



Facultad de Odontología
UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Influencia del ensanchamiento apical y del tamaño de la lima en la precisión del Root-ZX en conductos contaminados con sangre

**TRABAJO DE INVESTIGACION FIN DE
MASTER DE ODONTOLOGIA**



Autora: Ada Noelia Ramos Ferrel

Directores:
Camilo M. Ábalos Labruzzi
Manuela Herrera Martínez

Fecha: Junio de 2018



FACULTAD DE ODONTOLOGIA

D. Camilo Manuel Ábalos Labruzzo, Licenciado en Medicina y Cirugía, Doctor en Odontología por la Universidad de Sevilla y Profesor Contratado Doctor adscrito al Departamento de Estomatología,

Dña. Manuela Herrera Martínez, Doctor en Medicina y Cirugía, Especialista en Estomatología por la Universidad de Granada y Profesora Ayudante Doctor adscrita al Departamento de Estomatología,

Como tutores y directores del Trabajo Fin de **Máster Oficial de Restauradora, Estética y Funcional**.

CERTIFICAN: Que el trabajo titulado “Influencia del ensanchamiento apical y del tamaño de la lima en la precisión del Root ZX en conductos contaminados con sangre”, ha sido realizado por **Dña. Ada Noelia Ramos Ferrel**, bajo nuestra dirección y cumple a nuestro juicio, todos los requisitos necesarios para ser presentado y defendido como trabajo de fin de máster.

Y para que así conste y a los efectos oportunos, firman el presente certificado, en Sevilla a 3 de junio de 2018.

Fdo. Camilo Manuel Ábalos Labruzzo
(TUTOR)

Fdo. Manuela Herrera Martínez
(COTUTORA)

Agradecimientos

Ha sido un período de aprendizaje intenso, no sólo en el campo científico, sino también a nivel personal. Escribir este trabajo ha tenido un gran impacto en mí y es por eso que me gustaría agradecer a todas aquellas personas que me han ayudado y apoyado durante este proceso.

En primer lugar, me gustaría agradecer al Dr. D. Camilo Ábalos Labruzzo, tutor y director de este trabajo su valiosa ayuda., tiempo, esfuerzo, generosidad, disponibilidad y paciencia, así como su dedicación para transmitirme sus conocimientos.

A la Dra. Dña. Manuela Herrera Martínez por su cometido como directora del presente trabajo por todo su tiempo, esfuerzo y conocimiento empleado en la fase experimental.

A la Dra. Dña. Amparo Jiménez-Planas su ayuda y disponibilidad en el análisis de los resultados y estadística.

Definitivamente me han brindado todas las herramientas necesarias para completar mi trabajo de fin máster satisfactoriamente.

Agradecer a DIOS por permitirme vivir y disfrutar de cada día e hizo que me hiciera más valiente en todas las situaciones que se presentaron. También agradecer de manera infinita a mis padres por sus sabios consejos y su comprensión. Y siempre han estado ahí para mí. A mi hermano que ha sido un apoyo constante, y me lo han dado todo y siguen mimándome y apoyándome cada día.

¡Muchas gracias a todos!

No es la fuerza, sino la perseverancia de los altos sentimientos la que hace a los hombres superiores

Friedrich Nietzsche

Índice

1. RESUMEN /ABSTRACT	6
1. INTRODUCCION.....	8
2.1 CONSTRICCIÓN APICAL.....	8
2.2 LOCALIZADORES DE ÁPICE.....	9
2. OBJETIVOS.....	13
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
2.2 OBJETIVOS.....	13
2.3 HIPÓTESIS NULA.....	14
3. MATERIAL Y MÉTODO.....	15
4. RESULTADOS.....	20
5. DISCUSION.....	22
6. CONCLUSIONES.....	25
7. BIBLIOGRAFIA.....	26

RESUMEN

Objetivo: Este estudio investiga la precisión del Root ZX en los conductos contaminados con sangre. Esta investigación introduce como variables de estudio el ensanchamiento del foramen y el tamaño del calibre de las limas.

Material y Método: 10 dientes uniradiculares se embebían en un molde de alginato. La foramina se ensanchaba entre 0.10 mm y 0.45mm. Las medidas se tomaban con todos los posibles tamaños de limas \geq #10. La precisión del EAL se calculaba estadísticamente para los diferentes diámetros y para la influencia del tamaño de la lima.

Resultados: La seguridad del Localizador de Ápice Root Zx, con un rango de error de $\pm 0,5$ mm, era del 60% cuando los diámetros del foramen estaban entre 0.1-0.15mm; del 43-50% para los diámetros del foramen entre 0.2-0.3 mm y $<25\%$ para los diámetros ≥ 0.35 mm. Cuando el rango de error era de ± 1 mm, las medidas aceptables del EAL se situaban en el 100% para diámetros de foramen entre 0.1-0.15 mm; del 87-90% en forámenes entre 0.2-0.35 mm y del 70-73% en forámenes entre 0.40-0.45 mm.

Conclusiones: El Root ZX es seguro en diámetros del foramen inferiores a 0,35mm, pero admitiendo un rango de error de ± 1 mm. Para rango de $\pm 0,5$ mm no es exacto. El tamaño de la lima no influye en la exactitud de este EAL.

ABSTRACT

Objective: this study evaluates the accuracy of the Root ZX apex locator in the bloodstained conduits. This research introduces as study variables foramina widening and calibre file size.

Materials and Methods: 10 single-root teeth were embedded in an alginate mold. The foramina were widened from 0.1 mm to 0.45 mm. The measurements were taken with all possible file sizes \geq #10. The statistical accuracy of the Root ZX was calculated for the different diameters and for the influence of file size.

Results: The accuracy of the Root ZX apex locator with a range of error of ± 0.5 mm was 60% in an apical foramen size of 0.1-0.15 mm; 43-50% in an apical foramen size of 0.2-0.3 mm and $<25\%$ in an apical foramen size ≥ 0.35 mm. With a range of error of ± 1 mm, the measures can be considered accurate with a 100% for apical foramen sizes of 0.1-0.15 mm; 87-90% for apical foramen sizes of 0.2-0.35 mm and 70-73% for apical foramen sizes of 0.40-0.45 mm.

Conclusions: Root ZX is accurate for foramina inferior to 0.35mm, but admitting a ± 1 mm range of error. However, it is not accurate for a $\pm 0,5$ mm margin of error. File size does not influence the accuracy of this EAL.

I INTRODUCCIÓN

1. CONSTRICCIÓN APICAL

La constricción apical (CA) es el lugar aceptado universalmente para establecer el límite de la instrumentación y la obturación en los tratamientos de conductos^{1,2}. Sin embargo, su determinación se debe hacer con cuidado, pues en conductos estrechos y durante la instrumentación puede ser desplazada o destruida iatrogénicamente³. También, es imperativo que la preparación se confine al conducto, evitando sobre extensiones para prevenir la irritación del tejido periapical.⁴

Según los estudios de Kuttler,¹ la distancia promedio desde el foramen apical a la CA es de aproximadamente 0,52mm en personas jóvenes y de 0,65mm en adultos. Otros autores⁵ la sitúan dentro de los 3 últimos milímetros apicales.

La CA se determina tradicionalmente mediante sensación táctil o por radiografía. Los localizadores de ápice de tercera generación son más precisos en su localización.⁶ El Root ZX la identifica a una distancia de 0,45mm de promedio desde el foramen menor⁷. Actualmente, disponemos de medios 3D como la Micro-Tomografía Computarizada (micro CT) o CBCT (Cone Beam Computed Tomograph); una herramienta que no altera la CA y es capaz de identificar, evaluar y medir el sistema de conductos radiculares^{8,9}, aunque por la radiación debe ser utilizada selectivamente.

Desde el punto de vista de la investigación es necesario usar una terminología adecuada y homogénea entre los investigadores. Por ejemplo, la terminología para definir el límite de la longitud de trabajo es tan dispar como: *foramen apical*, *constricción*, *región apical o terminal*, *diámetro o foramen mayor o menor*, *constricción apical*, *ápice anatómico*. Por ello, es necesario consensuar la “constricción apical” como el término adecuado para la Longitud de Trabajo y explicar en la metodología de investigación cómo se ha determinado. Esta normalización nos permitirá comparar adecuadamente los resultados entre diferentes estudios de investigación.

1.1 Forma

La constricción Apical no es un punto concreto, sino una zona de estrechamiento dentro del conducto radicular e inmediatamente a coronal del foramen menor. Esta zona más estrecha es vital para la determinación de la longitud de trabajo mediante los EALs. Cuando se pierde la CA los EALs son menos precisos y tienden a presentar medidas más cortas.^{10,11} No obstante, en ausencia de la CA, pero manteniendo una forma cónica del conducto el EALs es capaz de identificar el diámetro más angosto, independientemente de que si la CA es anatómica o está determinada mecánicamente.¹²

2. LOCALIZADORES DE APICE

El uso de los Localizadores de Ápice (EALs) para determinar la Longitud de Trabajo (LT) es rápido, preciso, seguro, sin dolor y radiaciones. No obstante, las radiografías son necesarias pues nos dan información sobre la morfología y anatomía del sistema de conductos radiculares.

2.1 Funcionamiento

Los EALs se han ido desarrollando durante años. El modo de operar se basa en los principios de *resistencia eléctrica* (1ª generación), *impedancia* (2ª generación) y *frecuencia* (3ª generación). Su inicio fue en 1942 con Suzuki,¹³ con estudios en perros, descubriendo que la resistencia eléctrica entre la mucosa bucal y el ligamento periodontal eran constantes. En 1962, Sunada¹⁴ aplicó estos principios a la práctica clínica. Sin embargo, la seguridad de las lecturas no siempre se podía obtener y presentaban limitaciones por la presencia de pulpa viva, fluidos y la necesidad de calibración.¹⁵

Actualmente, el fundamento de funcionamiento de los EALs podría explicarse por los principios de la electricidad más que por las propiedades biológicas de los tejidos implicados.¹⁶ Los EALs de primera generación indican el contacto de una sonda intraconducto con el ligamento periodontal en el foramen menor, mientras que los EALs de generación posterior indican el punto del diámetro más estrecho del conducto en la constricción apical.¹⁷ Se ha conseguido gracias a los avances de la tecnología y la evolución de los EALs, tal como el Root ZX (J. Morita Co., Tokyo, Japan), que utiliza la corriente alterna o corriente de alta frecuencia, para medir gradientes de tensión y calcular

la relación entre impedancias.¹⁷ Este método permite la medición simultánea de la impedancia en dos frecuencias (8 and 0.4 kHz), luego calcula el cociente de impedancia. El localizador Root ZX funciona en presencia de electrolitos y no requiere calibración,¹⁷ dando por resueltas algunas de las limitaciones de los EALs. Sin embargo, el tamaño del foramen apical y las características de la lima son objeto actualmente de controversia.^{10,18}

2.2 Tamaño del foramen apical

Como hemos comentado anteriormente son dos las cuestiones de controversia respecto a los EALs. El tamaño del foramen apical y las características de la lima son objeto actualmente de controversia. Respecto a la primera cuestión es necesario establecer un diámetro crítico del foramen en el que el EAL pierda su precisión. Estudios previos indican que el diámetro crítico del foramen es 0,3mm¹¹ o 0,6mm.^{18,19} Estudios clásicos en tubos de vidrio¹⁶ o cuando se destruye la constricción apical²⁰ determinan que un diámetro mayor a 0,4 disminuye la precisión de la medición. En el extremo opuesto, hay investigaciones que cifran la pérdida de precisión en un diámetro de 0,8 mm²¹ e incluso en 0,9 mm.²² Además, según algunos autores^{15,23,24} éstas medidas pueden cambiar dependiendo de la discrepancia entre el tamaño de la lima y el del foramen. Este aspecto no ha sido confirmado en otras investigaciones.^{10,12,18,19,21,25}

Esta aparente discrepancia puede deberse a los diferentes métodos de investigación. Sin embargo, considerando los aspectos metodológicos involucrados y comparando solo aquellos estudios con las siguientes similitudes¹⁰:

1. Usaron EALs que median a dos frecuencias y calculaban el cociente de impedancia.
2. El conducto mantenía una forma cónica incluso en ausencia de constricción apical.
3. El medio de irrigación fue hipoclorito de sodio con o sin EDTA.

Los resultados de la comparación de estos estudios muestra que a diámetros \leq 0,6mm las mediciones son precisas y que por encima de \geq 1,0mm no lo son; independientemente del tamaño de la lima utilizada y del diámetro apical.^{12,20,21,24} Este hallazgo coincide con estudios realizados dentro de esta línea de investigación.¹⁸ Por ello, con esta metodología el diámetro crítico se sitúa en el intervalo 0,6mm-1,0mm.

Para dilucidar esta laguna en la bibliografía Herrera y cols¹⁰ estudiaron este intervalo y para todos los diámetros posibles de limas. Los resultados de esta investigación muestran que el Root ZX es seguro para $\emptyset \leq 0,6\text{mm}$, independientemente del tamaño de la lima. Entre 0,7-0,8 mm las limas deben ser ajustadas al foramen apical, mientras que para tamaños superiores a 0,9 mm el EAL no es seguro. Estos resultados demuestran como el EAL va perdiendo su exactitud progresivamente, a medida que se va ensanchando el foramen apical, no existiendo un diámetro crítico exacto sino un intervalo donde se pierde la precisión.

2.3 Seguridad

En la literatura científica y para la mayoría de las investigaciones los resultados tienen gran variabilidad. La precisión de los EALs oscila entre el 35% y el 100%.²⁵ Para los localizadores de 3ª generación la precisión oscila entre el 80-100%, tanto para los estudios in vitro^{19,22} como para los estudios clínicos^{23,26,27}. Esto bien podría explicarse por el resultado de los diferentes parámetros de la investigación y las definiciones históricas utilizadas en las diferentes investigaciones. La desviación de 0,5 mm en relación con la zona más estrecha de la CA se considera clínicamente aceptable²⁶.

Para forámenes apicales anchos la seguridad de los EALs, con un rango de error de $\pm 0,5\text{mm}$, es del 87% para un foramen apical de 0,6 mm. Para forámenes de 0,7 la seguridad es del 84%, si se usan limas de tamaño $\geq \# 45$. Con una tolerancia de $\pm 1\text{ mm}$ la precisión es del 99% para un foramen apical de 0,6 mm. Para forámenes de 0,7 la seguridad es del 98% si se usan limas de tamaño $\geq \# 45$. Para forámenes de 0,8 la seguridad es del 95%, si se usan limas de tamaño $\geq \# 70$.¹⁰

2.4 Medios de irrigación

El uso de hipoclorito Sódico como medio para desinfectar los conductos radiculares no influye en la seguridad de los EALs y es altamente preciso a distintas concentraciones (0.5% -2.5%) y con Edta al 17%²¹. El NaOH es muy electroconductor y tiene capacidad para penetrar en los túbulos dentinarios, por lo que estas propiedades juegan a favor de los EALs. Otras sustancias por su salinidad favorecen esta electroconductividad como son el EDTA y el H₂O₂.¹⁹

El uso de Clorhexidina, según Kaufman et al²⁸ tampoco afecta a la precisión de los EALs²⁸, aunque otros autores²¹ no están en cocondancia con estos resultados. También informan que el uso del RC Prep® puede afectar a algunas de las variables que influyen en la precisión de los EALs²¹. La viscosidad de este producto puede tener un efecto aislante entre las paredes del conducto y los tejidos o la lima.

Independientemente de la sustancia que empleemos para la desinfección y preparación de los conductos radiculares, pueden aparecer otros fluidos que contaminen el conducto como líquido plasmático, sangre o pus. En estas condiciones hay pocos estudios, Ebrahim²⁴ informa que la presencia de sangre puede favorecer medidas más cortas de los EALs. La presencia de sangre puede ser en la mayoría de los casos por una sobreinstrumentación o trauma de la raíz.²⁹

2.5 Medición

En dientes permanentes las lecturas en “Apex” pueden ser más seguras que en “0,5 bar”³⁰, aunque para otros autores publican que hay más precisión en “0,5 bar”³¹. En estudios para dientes primarios³² cuando se comparan estas dos formas de medir, indican que en “Apex” se tiende a sobreestimar la medición, pero que es más segura que en “0,5 bar”. En investigación se ha determinado cuando vemos la lima visualmente en el foramen o mediante microscopio y substrayendo entre 0,5-1 mm^{22,33,34}. Una vez revisada la bibliografía, estimamos que es igual de válido “Apex” que “-0,5”. Sin embargo, el segundo está sujeto al valor medio en donde se sitúa la CA, aunque no tiene por qué coincidir exactamente. También está sujeto a las diferentes metodologías de los estudios y terminologías²⁵. Por eso, hacer coincidir el *gold standard* visual (vemos la lima en el foramen) con la medida “apex” no está sujeto a estas cuestiones, pero debe hacer con limas muy finas para no dañar la CA.

Estudios previos utilizan un rango de error para los EALs de $\pm 0.5\text{mm}$ para tasar la precisión de las mediciones,^{19,35} son mediciones dentro de una tolerancia altamente precisa. Otros estudios³⁶ son más laxos y admiten una tolerancia clínica de $\pm 1.0\text{mm}$. Una razón citada para aceptar un margen de error de $\pm 1.0\text{mm}$ es la amplitud de la zona relacionada con la costricción apical.³⁶

* * *

II OBJETIVOS

3.1 Planteamiento del problema

Los localizadores de ápice (EALs) de tercera generación son un método muy empleado y preciso para determinar la constricción apical. Esta zona apical es la aceptada universalmente como el límite para la instrumentación y obturación de los conductos radiculares. Con la evolución de los localizadores de ápice y el empleo de los EALs de tercera generación, que emplean dos frecuencias (4 y 8 Hz) y calculan el cociente de impedancias, se han resuelto la mayoría limitaciones que tenían. El diámetro del foramen apical y el calibre de la lima son cuestiones que todavía suscitan controversia, aunque se han aclarado bastantes cuestiones por los autores de esta línea de investigación¹⁰ con la necesidad de estudios confirmatorios.

A pesar de todos estos avances, hay una circunstancia que ha sido muy poco estudiada que se el funcionamiento de los EALs, cuando el conducto se contamina de sangre. Conocer cómo es la exactitud del EALs con sangre es crucial, pues aunque no es una circunstancia frecuente sí necesita una especial respuesta, donde conocer la longitud de trabajo es una parte importante de la solución.

3.2 Objetivos específicos

- a) Determinar la precisión del Root ZX en conductos contaminados con sangre.
- b) Conocer la influencia del diámetro apical (0,1mm a 0.45mm) en conductos contaminados con sangre, en la precisión del Root ZX.
- c) Conocer la influencia del calibre de la lima en conductos contaminados con sangre y con diámetros apicales entre 0,1mm y 0,45 mm, en la precisión del Root ZX.

3.3 Hipótesis nulas

1. *“La precisión del Root ZX es similar en sangre que en NaOH+EDTA”*
2. *“La precisión del Root ZX es similar independientemente del diámetro apical, en los conductos contaminados con sangre”*
3. *“La precisión del Root ZX es similar independientemente del calibre de la lima utilizada para las mediones, en los conductos contaminados con sangre”*

* * *

III MATERIAL Y METODO

Este estudio de investigación cuenta con la aprobación del Comité Ético de la Universidad de Sevilla, y se procedió de la forma siguiente:

Diez dientes uniradiculares postextracción se almacenaban y conservaban en agua conteniendo 10% de formol a 37°C. Se realizaban radiografías de los dientes para evaluar la anatomía de los conductos. Se confirmaban que todos los dientes seleccionados tenían ápices maduros y que estábamos ante conductos razonablemente rectos y estrechos.

Las coronas de los dientes se seccionaban al nivel de la unión esmalte-cemento con el fin de obtener un acceso fácil y una zona estable como referencia para el tope de goma (Fig. 1). Todos los conductos se exploraban con una lima K de tamaño #10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) para asegurarnos del tamaño inicial del conducto, antes de su ensanchamiento.

Figura 1. Dientes de la muestra cortados a nivel de la union esmalte-cemento.



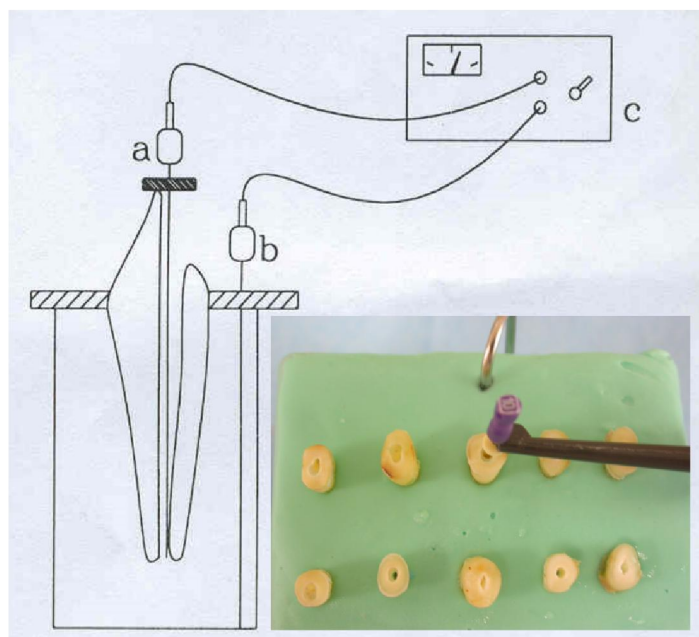
La longitud real del conducto (LR), con límite en el foramen apical, se determinaba introduciendo una lima K #10 hasta que la punta de la lima era visible en el foramen apical (Fig.2); bajo la visualización en el esteromicroscopio Nikon HFX-IIA (Nikon Corp, Tochigi, Japan) x20 magnification, se situaba exactamente en el foramen mayor.

Figura 2. Lima en el foramen apical previo al ajuste en el microscopio.



El tope de goma se ajustaba cuidadosamente al nivel de referencia y con un calibre digital Micromar 40 EXL (Order-No 4151600, Mahr GmbH-Esslingen, Zurich, Germany) se media la longitud. Se utilizaba una seguridad de 0.1 mm. Los dientes eran colocados en un molde de alginato para la experimentación (Fig 3).

Figura 3. Modelo experimental de alginato. Electrodo de la lima (a), electrodo de la mucosa (b).



Los conductos eran ensanchados progresivamente hasta el punto de LR+1 mm. El conducto se irrigaba con agua destilada durante el ensanchamiento progresivo. La permeabilidad de la CA (Patency) era comprobada constantemente usando una lima K #10. Después del ensanchamiento con la lima K #10 al punto LR+ 1mm, el tamaño del foramen sería de 0.1mm. En este grupo experimental el conducto se irrigó con agua destilada y posteriormente se llenó con sangre humana antes de las mediciones.

La longitud de trabajo se determinaba con localizador de ápice Root ZX (J. Morita USA, Irvine, CA) usando una lima K #10. Las medidas se realizaban siguiendo las instrucciones del fabricante. Las limas se insertaban hasta que en dial del EAL aparecía “APEX” (Fig.4). Esta marca representa el foramen mayor.³⁷ Todas las medidas se realizaban por triplicado y la media del valor, de las tres medidas, se tomaba como resultado. La mediciones con discrepancias en cualquiera de las tres medidas eran eliminadas de la muestra.

Figura 4 . “APEX” en la pantalla del Root ZX (J. Morita USA, Irvine, CA)



Debido a la pobre normalización de las limas (tolerancia ± 0.02 mm), la instrumentación y medidas se realizaban con las mismas limas. El ensachamiento del foramen apical se continuó para los diámametros 0,15 a 0,45 mm. Para cada diámetro apical se utilizaron todos los calibres de limas posibles para las mediciones. (Tabla 1).

Tabla 1. Calibres de las limas utilizadas para el ensanchamiento del Foramen y mediciones.

Ø FORAMEN	ENSANCHAMIENTO	MEDICIÓN
0,10 mm	# 10	# 10
0,15 mm	# 15	# 10-15
0,20 mm	# 20	# 10-20
0,25 mm	# 25	# 10-25
0,30 mm	# 30	# 10-30
0,35 mm	# 35	# 10-35
0,40 mm	# 40	# 10-40
0,45 mm	# 45	# 10-45

Con el objetivo de establecer medidas comparables entre los dientes de la muestra, ya que cada uno de ellos tenía una medida diferente, se estableció para cada diente como medida la diferencia (ΔL) entre la medida RL y la medida que obteníamos con el EAL (LT). Cada una de las medidas LT para cada diámetro apical se realizaba con distintas limas (K#10, 15 y siguientes), a fin de determinar la Longitud de Trabajo; la sigla empleada para cada medida la denominábamos con la letras “LT” seguido por el número de la lima utilizada en la medición. Así, $LT_{10}=16,5\text{mm}$ significa que para un determinado diámetro apical la longitud de trabajo, medida con la lima K#10, es de 16,5mm. Con lo anteriormente expuesto, la fórmula empleada para el cálculo de cada medida, con el fin de poder analizarlas desde el punto de vista estadístico era la siguiente:

$$\Delta L = RL - LT_{10-40}$$

Así, cada uno de los datos referidos, no lo son a las medidas (LT), sino a los incrementos o decrementos (ΔL) de LT respecto a RL, pudiendo presentar valores positivos o negativos. Los valores positivos indican que la medición con el EAL ha sobrepasado el foramen apical y los valores negativos que la lima está corta respecto al foramen. El valor “cero” indica que la medida del EAL coincide exactamente con la medida manual donde la lima se hace visible por el apex (RL). Estos valores son los registrados para establecer la precisión del EAL.

Se calcularon la proporción de medidas dentro de la tolerancia ± 0.5 mm y ± 1 mm. Se realizó un análisis estadístico mediante el test de la varianza para la comparación de medias, con la corrección de Bonferroni. La significación estadística se fijó en $\alpha \leq 0.05$. Los datos fueron analizados usando el programa estadístico SPSS version 19.0 (SPSS Inc, Chicago, IL).

* * *

IV RESULTADOS

Las medias y las desviaciones estándar de las medidas (ΔL) obtenidas para cada tamaño de dentado de cada diámetro apical se muestran en la Tabla 2. En esta tabla se observa como los valores obtenidos van disminuyendo gradualmente a medida que el diámetro del foramen aumenta. No existen diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones con limas de calibre pequeño o grande, en forámenes de 0,10 mm a 0,45mm.

Las medidas aceptables del EAL, con un rango de error de ± 0.5 mm, son del 60% cuando los diámetros del foramen son de 0.1-0.15mm; del 43-50% para los diámetros de foramen entre 0.2-0.3 mm y $<25\%$ para los diámetros ≥ 0.35 mm. Cuando el rango de error es de ± 1 mm las medidas aceptables del EAL son del 100% para diámetros de foramen entre 0.1-0.15 mm; del 87-90% en forámenes entre 0.2-0.35 mm y del 70-73% en forámenes entre 0.40-0.45 mm.

Tabla 1. Análisis estadístico de los valores de las medida reales menos las medidas del Localizador de Ápice (ΔL), para cada diámetro apical.

Foramen	Lima	# 10	# 15	# 20	#25	#30	# 35	# 40	# 45	Total
0.10 \emptyset	Media*	0.70								0.70
	SD†	0,26								0,26
0.15 \emptyset	Media*	0.70	0.70							0.70
	SD†	0,26	0,26							0,26
0.20 \emptyset	Media*	0.77	0.77	0.77						0.77
	SD†	0.30	0.30	0.30						0.30
0.25 \emptyset	Media*	0.75	0.80	0.77	0.82					0.79
	SD†	0.29	0.28	0.42	0.33					0.32
0.30 \emptyset	Media*	0.75	0.80	0.80	0.75	0.85				0.79
	SD†	0.29	0.28	0.28	0.29	0.39				0.30
0.35 \emptyset	Media*	1.02	0.92	0.92	1.00	0.80	0.77			0.90
	SD†	0.43	0.43	0.35	0.37	0.23	0.24			0.35
0.40 \emptyset	Media*	1.15	1.12	1.07	1.12	1.05	0.95	1.05		1.07
	SD†	0.39	0.41	0.33	0.36	0.35	0.26	0.32		0.34
0.45 \emptyset	Media*	1.02	1.07	1.00	1.00	0.92	1.02	1.02	1.08	1.01
	SD†	0.43	0.53	0.41	0.41	0.49	0.43	0.43	0.41	0.43

No existen diferencias significativas entre las medias de cada fila (ANOVA, Bonferroni's post hoc test)

\emptyset : Diámetro del Foramen Apical / SD: standard deviation.

* Las medidas son negativas (símbolo -); n = 10 para cada media, excepto para #40-40 \emptyset y #45-45 \emptyset (n = 9).

* * *

V DISCUSION

En un conducto radicular irrigado con hipoclorito, los EALs son seguros en diámetros del foramen inferiores a 0.6 mm. En el caso de forámenes de 0,7-0,8 mm hay que usar limas, con tamaño similar al foramen para mantener la precisión, mientras que en forámenes con diámetro de 0,9 mm o mayores, los EALs no son precisos¹⁰. Sin embargo, cuando el conducto se contamina con sangre, por causas yatrogénica o patológicas, los EALs no son precisos.

En este estudio las lecturas se ven afectadas adversamente por la presencia de sangre, sólo son seguras hasta diámetros inferiores de 0.35 mm y para un rango de error de ± 1 .mm. Este rango es aceptado si nos basamos en estudios previos³⁶ que aceptan este margen debido a la forma y amplitud de la constricción apical. No hemos encontrado seguridad para el rango de error de 0,5mm, que se considera como altamente preciso^{19,35}. Así, un conducto contaminado con sangre es un inconveniente importante para determinar la longitud real, aunque aceptando este rango de ± 1 .mm, podemos aceptar su fiabilidad solo en $\emptyset < 0,35$ mm. Nuestro estudio coincide con el de Ebraim y col.³⁸ en cuanto a que la fiabilidad del EALs disminuye en la presencia de sangre. Sin embargo, nuestros resultados difieren en que limas de mayor tamaño y ajustadas al foramen aumentan la seguridad del EALs en un medio con sangre. En el estudio citado³⁸ analizan la seguridad del EALs en tres diámetros 0,4, 0,6 y 0,8mm. En nuestro estudio analizamos todos los diámetros entre 0,1-0,45mm, lo que nos permite detectar cuando el EALs pierde su seguridad según el foramen ($\emptyset \leq 0.35$ mm) y la no influencia del tamaño de la lima para estos diámetros.

En nuestro estudio, la proporción de medidas exactas era baja (<5%). En estudios similares en NaOH la proporción era algo inferior al 30%^{25,39,40}, lo que supone una reducción bastante importante en este medio con sangre. El resto de medidas era siempre más cortas. No encontramos ningún caso en que las medidas fueran sobre extendidas. Por

lo que, aunque no podemos estimar su precisión en las lecturas por encima de diámetros mayores a 0,35 mm, se puede prevenir la sobreinstrumentación. No obstante, no todos los localizadores de ápice son capaces de prevenir la sobreinstrumentación²². Aunque dependiendo del localizador, en el caso de Root ZX y en un medio con sangre siempre debemos elegir la medida mayor en diámetros mayores de 0.35mm dada la ausencia de sobre estimación. El uso de los EALs y sobre todo en estos casos, no obvia el empleo de radiografías de verificación.

Algunos autores^{11,12,28,41} informan de que a medida que aumentamos el diámetro del foramen, las medidas electrónicas se hacen más cortas que la longitud de trabajo. Este hecho también se confirma en este estudio encontrando una relación inversamente proporcional entre la longitud de las medidas y el diámetro del foramen.

En otros estudios¹⁰ con hipoclorito el utilizar limas más gruesas, similares al tamaño del foramen, hace que aumente la fiabilidad de los EALs en forámenes anchos. Sin embargo, en este estudio en sangre se pierde la fiabilidad en diámetros ≤ 0.35 , independientemente del tamaño de la lima y no mejora con el ajuste de las limas en los \emptyset 0.40-0.45mm. Nuestros resultados están en desacuerdo estudios previos en sangre^{23,38}. Estos autores,^{23,38} indican, respecto al uso de las limas de pequeño diámetro, que cuando se ajustan para medir la LT mejoran las medidas, especialmente en la presencia de sangre, lo que nosotros no hemos comprobado.

Con la presencia de sangre observamos un diámetro crítico (0,35 mm) donde se pierde la seguridad del EAL, a diferencia de con hipoclorito, donde se observa que no existe un punto exacto, sino un rango entre 0.6-0.8mm. Además, no existe exactitud si utilizamos como margen de error ± 0.5 mm. En este estudio no hemos utilizado grupo control, pues dentro de esta línea de investigación se han realizado experimentaciones con idéntica metodología con NaOH 5,25% y EDTA 14%, donde el EALs se mostró seguro en diámetros apicales inferiores a 0.6mm e independientemente del tamaño de la lima, que han servido como referencia en ausencia del grupo control.

En resumen, la presencia de sangre influye muy negativamente en la seguridad de los EALs. Solo en diámetros $\leq 0,35$ mm podemos establecer una cierta seguridad (rango error ± 1 mm). Además, no podemos mejorar la exactitud ajustando el diámetro de la lima al tamaño del foramen. Por tanto, nuestra recomendación es establecer la longitud de trabajo una vez eliminada la presencia de sangre, aunque si esto no es posible, por lo menos tenemos la tranquilidad que no hay sobre instrumentación pues todas las medidas serían inferiores a la constricción apical. Podemos tratar el conducto hasta la longitud marcada, sin bloquearlo, y dejar la medición para una segunda sesión con la ausencia de sangre.

* * *

VII CONCLUSIONES

PRIMERA.- El Root ZX en conductos contaminados con sangre no tiene una alta precisión. Sólo es preciso en conductos estrechos y con una tolerancia de ± 1 mm.

SEGUNDA.- La seguridad de este localizador, en conductos contaminados con sangre, se mantiene en forámenes de 0.35 mm o inferiores. La exactitud del localizador disminuye a medida que se ensancha el foramen.

TERCERA.- En las circunstancias citadas, el empleo de limas de distinto calibre o eajustadas al foramen no mejoran la exactitud del Root ZX.

* * *

VIII BIBLIOGRAFIA

1. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. *J Am Dent Assoc* 1955;50:544-552
2. Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1: literature review. *Int Endod J* 1998;31:384-93
3. Stein TJ, Corcoran JF. Nonionizing method of locating the apical constriction (minor foramen) in root canals. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology* 1991;71: 96–9.
4. Ingle JI, Bakland LK, Peters DL, Buchanan S, Mullaney TP. Endodontic cavity preparation. In: Ingle JI, Bakland LK, eds. *Endodontics*, 4ta ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1994 pp. 92-227
5. Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *International Endodontic Journal* 1984;17:192–8.
6. Martins JN, Marques D, Mata A, Carames J. Clinical efficacy of electronic apex locators: systematic review. *J Endod* 2014;40:759–77.
7. Berman LH, Fleishman SB. Evaluation of the accuracy of the Neosono-D electronic apex locator. *Journal of Endodontics* 1984;10:164-7
8. ElAyouti A, Hülber-J M, Judenhofer MS, et al. Apical constricción: location and dimensions in molars—a micro-computed tomography study. *J Endod* 2014;40:1095–9.
9. Meder-Cowherd L, Williamson AE, Johnson WT, et al. Apical morphology of the palatal roots of maxillary molars by using micro-computed tomography. *J Endod* 2011;37:1162–5.
10. Herrera M, Ábalos C, Lucena C, Jimenez-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; 37:1306-1309.

11. Fouad AF, Rivera EM, Krell KV. Accuracy of the endex with variations in canal irrigants and foramen size. *Journal of Endodontics* 1993;19:63–7.
12. NguyenHQ, KaufmanAY, KomorowskiRC, Friedman S. Electronic length measurement using small and large files in enlarged canals. *International Endodontic Journal* 1996;29:359–64.
13. Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. *J Stomatol Soc (Japan)* 1942; 16:411-417.
14. Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res* 1962; 41:375-387.
15. McDonald NJ. The electronic determination of working length. *Dent Clin North Am* 1992; 36:293-307
16. Huang L. An experimental study of the principle of electronic root canal measurement devices. *J Endod* 1987; 13:60-64.
17. Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *Journal of Endodontics* 1994; 20:111-14.
18. Herrera M, Ábalos C, Jimenes A, Llamas R. Influence of Apical Constriction Diameter on Root ZX Apex Locator Precision. *Journal of Endodontics* 2007; 33: 995-997.
19. Saito T, Yamashita Y. Electronic determination of root canal length by newly developed measuring device. Influences of the diameter of apical foramen, the size of Kfile and the root canal irrigants. *Dent Jpn (Tokyo)* 1990;27:65–72.
20. Cheng L, Su Q, Huang YX. In vitro evaluation of correlation between the size of apical foramen and the accuracy of root ZX. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* 2008;26:56–9.
21. Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. An in vitro evaluation of the accuracy of Dentaport ZX apex locator in enlarged root canals. *Aust Dent J* 2007;52:193–7.
22. ElAyouti A, Kimionis I, Chu AL, Lost C. Determining the apical terminus of root-end resected teeth using three modern apex locators: a comparative ex vivo study. *Int Endod J* 2005;38:827–33.
23. Stein TJ, Corcoran JF, Zillich RM. Influence of the major and minor foramen diameters on apical electronic probe measurements. *J Endod* 1990;16: 520–2.

24. 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. *Aust Dent J* 2006;51:258–62.
25. Briseno-Marroquin B, Frajlich S, Goldberg F, Willershausen B. Influence of instrument size on the accuracy of different apex locators: an in vitro study. *J Endod* 2008;34:698–702.
26. Fouad AF, Krell KV, McKendry DJ, Koobusch GF, Olson RA. Clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. *J Endod* 1990;16:446–9.
27. Shabahang S, Goon WW, Gluskin AH. An in vivo evaluation of Root ZX electronic apex locator. *J Endod* 1996;22:616–8.
28. Kaufman AY. Reliability of Root ZX apex locator tested by an in vitro model. *J Endod* 1993;19:201–7.
29. Bogen G, Kuttler S. Mineral trioxide aggregate obturation: a review and case series. *Journal of Endodontics* 2009;35: 777–90.
30. Ounsi HF, Naaman A. In vitro evaluation of the reliability of the Root ZX electronic apex locator. *International Endodontic Journal* 1999; 32:120–3.
31. Weiger R, John C, Geigle H, Lost. C An in vitro comparison of two modern apex locators. *Journal of Endodontics* 1999;25:765–8.
32. Angwaravongl O, Panitvisai P. Accuracy of an electronic apex locator in primary teeth with root resorption. *International Endodontic Journal* 2009;42:115–121.
33. Kaufman AY, Keila S, Yoshpe M. Accuracy of a new apex locator: an in vitro study. *Int Endod J* 2002;35:186-92.
34. Lucena-Martin C, Robles-Gijon V, Ferrer-Luque CM, of Mondelo JM. In vitro evaluated ation of the accuracy of three electronic apex locators. *J Endod* 2004;30:231-3.
35. Pagavino G, Pace R, Baccetti T. A SEM study of in vivo accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *J Endod* 1998;24:438-441.
36. Keller ME, Brown CE, Newton CW. A clinical evaluation of the Endocater – an electronic apex locator. *J Endod* 1991;17:271-274.
37. Jung IY, Yoon BH, Lee SJ, Lee SJ. Comparison of the reliability of " 0.5 " and " APEX " mark measurements in two frequency-based electronic apex locators. *J Endod* 2011; 37: 49-52.

38. Ebrahim AK, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. The effects of file size, sodium hypochlorite and blood on the accuracy of Root ZX apex locator in enlarged root canals: an in vitro study. *Aust Dent J* 2006;51:153–7.
39. Hoer D, Attin T. The accuracy of electronic working length determination. *Int Endod J* 2004;37:125–31.
40. 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 Pro-Pex. *Int Endod J* 2006;39:408–14.
41. Hulsmann M, Pieper K. Use of an electronic apex locator in the treatment of teeth with incomplete root formation. *Endod Dent Traumatol* 1989;5:238–41.

* * *