaron múltiples frecuencias para establecer la distancia que se encuentra el foramen apical ⁽⁸⁻¹⁰⁾, y los de la cuarta evalúan resistencia y capacitancia por separado, para mayor precisión, y utilizan una sola frecuencia a la vez. Entre estos últimos están Root ZX mini, Proper Pixi, Woodpex III y Raypex 6 ⁽¹¹⁻¹³⁾.

La primera molar inferior es el primer diente posterior en erupcionar. Tiene una longitud promedio de 21 mm; generalmente, presenta dos raíces y, ocasionalmente, tres, con dos conductos en la raíz mesial, siendo el conducto mesiovestibular el que presenta una curvatura más pronunciada y una raíz distal con dos conductos ⁽¹⁴⁾. El hipoclorito de sodio tiene propiedades bactericidas ⁽¹³⁾, es un excelente disolvente de tejidos, tiene propiedades electroconductoras y no influye en la precisión de los localizadores ⁽¹⁵⁻¹⁷⁾.

Resulta de gran importancia para el clínico confiar en la precisión de los localizadores con limas y usarlas indistintamente ^(5, 16-18). Las C-Pilot de VDW son elaboradas con acero inoxidable altamente resistente a la flexión debido a un proceso de endurecimiento térmico, con punta inactiva y sección transversal ⁽³⁾. Diversos estudios ⁽¹⁸⁻²⁰⁾ señalan que las limas manuales se usaron con fines de prueba con los localizadores. Las de níquel-titanio proveen el efecto memoria cuando están en reposo, la cual es la fase de austenita más dura y resistente, y cuando están en movimiento presentan una

deformación conocida como fase martensita, fácilmente deformable y más blanda ^(18,19). Distintas investigaciones han abordado los beneficios de recuperar su forma original tras desaparecer la fuerza que las deformaba ⁽²¹⁻²³⁾.

El alginato es más preciso que otros medios ⁽⁷⁾. Por sus propiedades electroconductoras, tiende a deshidratarse rápidamente, lo cual sugiere que todas las mediciones deben realizarse dentro de los 30 minutos posteriores a su preparación o hidratación, para evitar cualquier disminución en la precisión de las lecturas con los localizadores ⁽¹⁸⁾.

El foramen apical es importante porque une los tejidos pulpar y periodontal ⁽²⁴⁻²⁶⁾, como un punto de referencia para comprobar la exactitud de los localizadores ^(27, 28). Los localizadores de foramen apical disminuyen el tiempo de trabajo, no sustituyen las radiografías; por el contrario, aumenta la probabilidad del éxito del tratamiento de conducto con menor exposición de radiación para el paciente y profesional ⁽²⁹⁾.

Schneider, en su estudio, midió la curvatura radicular en función de un ángulo que se obtiene por la intersección de dos líneas rectas. Primero, trazó una línea para el eje longitudinal del conducto; luego, dibujó una segunda línea desde el agujero apical para intersectar con la primera en el punto en el que el conducto comienza a abandonar su eje longitudinal. Según el grado de curvatura, la clasifica en recta (5° o menos), moderada (10° a 20°) y severo (25° a 70°) ⁽³⁰⁾. La constricción apical es el área más estrecha en la zona terminal del conducto, la cual puede o no coincidir con el límite cementodentinario ^(31, 32). El propósito del estudio fue comparar la precisión de cuatro localizadores apicales electrónicos de Root ZX mini, Propex Pixi, Woodpex III y Rpx6, con limas de acero inoxidable y de níquel-titanio en conductos mesiovestibulares de primeras molares inferiores con curvaturas moderadas al momento de determinar la longitud de trabajo.

MATERIALES Y MÉTODO

Este estudio fue aprobado Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Científica

del Sur (CIEI-Científica), con código de registro n.º 235-2019-POS8. El diseño fue experimental *in vitro*; el tamaño de la muestra se determinó a partir de la fórmula comparación de medias a un nivel de confianza del 95%, con un margen de error del 5%. El tamaño de la muestra mínima fue de doce; sin embargo, para el presente estudio se utilizaron treinta y cinco piezas dentarias. Las piezas empleadas fueron primeras molares inferiores, las cuales se lavaron y desinfectaron en un recipiente, durante dos horas, con hipoclorito de sodio al 2,5% con la finalidad de disolver restos orgánicos (7) (figura 1). Luego, fueron secadas con gasas y enumeradas del uno al treinta y cinco, con un marcador permanente, en la pared vestibular, y posteriormente almacenadas en frascos con suero fisiológico (figura 2). Cada pieza dentaria fue evaluada radiográficamente (figura 3), para validar los criterios de inclusión de las primeras molares inferiores con ápices completamente formadas; por lo menos, 1/3 de corona con punto de referencia estable y con curvaturas radiculares moderadas; y ver los criterios de exclusión que fueron piezas dentarias con resorción, ápices abiertos o conductos invisibles radiográficamente (7). Para establecer el grado de curvatura radicular de las primeras molares inferiores, se utilizó el método de Schneider (30) y se clasificó según angulación de curvatura moderada; luego, fueron decoronadas a nivel del ecuador dentario con la ayuda de un disco metálico marca Vortex/Brasil y una turbina de baja velocidad marca NSK/Japón, lo que permite el acceso sin restricciones al conducto radicular y proporciona una referencia estable para todas las mediciones. A través del remanente oclusal, se realizó la apertura cameral con una turbina de alta velocidad y



Figura 1. Almacenamiento de la muestra



Figura 2. Muestra utilizada en el estudio



Figura 3. Evaluación con RVG



Figura 4. Selección y preparación de la muestra



Figura 5. Procedimientos realizados

una fresa diamantada redonda mediana de grano grueso n.º 19 (figura 4). Las mediciones fueron realizadas con los localizadores Root ZX mini, Propex Pixi, Woodpex III y Rpex6, y se utilizó una lima de bajo calibre de níquel-titanio Maillefer n.º 15 de 25 mm y una lima de acero inoxidable marca C-Pilot de VDW n.º 15 de 25 mm, para así descartar conductos obstruidos y mantener un conducto libre y permeable. Se obtuvo la longitud real, de modo que resultó ubicada tangencialmente con la superficie apical y se tuvo como referencia la cúspide vestibular del remanente oclusal de la pieza dentaria.

Se acomodó el tope de goma al punto de referencia y, posteriormente, se retiró del conducto radicular y con un calibrador milimétrico digital Vernier se midió la distancia entre la punta de la lima y el tope de goma. A esta medida se le disminuyó 1 mm para obtener la longitud del conducto por visión directa y se registró⁽¹⁸⁾. Luego, para simular el periodonto y lograr la medición adecuada, se utilizó alginato, que fue preparado siguiendo las instrucciones del fabricante; posteriormente, fue depositado en un cubo transparente plástico, donde se colocaron seis piezas dentarias dejando un espacio de 5 mm libres del remanente coronal en un tiempo de trabajo de 30 minutos, aproximadamente⁽¹⁸⁾, hasta completar la medición de los treinta y cinco conductos mesiovestibulares de las primeras molares inferiores.

Antes de que el material se gelifique, se colocó el gancho labial del localizador apical en el alginato. En función con el tamaño del conducto radicular, se irrigó hipoclorito de sodio al 2,5%, con la ayuda de una jeringa de 10 ml, en

cantidad de 2,5 ml, y con una aguja NaviTip n.º 30. Este procedimiento se realizó una sola vez antes de empezar la medición con el localizador apical; posteriormente, se colocó la lima n.º 15 marca C-Pilot de VDW dentro del conducto mesiovestibular y el clip sobre ella. Una vez que la lima n.º 15 avanzó dentro del conducto, se cerró el circuito y se fijó⁽⁷⁾ (figura 5).

Se realizó la calibración interobservador, para la cual un especialista con más de 10 años de experiencia realizó las mediciones y la investigadora principal realizó mediciones semejantes en diez piezas dentarias y obtuvo un coeficiente de correlación intraclase (CCI) de 1. Una semana después, se realizó la comparación entre la medida inicial y la segunda, tomada por la investigadora principal. Con la calibración intraobservador se obtuvo un grado de concordancia a 1; en todos los localizadores se realizaron las mediciones de acuerdo con las instrucciones del fabricante. En el Root ZX mini, la punta de la lima alcanza zona cercana al ápice y la pantalla azul cambia al color verde indicando el punto marcado para la referencia; el Propex Pixi indicó que, cuando el Over es de 0, se le resta un mínimo de 0,5 mm a la longitud obtenida; el Raypex 6 indicó mediante colores la trayectoria de la lima, si las dos primeras líneas verdes fueron marcadas, esto indica una posición cercana al foramen apical, la cual es la longitud deseada; y el localizador Woodpex III cambió de color blanco a la cuarta barra verde e indicó la medida adecuada. Lo mismo se realizó con las limas de níquel-titanio de marca Maillefer para cada uno de los localizadores^(17,18) (figura 5).

En el plan de análisis, todas las medidas que se obtuvieron con los localizadores apicales electrónicos fueron codificadas y archivadas en formato Excel. Una vez verificados los datos se procedió a exportarlos al programa SPSS versión 25 IBM (Armonk, NY), para su análisis estadístico. Se obtuvo una estadística descriptiva para obtener medias y desviación estándar de las mediciones registradas mediante la observación visual y Root ZX mini, Propex Pixi, Woodpex III y Rpex6, según el tipo de lima. Posteriormente, se utilizó la prueba de normalidad y de varianzas homogéneas para seleccionar la estadística de comparación, y se emplearon pruebas no paramétricas para comparar dos o más de muestras

relacionadas en las distribuciones de las longitudes del localizador, como la prueba de Wilcoxon y la de Kruskal-Wallis.

RESULTADOS

La descripción de los valores y la comparación de medias obtenidos entre la longitud real y los localizadores con las limas de acero inoxidable y Ni-Ti no reveló diferencia significativa en el análisis estadístico ($p < 0,05$) entre las medias y las desviaciones estándar, como se observa en las tablas 1 y 2.

En la comparación de las medidas obtenidas con el localizador apical electrónico y la longitud real mediante limas de acero inoxidable, no existe diferencia estadísticamente significativa ($p = 1,00$) (tabla 3).

Al comparar las medidas obtenidas con el localizador apical electrónico y la medida real mediante limas de Ni-Ti, no existe diferencia estadísticamente significativa ($p = 1,00$) (tabla 4). En cuanto a la precisión obtenida por los localizadores apicales electrónicos con limas de acero inoxidable, sí existe diferencia estadísticamente significativa entre los cuatro localizadores, con un $p = 0,010$ (tabla 5). Por último, respecto de la precisión obtenida por los localizadores apicales electrónicos con limas Ni-Ti, no existe diferencia estadísticamente significativa entre los cuatro localizadores ($p = 0,099$) (tabla 6).

Tabla 1. Descripción de los valores obtenidos por los localizadores con las Limas acero inoxidable y níquel-titanio

Grupos	N.º	Desviación			
		Media	estándar	Mínimo	Máximo
Longitud real	35	19,69	1,10	17,28	21,82
Root ZX mini con acero inoxidable	35	19,69	1,10	17,25	21,83
Root ZX mini con níquel-titanio	35	19,72	1,05	17,27	21,82
Propex Pixi con acero inoxidable	35	19,73	1,05	17,32	21,83
Propex Pixi con níquel-titanio	35	19,72	1,05	17,30	21,80
Woodpex III con acero inoxidable	35	19,69	1,10	17,27	21,82
Woodpex III con níquel-titanio	35	19,69	1,10	17,25	21,80
Raypex 6 con acero inoxidable	35	19,68	1,11	17,27	21,80
Raypex 6 con níquel-titanio	35	19,68	1,10	17,28	21,83

Prueba de Wilcoxon

Tabla 2. Comparación de las medidas obtenidas con los localizadores apicales mediante limas de acero inoxidable y limas de níquel-titanio

Grupos	Medias	Desviación estándar	p
Root ZX mini con acero inoxidable	19,69	1,10	
Root ZX mini con níquel-titanio	19,72	1,10	0,788
Propex pixi con acero inoxidable	19,73	1,05	
Propex pixi con níquel-titanio	19,72	1,05	0,883
Woodpex III con acero inoxidable	19,69	1,10	
Woodpex III con níquel-titanio	19,69	1,10	0,729
Raypex 6 con acero inoxidable	19,68	1,11	
Raypex 6 con níquel-titanio	19,68	1,10	0,551

Prueba Kruskal-Wallis

Tabla 3. Comparación de las medidas obtenidas con los localizadores apicales y la longitud real mediante limas de acero inoxidable

Grupos	Medias	Desviación estándar	p
Root ZX mini con acero inoxidable	19,69	1,10	
Propex pixi con acero inoxidable	19,73	1,05	
Woodpex III con acero inoxidable	19,69	1,10	1,00
Raypex 6 con acero inoxidable	19,68	1,11	
Longitud real	19,69	1,10	

Prueba Kruskal-Wallis

Tabla 4. Comparación de las medidas obtenidas con los localizadores apicales y la longitud real mediante limas de níquel-titanio

Grupos	medias	Desviación estándar	p
Root ZX mini con níquel-titanio	19,72	1,10	
Propex pixi con níquel-titanio	19,72	1,05	
Woodpex III con níquel-titanio	19,69	1,10	1,00
Raypex 6 con níquel-titanio	19,68	1,10	
Longitud real	19,69	1,10	

Prueba Kruskal-Wallis

Tabla 5. Comparación de la precisión obtenida por los localizadores apicales con limas de acero inoxidable

Precisión	medias	p
Root ZX mini con acero inoxidable	0,0080	
Propex Pixi con acero inoxidable	0,0400	0,010
Woodpex III con acero inoxidable	0,0037	
Raypex 6 con acero inoxidable	0,0011	

Prueba Kruskal-Wallis

Tabla 6. Comparación de la precisión obtenida por localizadores apicales con limas de níquel titanio.

Precisión	medias	p
Root ZX mini con níquel-titanio	0,0343	0,099
Propex Pixi con níquel-titanio	0,0371	
Woodpex III con níquel-titanio	0,0017	
Raypex 6 con níquel-titanio	0,0371	

Prueba Kruskal-Wallis

DISCUSIÓN

El presente estudio buscó establecer la importancia de la morfología radicular y el sistema de conductos en el tratamiento endodoncia, especialmente para la determinación de la longitud de trabajo y el límite de obturación. Los resultados obtenidos muestran que, al comparar las medidas obtenidas con localizador y la medida real mediante limas de acero inoxidable, no existe diferencia estadísticamente significativa, con un $p > 1,00$; en la comparación de las medidas obtenidas con localizador y la medida real mediante limas de Ni-Ti, no existe diferencia estadísticamente significativa, con un $p > 1,00$; en la precisión de los localizadores con limas de acero inoxidable, sí existe diferencia estadísticamente significativa entre los cuatro localizadores, con un $p = 0,010$; y, por último, en la precisión con Ni-Ti no existe diferencia estadísticamente significativa entre los cuatro localizadores, con un $p > 0,009$; por lo tanto, se confirmó la precisión confiable de Root ZX mini, Propex pixi, Woodpex III y Rpxy6 utilizando limas de acero inoxidable C-pilot n.º 15 de VDW y ni-ti Maillefer n.º 15.

La muestra del estudio estuvo conformada por treinta y cinco primeras molares inferiores, las cuales fueron decoronadas a nivel del ecuador dentario. Una metodología similar fue utilizada en el estudio de León (2). Por su parte, Serna et al. (4) concluyen que no existe diferencia estadísticamente significativa en la precisión de los localizadores Apex ID, Root ZX Mini y Propex Pixi, lo que coincide con el presente estudio, en el que no se encontraron diferencias significativas al comparar la precisión con localizadores Root ZX mini, Propex pixi, Woodpex III y Rpxy6.

Estudios realizados por Larena et al. (3) y Chaudary et al. (5) sugieren que las limas de níquel-titanio podrían

determinar una mejor longitud por su flexibilidad muy superior a las limas K de acero inoxidable, que tal vez no podrían ingresar a curvaturas muy acentuadas y esto podría ser determinante en la medida de la longitud, lo que coincide con los resultados del presente estudio. Investigaciones efectuadas por Chaudary et al. (5), Saxena et al. (12) y Oliveira et al. (11) en cuanto a Propex Pixi, Propex II y IPex II no encontraron diferencias estadísticamente significativas, resultados que coinciden con los del presente estudio con localizadores Propex pixi y Woodpex III. Ramos (6) refiere que el localizador Root ZX no tiene una alta precisión en conductos contaminados con fluidos de sangre, lo cual difiere con el presente estudio, ya que al utilizar el localizador Root ZX mini, con hipoclorito de sodio, se obtuvo resultados satisfactorios que no afectaron su precisión.

Del mismo modo, en el presente estudio, se eliminó tejido orgánico utilizando por dos horas hipoclorito de sodio al 2,5 %, como en los estudios de Orosco et al. (7), Piasecki et al. (10) y Mausoud et al. (14), en los que se desinfectó la muestra con hipoclorito al 2,5%, y, para su conservación, se usó suero fisiológico, para evitar la deshidratación. La precisión de los localizadores no fue influenciada por el hipoclorito de sodio, las primeras molares inferiores fueron evaluadas en un cubo de alginato, lo que coincide con la metodología de Orosco et al. (7) y Gehlot et al. (18), quienes refieren que el alginato es más preciso que otros medios y proporciona lecturas consistentes de la longitud real del conducto radicular por sus propiedades electroconductoras. Estudios realizados por Covo (17) y Vasconcelos et al. (21) tampoco hallaron diferencias en la precisión entre Root ZX y Propex II, y ambos localizadores mostraron resultados similares para Root ZX mini y Woodpex III con los de la presente investigación.

El presente estudio tuvo como fin establecer la precisión de los localizadores en la determinación de la longitud de trabajo dentro de los parámetros fundamentales para el éxito de endodoncia. Se sugiere continuar esta línea de investigación incluyendo una clasificación de conductos por rangos de curvatura leve, moderada y severa; asimismo, es importante realizar estudios en distintas piezas dentarias con variantes anatómicas. La importancia de este estudio radica en dar a conocer los

resultados que pueden orientar al clínico para la mejor selección de un localizador apical electrónico. Cabe mencionar el punto social en la selección de un mejor localizador apical electrónico en casos de precisión, ya que el tiempo de atención podría disminuir y los pacientes serían mejor atendidos por el especialista.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente estudio, se puede concluir que los localizadores Root ZX mini, Propex Pixi, Rpxy6 y Woodpex III son localizadores de ápice electrónicos con una precisión aceptable en la medición de la longitud de trabajo en conductos mesiovestibulares de primeras molares inferiores, tanto con limas C-pilot

n.º 15 de VDW y limas de níquel-titanio n.º 15 Maillefer, logren usar indistintamente sin comprometer la longitud de trabajo durante el tratamiento del conducto radicular.

Contribución de autoría: Rosa Eudocia Mio Suclupe y Carmen Rosa García Rupaya han contribuido en la concepción, recolección de información, análisis e interpretación de datos, su redacción y la aprobación de la versión final del artículo.

Fuente de financiamiento: Autofinanciado.

Potenciales conflictos de interés: Los autores declaran no tener conflictos de intereses de ningún tipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sadashivam V, Sherwood A. Comparison of three different apex locators in determining the working length of mandibular first molar teeth with irreversible pulpitis compared with an intraoral periapical radiograph: A block randomized, controlled, clinical trial. *J Investing Clin Dent*. 2019; 10 (3): e12408. doi: 10.1111/jicd.12408
2. León A. Precisión de longitud de trabajo de un localizador apical de quinta generación en primeras molares superiores permanentes [Tesis de grado]. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal; 2019.
3. Larenas A, Terán S, Guillén R. Defectos superficiales de las limas mecanizadas de permeabilidad usadas en molares. Estudio in vitro. *Rev Report Cuenc*. 2019; 6 (1). doi: <https://doi.org/10.36332/reportaendo.v1i6.58>.
4. Serna G, Gómez-Flores J, Madla E, Rodríguez I, Martínez G. In vivo evaluation of three electronic apex locators: Root ZX Mini, Apex ID, and Propex Pixi. *J Endod*. 2020; 46 (2): 158-61. doi: 10.1016/j.joen.2019.10.035
5. Chaudhary S, Gharti A, Adhikari B. An in vivo comparison of accuracy of two electronic apex locators in determining working length using stainless steel and nickel titanium files. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2018; 10: 75-82. doi: 10.2147/CCIDE.S158882
6. Ramos N. Influencia del ensanchamiento apical y del tamaño de la lima en la precisión del Root-ZX en conductos contaminados con sangre [Tesis de maestría]. Sevilla: Universidad de Sevilla; 2018.
7. Orosco F, Da Silva G, Weckwerth P, Lopes M, Alan M, de Moraes I. Influence of different sized files on the accuracy of two electronic apex locators. *Aust Endod J*. 2018; 44 (3): 251-4.
8. Connert T, Judenhofer MS, Hülber JM. Evaluation of the accuracy of nine electronic apex locators by using micro-CT. *Int Endod J*. 2018; 51 (2): 223-32. doi: 10.1111/iej.12814
9. Gavini G, Dos Santos M, Caldeira C, Machado M, Gonzales L, Faga E. Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz Oral Res*. 2018; 32 (03): 44-65. doi: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0067

10. Piasecki L, José Dos Reis P, Jussiani EI, Andrello AC. A micro-computed tomographic evaluation of the accuracy of three electronic apex locators in curved canals of mandibular molars. *J Endod.* 2018; 44 (12): 1872-7.
11. Olivera P, Lugo W, Pumahuallca G, Lara R, Quispe P, Castro Y. Estudio in vitro de la relación entre el foramen apical y ápice anatómico. *Odontol Sanmarquina* 2017; 20 (2): 53-57. doi: org/10.15381/os.v20i2.13925
12. Saxena D, Saha SG, Bharandwaj A, Vijawargiya N, Dubey S, Kala S. A comparative evaluation of accuracy of three electronic apex locators using histological section as gold standard: An ex vivo study. *J Conserv Dent.* 2017; 20 (4): 251-4.
13. Jafarzadeh H, Beyrami M, Forghani M. Evaluation of conventional radiography and an electronic apex locator in determining the working length in C-shaped canals. *Iran Endod J.* 2017; 12 (1): 60-3.
14. Masoud S, Shiva I, Mehrdad A K, Khaleghi C, Amin M. Influence of root canal curvature on the accuracy of Root ZX electronic foramen locator: An in vitro study. *Iran Endod J.* 2017; 12 (2): 173-8. doi: 10.7508/iej.2017.02.009
15. Aguiar BA, Reinaldo RS, Frota LM, do Vale MS, de Vasconcelos BC. Root ZX electronic foramen locator: an ex vivo study of its three models' precision and reproducibility. *Int J Dent.* 2017; (3): 1-4. DOI: 10.1155/2017/5893790.
16. Peters O, Azevedo M, Pereira E. Contemporary root canal preparation innovation in biomechanics. *Dent Clin North Am.* 2017; 61 (1): 37-58. doi: 10.1016/j.cden.2016.08.002
17. Covo E. Concordancia entre Raypex 6 y Propex Pixi para la determinación de la longitud de trabajo. estudio in vivo [Tesis de posgrado]. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena; 2016.
18. Gehlot P, Manjunath V, Manjunath M. An in vitro evaluation of the accuracy of four electronic apex locators using stainless steel and nickel titanium hand files. *Restor Dent Endod.* 2016; 41 (1): 6-11. doi: 10.5395/rde.2016.41.1.6
19. Shen Y, Coil J, Mo A, Wang Z, Hideaway A, Yang Y, Haapasalo M. Wave one rotary instruments after clinical use. *J Endod.* 2016; 42 (2): 186-9. doi: 10.1016/j.joen.2015.10.008
20. Lopes H, Vieira M, Elías C, Siqueira J, Mangelli M. Fatigue life of WaveOne and ProTaper instruments operated in reciprocating or continuous rotation movements and subjected to dynamic and static tests. *Int Endo J.* 2013; 7 (3): 217-22. doi: 10.1016/j.joen.2012.11.048
21. Vasconcelos BC, Bastos LM, Oliveira AS. Changes in root canal length determined during mechanical preparation stages and their relationship with the accuracy of Root ZX II. *J Endod.* 2016; (42): 1683-6.
22. Versiani MA, Ahmed HM, Sousa-Neto MD, De-Deus G, Dummer PM. Unusual deviation of the main foramen from the root apex. *Braz Dent J.* 2016; 27 (5): 589-91. doi: 10.1590/0103-6440201601106
23. Ghasemi N, Rahimi S, Shahi S, Samiei M, Frough-Reyhani M, Ranjkesh B. A review on root anatomy and canal configuration of the maxillary second molars. *Iran Endod J.* 2017; 12 (1): 1-9. doi: 10.22037/iej.2017.01
24. Kim PJ, Kim HG, Choo BH. Evaluation of electrical impedance ratio measurements in accuracy of electronic apex locators. *Restor Dent Endod.* 2015; 40 (2): 113-22. doi: 10.5395/rde.2015.40.2.113
25. Swapna DV, Krishna A, Patil AC, Rashmi K, Pai VS, Ranjini MA. Comparison of third generation versus fourth generation electronic apex locators in detecting apical constriction: An in vivo study. *J Conserv Dent.* 2015; 18 (4): 288-91.
26. Khandewal D, Ballal N, Saraswathi M. Comparative evaluation of accuracy of two electronic apex locators with conventional radiography: an ex vivo study. *JOE.* 2015; 41 (2): 201-4.
27. Rodríguez-Niklitschek C, Oporto VGH. Determinación de la longitud de trabajo en endodoncia. Implicaciones clínicas de la anatomía radicular y del sistema de canales radiculares. *Int J Odontostomat.* 2014; 8 (2): 177-3.
28. Beltrán FA. Eficacia del localizador apical electrónico "Elements" en la determinación de la longitud de trabajo en molares permanentes extraídos en consulta privada en Cercado, Arequipa, 2014. [Tesis de grado]. Arequipa: Universidad Católica de Santa María; 2014.
29. Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res* 1962; (41): 375-87.
30. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971; 32 (2): 271-5.
31. Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *Int Endod J.* 1998; 31 (6): 384-93.
32. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *J Am Dent Assoc.* 1955; 50: 544.