

Medición electrónica de la longitud de trabajo en forámenes inmaduros simulados. Un estudio ex vivo

Electronic working length measurement in teeth with simulated immature foramens. An ex vivo assay

Presentado: 6 de noviembre de 2018
Aceptado: 28 de enero de 2019

Emilio Jorge Manzur,^a Mariana Ballachino^b

^aCátedra de Endodoncia, Facultad de Odontología, Universidad de Buenos Aires, Argentina

^bCátedra de Endodoncia, Carrera de Odontología, Facultad de Medicina, Universidad del Salvador / Asociación Odontológica Argentina, Buenos Aires, Argentina

Resumen

Objetivo: Evaluar *ex vivo* la confiabilidad de la medición electrónica de la longitud de trabajo obtenida por dos localizadores apicales en forámenes inmaduros simulados.

Materiales y métodos: 20 incisivos centrales superiores humanos extraídos con conductos rectos se dividieron en dos grupos de 10 cada uno. En el grupo A, los conductos y los forámenes se prepararon paralelos hasta un calibre #100. En el grupo B, se procedió de manera similar al grupo A, pero los forámenes se prepararon divergentes. Las raíces se recubrieron con una membrana de intestino porcino simulando el ligamento periodontal y se insertaron individualmente en 20 orificios preparados en la tapa de una cuba de acrílico que contenía hueso bovino particulado humedecido. La tapa fue reposicionada en la cuba cuidando que las raíces quedaran sumergidas en el hueso. Mediante una lima K de tercera se-

rie se determinó la longitud de trabajo con los localizadores apicales RootZx y Mini Apex. Luego, se retiró la tapa con los dientes y las membranas, se los preparó hasta un calibre #120 y se midieron nuevamente. Se repitió el procedimiento preparando los forámenes hasta un calibre #140. Se determinó la longitud de trabajo cuando la pantalla de los localizadores apicales marcaba 0,5.

Resultados: Las diferencias entre localizadores apicales no fueron significativas, pero sí lo fueron entre ambos tipos de forámenes al prepararlos hasta un calibre #140.

Conclusiones: La medición electrónica *ex vivo* en dientes con forámenes inmaduros simulados fue confiable excepto cuando se prepararon con calibre #140.

Palabras clave: Forámenes inmaduros, hueso bovino, longitud de trabajo, membrana porcina.

Abstract

Aim: To evaluate *ex vivo* the reliability of two apical electronic localizers to determine the working length in teeth with simulated immature foramens.

Materials and methods: Twenty extracted upper central human incisors with straight root canals were assigned to two groups of 10 teeth each. In group A, the canal walls and foramens were prepared parallel to a size #100. In group B, the canals were prepared similar but the foramens were divergent. Each root was surrounded with a porcine intestine membrane simulating the periodontal ligament and then placed through holes prepared on the cover of an acrylic box filled with humid particulate bovine bone. The cover holding the teeth was repositioned taking care that the roots were submerged into the particulate bone. A third series K-file along

with Root Zx or Mini Apex apical electronic localizers was used to determine the electronic working length. The cover with the teeth and membranes was then removed, the canals were over-prepared to a #120 size file and the electronic working length was measured, then the foramens were widened to a #140 size and the measurements were repeated. The working length was determined when the apical electronic localizers showed 0.5 on the screen.

Results: No significant differences were observed between the apical electronic localizers, while significant differences were detected between both types of foramens when prepared to a size #140.

Conclusions: The tested apical electronic localizers were reliable for the *ex vivo* working length measurement in

teeth with simulated immature foramens, except when prepared to a size #140.

Palabras clave: Bovine bone, immature foramen, porcine membrane, working length.

Introducción

El objetivo principal del tratamiento endodóntico es obtener una adecuada desinfección, limpieza y obturación del sistema de conductos radiculares.¹ En ese sentido, la determinación de una correcta longitud de trabajo (LT) constituye un requisito esencial para evitar una sobreinstrumentación, así como el pasaje de sustancias irritantes o detritus más allá del foramen apical. Los estudios realizados bajo diferentes condiciones experimentales²⁻⁵ han informado que el empleo de localizadores apicales electrónicos (LAE) para la determinación de la LT resulta efectivo y proporciona aproximadamente un 94% de exactitud en la medición. Sin embargo, es importante destacar que en la eficiencia de los LAE pueden influir diferentes factores, tales como el diámetro del instrumento utilizado, el del conducto radicular (especialmente a nivel del foramen) y la presencia de humedad o de restos de soluciones irrigantes,⁵⁻⁸ aunque estos dos últimos factores ya han sido superados por los LAE de última generación.⁹

En los casos de conductos con ápices incompletamente desarrollados (CAId), en su mayor parte con una conformación divergente sin presencia de constricción, la determinación de la LT suele presentar alguna dificultad. Friend,¹⁰ en una publicación del año 1966, describió tres tipos de CAId: paralelos, divergentes y cónicos, por lo que en estos casos resulta difícil obtener una correcta LT. Este inconveniente puede interferir de alguna manera con los procedimientos de desinfección, limpieza y obturación en esa área del conducto radicular.¹¹

Herrera *et al.*¹² informaron que el LAE Root ZX (RZx; J Morita Mfg, Corp., Tokio, Japón) demostró ser preciso y confiable para la medición electrónica (ME) en ápices de 0,6 mm de diámetro, mientras que las mediciones no fueron precisas cuando el diámetro del ápice fue de 0,9 mm o más. Si bien el RZx ha sido considerado como un LAE de referencia para la comparación de diferentes tipos de localizadores,^{6,7,12} las investigaciones acerca de la precisión de las ME obtenidas por medio del LAE Mini Apex (MAP; SybronEndo, Orange, CA, Estados Unidos) son escasas y contradictorias.

Por lo tanto, el objetivo de este ensayo fue comparar, en condiciones *ex vivo*, la precisión de los LAE RZx y MAP para la determinación de la LT en

piezas dentarias con CAId simulados. La hipótesis nula postula que las ME obtenidas por medio RZx y MAP en casos de piezas dentarias con CAId no son diferentes.

Materiales y métodos

En el presente ensayo se utilizaron 20 (n=20) incisivos centrales superiores extraídos por razones periodontales o quirúrgicas y conservados en suero fisiológico timolado a temperatura ambiente.

Los factores de inclusión requerían que los dientes presentaran ápices completamente desarrollados, conductos radiculares rectos y no demasiado estrechos, y que no poseyeran fracturas, fisuras o reabsorciones.

Los dientes se dividieron aleatoriamente en dos grupos (A y B) de 10 (n=10) dientes cada uno. Cada grupo, a su vez, fue dividido en tres subgrupos de acuerdo al calibre al que fueron preparados (tabla 1).

El protocolo del presente estudio fue revisado y aprobado por el Comité de Ética para la Investigación Científica de la Asociación Odontológica Argentina (resolución n° 02/19).

Descripción del modelo. Para realizar cada una de las ME repetidas en cada diente, se utilizó el modelo previamente informado por Manzur,¹³ el cual fue modificado para adaptarlo a las condiciones de este ensayo. Se utilizó una cuba de acrílico de 130 × 80 × 25 mm con tapa hermética. En su tapa se prepararon, de forma ordenada, 20 orificios de un diámetro adecuado que permitiera introducir los 10 dientes de cada grupo hasta el límite amelocementario de manera tal que las raíces quedaran en la parte inferior de la tapa (fig. 1A), y las porciones coronarias, expuestas en la parte superior (fig. 1B).

Los dientes se fijaron a la tapa con acrílico de autopolimerización y las raíces de cada uno de ellos fueron recubiertas con una membrana de intestino porcino (MIP) ligadas con alambre de cobre, simulando el ligamento periodontal (fig. 2). La cuba se llenó con hueso bovino particulado (HBp) con un tamaño de partícula de aproximadamente 400 a 1500 µm, hidratadas con solución fisiológica (pH 7,4) (fig. 3). La tapa de la cuba fue reubicada en posición de forma tal que las raíces recubiertas con las MIP quedasen incluidas dentro del HBp. Finalmente, los dien-

Tabla 1. Distribución de grupos y subgrupos.

Grupo A		Grupo B	
Subgrupo	Calibre	Subgrupo	Calibre
A1	#100	B1	#100
A2	#120	B2	#120
A3	#140	B3	#140

tes se numeraron para su posterior identificación y se procedió de acuerdo al siguiente protocolo:

En el grupo A (n=10), los forámenes se prepararon de manera paralela (fig. 4). Luego de realizar la apertura y la rectificación de los accesos coronarios, se efectuó el cateterismo con una lima tipo K #10 (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suiza) y se comprobó la permeabilidad del canal. Posteriormente, se realizó la instrumentación hasta una lima K #40 (Dentsply/Maillefer), sobrepasando 1 mm el foramen. Luego, se utilizaron sucesivamente fresas de largo #1 y #2 (Dentsply/Maillefer), completando la preparación con limas tipo K manuales hasta llegar a un calibre #100 (subgrupo A1) a nivel del foramen apical. Para obtener la longitud real (LR) de cada pieza dentaria, se introdujo en el conducto un instrumento de calibre inferior al foramen preparado hasta que su punta quedara a ras (fig. 5). Esto se controlaba mediante una lupa con un aumento de X10. A la medida obtenida se le restó 0,5 mm, determinándose de este modo la LT en cada diente. Los conductos se irrigaron con solución fisiológica, cuyo exceso se eliminó con conos de papel #80 (Dentsply/Maillefer), dejando el conducto ligeramente húmedo. A continuación, se realizó la ME con RZx y MAP estrictamente de acuerdo a las instrucciones de los fabricantes. Luego se repitieron, de forma sucesiva, idénticos procedimientos con el fin de preparar los conductos de esos mismos dientes hasta los calibres #120 (subgrupo A2) y #140 (subgrupo A3), y la ME de cada uno de ellos inmediatamente luego de que la preparación alcanzara los calibres prefijados.

En el grupo B (n=10), los procedimientos de preparación de los conductos fueron similares a los del grupo A, pero en este caso los forámenes se prepararon de manera divergente (fig. 6). Con ese objetivo, se utilizó una fresa pimpollo #3118 (KG Sorensen, Brasil) a alta velocidad bajo constante refrigeración acuosa, introduciéndola suavemente desde el foramen hasta el ecuador de la fresa (fig. 7). En cada uno de los dientes, la LT se determinó con una fresa pimpollo similar a la utilizada anteriormente, a la que se le realizó una superficie plana en su punta. Se la introdujo por el foramen hasta hacer tope, sostenién-



Figura 1. A: Parte inferior de la tapa perteneciente a la cuba de acrílico, en la que se observan las raíces dentarias en posición dentro de los orificios. **B:** Parte superior de la tapa, donde se observan las porciones coronarias de los dientes.

dola por su tallo, y por vía coronaria se insertó una lima tipo K #80 hasta que su extremo contactara con la superficie plana de la fresa. Esta referencia coincidía con el inicio de la divergencia, y a esa medida se le restó 0,5 mm, determinándose así la LT (fig. 8). De la misma manera que en el grupo A, se ensancharon sucesivamente los forámenes de esos dientes hasta



Figura 2. Diente cuya raíz está revestida por la membrana de intestino porcino ajustada mediante un alambre de cobre.



Figura 3. Vista superior de la cuba de acrílico con el hueso bovino particulado e hidratado con suero fisiológico.



Figura 4. Imagen radiográfica de un diente perteneciente al grupo A, en la que se observa que el conducto fue preparado de forma paralela.

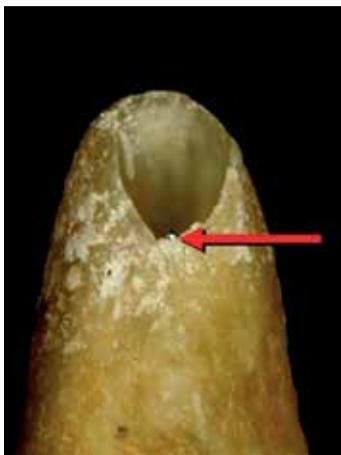


Figura 5. Imagen macroscópica del foramen de un diente del grupo A. La flecha está marcando el extremo del instrumento. A esa medida registrada se le restó 0,5 mm.

los calibres #100 (subgrupo B1), #120 (subgrupo B2) y #140 (subgrupo B3), y se realizó la ME con ambos LAE inmediatamente luego de obtener cada uno de los calibres mencionados.

ME con RZx y MAP. Para obtener las ME en ambos grupos, se seleccionó una lima tipo K de tercera serie (Dentsply-Maillefer) que ajustara de forma adecuada a nivel apical, manteniendo el conducto ligeramente húmedo. Con el clip labial introducido en la tapa de la cuba de acrílico y en contacto con el HBp, el procedimiento se inició con la ME de los conductos cuyos forámenes fueron preparados hasta el calibre #100 (subgrupos A1 y B1). El procedimiento de medición continuó hasta que la pantalla indicadora marcara 0,5. Cuando los LAE funcionaban con alguna inestabilidad, se volvía a irrigar el conducto con solución fisiológica, se lo secaba y se cambiaba de instrumento, o bien se lo curvaba ligeramente para lograr un mayor contacto contra las paredes del foramen, permitiendo así estabilizar la ME. En ocasiones fue necesario continuar hasta el nivel en que la pantalla indicaba que el instrumento se encontraba fuera del conducto, y a continuación se lo retiraba lentamente hasta que la pantalla indicaba 0,5 (fig. 9A-B).

Una vez finalizada la ME de los subgrupos A1 y B1, se procedió a ensanchar los forámenes para realizar la medición en los subgrupos A2 y B2, para lo cual se levantó la tapa de la cuba con los dientes fijados, se retiraron las MIP, y los forámenes se ensancharon bajo irrigación constante con suero fisiológico por medio de fresas de largo y limas tipo



Figura 6. Imagen radiográfica de un diente perteneciente al grupo B. La flecha indica el inicio de la divergencia del foramen.



Figura 7. Macrofotografía del foramen de un diente perteneciente al grupo B, en la que se puede observar la fresa pimpollo introducida desde apical para confeccionar el foramen divergente.

K manuales hasta obtener un calibre #120. Antes de realizar la medición, se controló la LR de cada una de las piezas dentarias. Esto permitió comprobar si la LR de los dientes sufrió algún cambio estructural a causa de los ensanchamientos progresivos. En el caso de que esto ocurriera, el espécimen era descartado y se lo reemplazaba por otro similar, previamente sometido a los mismos procedimientos operatorios. A continuación, se reubicaron las MIP y la tapa con



Figura 8. La fresa pimpollo con su extremo aplanado sirve de tope para el instrumento. La longitud de trabajo se determinó reduciendo 0,5 mm a esa medida.

los dientes adheridos para realizar la ME con ambos LAE. Finalmente, se repitieron las mismas maniobras para continuar con la preparación de los forámenes hasta un calibre #140 y la posterior ME. Los datos obtenidos de las mediciones en ambos grupos y sus correspondientes subgrupos fueron registrados en una planilla de Excel.

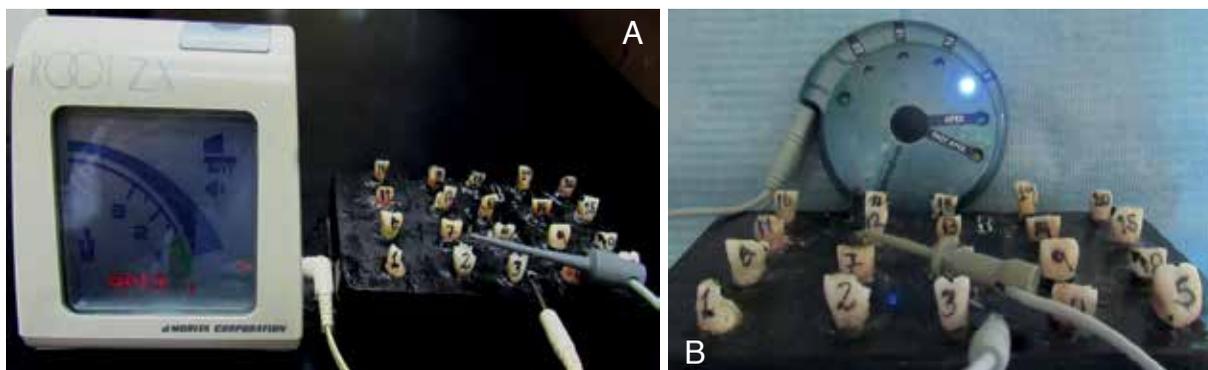


Figura 9. A-B: Root ZX y MiniApex en función. Se observa la cuba de acrílico con los dientes montados, realizando la medición electrónica con un instrumento #140, que indica 0,5 en la pantalla.

Procesamiento estadístico de los datos. Las diferencias entre las medidas obtenidas con RZx y MAp y sus correspondientes MR para cada una de las condiciones experimentales se calcularon mediante ANOVA, considerando como factores de origen de la variación el tipo de foramen, el localizador utilizado y el calibre del instrumento empleado. Se calcularon también los estadísticos descriptivos (media aritmética y desviación estándar) y los intervalos de confianza (95%) para las medias aritméticas de cada una de las condiciones experimentales utilizadas (tabla 2). El nivel de significancia fue establecido en $P < 0,05$. Las diferencias observadas se categorizaron dicotómicamente en valores correctos o incorrectos según tolerancias (0,5 mm, 1,0 mm y 1,5 mm). La comparación entre los dos tipos de forámenes (paralelo o divergente) dentro de cada calibre empleado y para cada una de las tolerancias fue realizada por medio de la prueba de probabilidad exacta de Fischer ($P < 0,05$).

Resultados

La aplicación de ANOVA para el factor calibre y sus interacciones demostró que solo fue significativa ($P < 0,05$) la interacción entre calibre y localizadores (tabla 3).

Cuando se analizaron los factores foramen, localizador y su interacción, ANOVA demostró que solo fue significativo ($P < 0,05$) el efecto del factor foramen (tabla 4).

El agrupamiento de las diferencias categorizadas como valores correctos o incorrectos se realizó solo en función del factor foramen, ya que el factor

LAE no fue significativo ($P > 0,05$) en el análisis numérico.

En los dientes del grupo A (forámenes paralelos), las medias fueron positivas, mientras que en los dientes del grupo B (forámenes divergentes) fueron negativas. Las diferencias observadas entre ambos tipos de forámenes (paralelos o divergentes) solo fueron significativas ($P < 0,05$) cuando el calibre fue #140 (tabla 5).

Discusión

En el presente ensayo, se evaluaron la eficiencia y la confiabilidad de los LAE RZx y MAp para la determinación de la LT en piezas dentarias con forámenes incompletamente desarrollados simulados. Se ha informado que la exactitud de las mediciones con diferentes LAE disminuye a medida que aumenta el calibre del foramen.^{14,15} Con el objeto de corroborar estas afirmaciones y al mismo tiempo comprobar si existe una correlación definida en la medición cuando aumenta el calibre, los forámenes de los mismos dientes utilizados en el estudio fueron sucesivamente conformados con tres calibres distintos y en dos diferentes formatos (paralelo o divergente).

En investigaciones previas, se comprobó que RZx y MAp son eficientes y confiables para determinar la LT bajo condiciones *ex vivo* e *in vivo* en piezas dentarias con ápices completamente desarrollados.^{16,17} Por su parte, Herrera *et al.*^{12,18} demostraron que el RZx presenta ciertas dificultades cuando la LT debe determinarse en piezas dentarias con ápices inmaduros, y observaron que las mediciones consideradas

Tabla 2. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza para las diferentes condiciones experimentales.

Foramen	Localizador	Calibre	Media	DE	IC (95%)	
					LI	LS
Grupo A (paralelo)	RZx	100	0,35	0,41	-0,16	0,86
		120	0,1	0,77	-0,38	0,58
		140	0,1	0,81	-0,66	0,86
	MAp	100	0,05	0,72	-0,46	0,56
		120	0	0,67	-0,48	0,48
		140	0	0,67	-0,76	0,76
Grupo B (divergente)	RZx	100	-0,55	0,37	-1,06	-0,04
		120	-0,75	0,63	-1,23	-0,27
		140	-0,7	1,6	-1,46	0,06
	MAp	100	-0,8	1,32	-1,31	-0,29
		120	-0,75	0,89	-1,23	-0,27
		140	-1,75	1,42	-2,51	-0,99

DE: desvío estándar; IC: intervalo de confianza; LI: límite inferior; LS: límite superior.

Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA) para el factor calibre y sus interacciones.

Origen	SC	gl	MC	F	S
Cal	3,81	3	1,27	1,63	0,19
Cal For	1,94	3	0,65	0,83	0,48
Cal Loc	15,57	3	5,19	6,66	0
Cal For Loc	1,76	3	0,59	0,75	0,52
Error	84,12	108	0,78		

Cal: calibre; F: F de Fisher; For: foramen; gl: grados de libertad; Loc: localizador; MC: media de los cuadrados; S: significación; SC: suma de cuadrados.

Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) para los factores foramen, localizador y su interacción.

Origen	SC	gl	MC	F	S
For	44,63	1	44,63	38,16	0
Loc	0,08	1	0,08	0,07	0,8
For Loc	0,69	1	0,69	0,59	0,45
Error	42,11	36	1,17		

F: F de Fisher; For: foramen; gl: grados de libertad; Loc: localizador; MC: media de los cuadrados; S: significación; SC: suma de cuadrados.

Tabla 5. Categorización según tolerancia y calibre.

Tolerancia	Calibre	Foramen	Incorrecto	Correcto	Total
0,5 mm	#100	Paralelo	4	16	20
		Divergente	8	12	20
		Total	12	28	40
	#120	Paralelo	4	16	20
		Divergente	7	13	20
		Total	11	29	40
	#140	Paralelo	4	16	20
		Divergente	10	10	20
		Total	14	26	40
1,0 mm	#100	Paralelo	1	19	20
		Divergente	2	18	20
		Total	3	37	40
	#120	Paralelo	2	18	20
		Divergente	4	16	20
		Total	6	34	40
	#140	Paralelo	1	19	20
		Divergente	10	10	20
		Total	11	29	40
1,5 mm	#100	Paralelo	0	20	20
		Divergente	1	19	20
		Total	1	39	40
	#120	Paralelo	0	20	20
		Divergente	3	17	20
		Total	3	37	40
	#140	Paralelo	1	19	20
		Divergente	9	11	20
		Total	10	30	40

correctas disminuyen en función inversa al calibre del foramen. Por el contrario, otros investigadores¹⁵ informaron que, a pesar de la influencia negativa que ejercen los forámenes de mayor calibre sobre la exactitud de las medidas obtenidas con RZx, las diferencias observadas a consecuencia de ello no son significativas. Okamura¹⁹ y D'assunção²⁰ obtuvieron, respectivamente, 80% y 92,1% de exactitud en las mediciones con RZx y MAp.

Uno de los factores de influencia para la determinación de la LT en los ensayos realizados bajo condiciones *ex vivo* es el medio conductor utilizado. En ese sentido, se han empleado agar al 2%,²¹ alginato,^{22,23} un compuesto de gelatina y solución salina,²⁴ azúcar libre gelificada mezclada con cloruro de sodio al 0,9%²⁵ o solución salina.²⁶ Sin embargo, se ha demostrado que estos medios conductores tienen limitaciones e inconvenientes.²¹ Esto resulta mucho más conflictivo cuando la ME de la LT debe ser determinada en dientes con forámenes inmaduros. En conductos radiculares con forámenes amplios, los líquidos y geles suelen penetrar de manera descontrolada dentro del conducto radicular, provocando inestabilidad o error en la medición.²¹⁻²³

El modelo empleado en este ensayo utiliza el mismo principio básico que el que fuera previamente desarrollado por Manzur,¹³ ligeramente modificado de manera tal que permita la ME simultánea en todos los dientes experimentales involucrados en cada grupo. Los resultados demostraron que el modelo fue eficiente y confiable para la ME de la LT en dientes con ápices incompletamente desarrollados, con forámenes calibre #100 y #120, y la ME reveló que no hubo diferencias significativas entre RZx y MAp, ya sean de conformación paralela o divergente, aunque las diferencias fueron significativas cuando las mediciones se realizaron en dientes cuyos forámenes fueron preparados con un calibre #140.

Por otra parte, el empleo de un modelo donde se utiliza como medio conductor una conjunción de elementos orgánicos e inorgánicos que simulan el ligamento periodontal y el tejido óseo representa más cercanamente la situación clínica y reduce, e incluso evita, la inestabilidad de los LAE y otros inconvenientes que pueden ocurrir cuando se emplean otros medios conductores.¹⁰⁻¹²

Conclusiones

En las condiciones adoptadas en este ensayo, tanto RZx como MAp resultaron confiables para la determinación de la LT en dientes con forámenes inmaduros simulados y preparados de forma parale-

la o divergente. Estas observaciones solo coinciden parcialmente con las de Mente *et al.*,²⁷ quienes comprobaron que, en dientes con forámenes amplios y reabsorción radicular, la ME no fue afectada por esa anomalía. En ese sentido, los resultados de este ensayo revelan que las diferencias observadas entre RZx y MAp no fueron significativas ($P > 0,05$), excepto en forámenes divergentes con calibre #140, razón por la cual la hipótesis nula fue parcialmente aceptada.

Agradecimientos: Al Dr. Ricardo Macchi, por la elaboración de los datos estadísticos, y al Dr. Osvaldo Zmener, por la colaboración en la redacción.

Los autores declaran no tener conflictos de intereses en relación con este estudio y afirman no haber recibido financiamiento externo para realizarlo.

Referencias

1. Siqueira J, Rôças I. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence alter treatment procedures. *J Endod* 2008;34:1291-301.
2. Fouad AF, Rivera EM, Krell KV. Accuracy of the Endex with variations in canal irrigants and foramen size. *J Endod* 1993;19:63-7.
3. El Ayouti A, Kimionis I, Chu AI, Lost C. Determining the apical terminus of root-end dissected teeth using three modern apex locators. A comparative *ex vivo* study. *Int Endod J* 2005;38:827-33.
4. Hoer D, Attin T. The accuracy of electronic working length determination. *Int Endod J* 2004;37:125-31.
5. El Ayouti A, Dima E, Ohmer J, Speri K, Von Ohle C, Lost C. Consistency of apex locator function. A clinical study. *J Endod* 2009;35:179-81.
6. 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.
7. Ebrahim AK, Yoshiota 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.
8. Ding J, Gutmann JL, Fan B, Lu Y, Chen H. Investigation of apex locators and related morphological factors. *J Endod* 2010;36:1399-403.
9. Kaufman AY, Keila S, Yoshpe M. Accuracy of a new apex locator. An *in vitro* study. *Int Endod J* 2002;35:186-92.
10. Friend EA. Root treatment in teeth with open apices. *Proc Royal Soc Med* 1966;59:1035-6.
11. Pinar Erden A, Sepet A. Mineral trioxide aggregate for obturation of maxillary central incisors with necrotic pulp and open apices. *Dent Traumatol* 2008;24:38-41.
12. Herrera M, Ábalos C, Lucena C, Jiménez-Planas A, Llamas R. Critical diameter of apical foramen and of file size using the root ZX apex locator. An *in vitro* study. *J Endod* 2011;37:1306-9.

13. Manzur EJ. Un modelo didáctico ex vivo para la medición electrónica de la longitud de trabajo en la enseñanza de grado y posgrado. *Rev Asoc Odontol Argent* 2018;106:102-6.
14. Kim Y-J A, Chandler NP. Determination of the working length for teeth with wide or immature apices: a review. *Int Endod J* 2013;46:483-91.
15. Akisue E, Gratieri SD, Barletta FB, Caldeira CL, Grazziotin-Soares R, Gavini G. Not all electronic foramen locators are accurate in teeth with enlarged apical foramina. An in vitro comparison of 5 brands. *J Endod* 2014;40:109-12.
16. Guise GM, Goodell GG, Imamura GM. In vitro comparison of three electronic apex locators. *J Endod* 2010;36:279-81.
17. Stober EK, Duran-Sindreu F, Mercade M, Vera J, Bueno R, Roig M. An evaluation of root ZX and iPex apex locators. An in vivo study. *J Endod* 2011;37:608-10.
18. Herrera M, Abalos C, Planas AJ, Llamas R. Influence of apical constriction diameter on Root ZX apex locator precision. *J Endod* 2007;33:995-8.
19. Okamura CR. Avaliação in vitro da eficácia do localizador eletrônico apical Mini Apex na determinação do limite de trabalho. *Braz Oral Res* 2006;20:1-31.
20. D'assunção FLCD. Accuracy of a new apex locator. An in vitro study. *Fac Odont Pernamb* 2005;8:7-9.
21. Aurelio JA, Nahmias Y, Gerstein H. A model for demonstrating an electronic canal length measuring device. *J Endod* 1983;9:568-9.
22. Kaufman AY, Keila S, Yoshpe M. Accuracy of a new apex locator: an in vitro study. *Int Endod J* 2002;35:186-92.
23. Tinaz AC, Alacam T, Topuz O. A simple model to demonstrate the electronic apex locator. *Int Endod J* 2002;35:940-5.
24. Czerw RJ, Fulkerson MS, Donnelly JC. An in vitro test of a simplified model to demonstrate the electronic root canal measuring device. *J Endod* 1994;20:605-6.
25. Donnelly JC. A simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring device. *J Endod* 1993;19:579-80.
26. García G, Cantarini C, Goldberg F. Un modelo experimental in vitro para la enseñanza del uso de los localizadores apicales en el pregrado y posgrado. *Rev Asoc Odontol Argent* 2008;96:301-4.
27. Mente J, Seidel J, Buchalia W, Koch MJ. Electronic determination of root canal length in primary teeth with and without root resorption. *Int Endod J* 2002;35:447-52.

Contacto:

EMILIO JORGE MANZUR
 emiliomanzur@speedy.com.ar
 Calle 35 N° 629 (B6600ATQ)
 Mercedes, Buenos Aires, Argentina