

Determinación de la Longitud de Trabajo Mediante Localizador Electrónico de Foramen Apical y CBCT a Través del Software 3D Endo de Dentsply Sirona: Estudio Comparativo *in vitro*

Determination of Working Length Using Electronic Locator for Apex and CBCT with 3D Endo Dentsply Sirona Software: Comparative *in vitro* Study

Karime Alonzo Plaza de los Reyes^{1,2} & Nicolás Ferraro S.³

ALONZO, P. D. L R. K. & FERRARO, S. N. Determinación de la longitud de trabajo mediante localizador electrónico de foramen apical y CBCT a través del software 3D endo de Dentsply Sirona: Estudio comparativo *in vitro*. *Int. J. Odontostomat.*, 14(1):124-130, 2020.

RESUMEN: En la historia de la Endodoncia, se han utilizado distintos métodos para determinar la longitud de los canales radiculares, como sensación táctil y radiografías. Últimamente, han adquirido gran importancia los localizadores apicales electrónicos, por su gran precisión. Actualmente se ha incorporado el uso de imagenología con Cone Beam. Debido a que existen muchas formas de medir dicha longitud, es necesario ponerlos a prueba y ver si se asemejan a la técnica gold estándar definida en la literatura como el localizador electrónico de foramen apical. El propósito de esta investigación es determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en la medida de la longitud de trabajo entre el localizador electrónico de foramen apical, y el uso de Cone Beam procesado con el software 3D endo de Dentsply Sirona. Para esto, se seleccionaron 30 premolares extraídos; se les tomó un Cone Beam para ser analizados con el software 3D endo y medir la longitud de trabajo. Una vez hecho esto, se realizó manualmente cavidad de acceso y se preparó el tercio cervical con fresas Gates Glidden 1 y 2; luego, los dientes fueron colocados en un modelo Pro Train, que asemejó las propiedades de los dientes en la cavidad oral, para permitir el uso del localizador electrónico de foramen y determinar la longitud de trabajo. Una vez obtenidos los datos, fueron comparados a través del Test de Proporciones ($p=0.05$ hipotético), dando como resultado $p=0,2$ lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas en la medida de la longitud de trabajo entre ambos métodos.

PALABRAS CLAVE: software, 3D endo, longitud de trabajo, preoperatorio, tratamiento endodóntico.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento endodóntico ha ido evolucionando a lo largo de la historia de la odontología debido a los constantes avances tecnológicos y a un mayor entendimiento del cuerpo humano. Su técnica se ha perfeccionado, gracias a equipos e instrumentos que facilitan el trabajo, como el localizador electrónico apical, motores para endodoncia, limas con diferentes tratamientos y técnicas de obturación con gutapercha termoplástica entre otros (Triana *et al.*, 2008). Hoy es posible obtener resul-

tados de mejor calidad y además, mejorar el pronóstico de dientes con afecciones pulpares y perirradiculares.

Como todo procedimiento, este consta de diversos pasos que deben ser seguidos de manera rigurosa para lograr así un buen desempeño y lograr los objetivos del tratamiento endodóntico que son tratar y prevenir la infección intrarradicular y/o periapical (Cohen & Hargreaves, 2011).

¹ Pregrado en la carrera de Odontología, Universidad del Desarrollo, sede Santiago, Chile.

² Facultad de Medicina Clínica Alemana – Universidad del Desarrollo, sede Santiago, Chile.

³ Licenciado en odontología, Especialidad en Endodoncia. Magister en Pedagogía Universitaria, Chile.

La correcta determinación de la longitud de trabajo (LT) en endodoncia es fundamental en el éxito del tratamiento ya que ante cualquier error, el riesgo de no poder tener un buen resultado es muy alto, afectando así, el pronóstico del diente (Ezpeleta *et al.*, 2013).

La pulpa dental entra en contacto con la región periapical a nivel del Foramen Apical (FA), pero existe un área denominada Constricción Apical (CA) que se caracteriza por ser la zona de menor diámetro dentro del canal radicular. Esta zona puede estar ubicada entre 0 y 2 mm de distancia del FA y es considerada el punto de término de una endodoncia (Ricucci & Langeland, 1998.).

De forma intraoperatoria existen dos formas de determinar esta longitud, a través de radiografías retroalveolares (Método de Ingle), o con el Localizador Electrónico de Foramen Apical (LEF). Éste último método, es considerado el más exacto, y por ende, el gold estándar (Cohen & Hargreaves; Wrbas *et al.*, 2007; Yilmaz *et al.*, 2017); sin embargo, su uso puede verse limitado por variantes anatómicas, falta de permeabilidad, condiciones orales como inflamación, exudado o la presencia de saliva (Aurelio *et al.*, 1983; ElAyouti *et al.*, 2009; Kovacevic & Tamarut, 1998; Martins *et al.*, 2014). Además para que el tratamiento endodóntico se lleve a cabo de manera exitosa, es necesario obturar todos los canales, los cuales no siempre se ven en la radiografía preoperatoria o no se encuentran fácilmente durante el tratamiento. En este sentido, el uso de Cone Beam de manera preoperatoria cobra gran importancia para localizar, medir y posteriormente tratar todos los canales (Gambarini *et al.*, 2018; Migliau *et al.*, 2014; Segato *et al.*, 2018).

El método radiográfico o método de Ingle a pesar de que es muy utilizado, es el menos exacto ya que se trabaja con el vértice radiográfico del diente, y se ha comprobado, a través de distintos estudios (Singh *et al.*, 2012; Yilmaz *et al.*), que éste vértice no siempre coincide con la salida real de los conductos radiculares. Muchas veces el conducto puede terminar de manera lateral o milímetros más arriba que el vértice radiográfico o simplemente por factores anatómicos no siempre es posible ver el vértice de manera exacta. Por ende, a veces es necesario utilizar otros métodos, tanto como para poder llegar a un mejor diagnóstico, como para determinar LT con mayor exactitud.

El uso de Cone Beam (CBCT) da la posibilidad de determinar LT de manera preoperatoria para obtener información anatómica de manera confiable en formato 3D (Aktan *et al.*, 2016; Janner *et al.*, 2011; Liang *et al.*, 2013). A pesar de la gran ventaja que ofrece el CBCT para la endodoncia, hasta hoy no existe un consenso en la literatura sobre la precisión de medir LT con este sistema, en comparación con LEF y/o con método radiográfico (Método de Ingle) (Liang *et al.*; Sherrard *et al.*, 2010). Esta discrepancia puede deberse a la variedad de Software y sus aplicaciones que existen para interpretar las imágenes tomadas en CBCT. Algunos de ellos presentan una regla para medir LT de forma bidimensional manualmente mientras que otros miden LT en base a un promedio obtenido de la longitud medida desde la vista mesio – distal y la vista vestíbulo – lingual/palatino, también determinadas de manera manual.

Dentsply Sirona desarrolló en el 2016 el 3D Endo Software (Dentsply Sirona, Salzburg, Austria) para la planificación de tratamientos específicos de procedimientos endodónticos (Di Nardo *et al.*, 2018), teniendo como uno de sus objetivos eliminar la desventaja de la determinación de LT de forma manual. Se diferencia del resto de los software en que proporciona ayuda para la visualización, el diagnóstico y la planificación de tratamientos endodónticos y retratamientos mediante imágenes tridimensionales de forma semiautomática, por lo que tiene el potencial de minimizar los errores subjetivos relacionados con el operador. En otras palabras, se determina una referencia oclusal y otra en el foramen apical para que el software genere una línea conectando ambos puntos ajustando la trayectoria en las 3 dimensiones dentro del conducto, lo que minimiza los errores subjetivos por parte del clínico. Esto puede ser ajustado manualmente por el clínico si es necesario. Este software permite ver las limas dentro del canal radicular y además permite conocer el número, posición y curvatura del canal. Esto permite que el clínico pueda trabajar de mejor manera, previendo posibles contratiempos y determinando con mayor exactitud LT.

El objetivo de este trabajo fue establecer si existen diferencias estadísticamente significativas en la medida de LT entre el método electrónico mediante LEF versus el CBCT a través del software 3D Endo.

Hasta hoy, existen sólo dos estudios publicados que ponen a prueba dicho software para determinar LT de manera preoperatoria (Di Nardo *et al.*; Segato *et al.*). Por lo anteriormente expuesto es relevante y

se vuelve fundamental indagar más en la utilidad y precisión de este programa.

MATERIAL Y MÉTODO

En este estudio experimental *in vitro* se seleccionaron 30 canales de dientes humanos extraídos (premolares) en la Clínica UDD, Sede Santiago; cuyos requisitos para su selección fueron los siguientes: (Fig. 1).

- Premolares adultos
- Dientes con integridad coronaria
- Dientes con integridad del ápice
- Dientes con canales permeables

Una vez seleccionados, se montaron en cubos de silicona y se les tomó un Cone Beam (CBCT) previo a la preparación de acceso. Los archivos fueron procesados en el Software 3D Endo de Dentsply silicona.

Para el análisis del Cone Beam con el Software 3D Endo, se siguieron los siguientes pasos:

Diagnóstico y Patología. Permite revisar en detalle la tomografía y revisar la patología del diente, con una buena resolución. Permite tener vista axial, 4 – up, OPG y 3D.

Anatomía del diente 3D. A partir de una selección en



Fig. 1. Selección de dientes

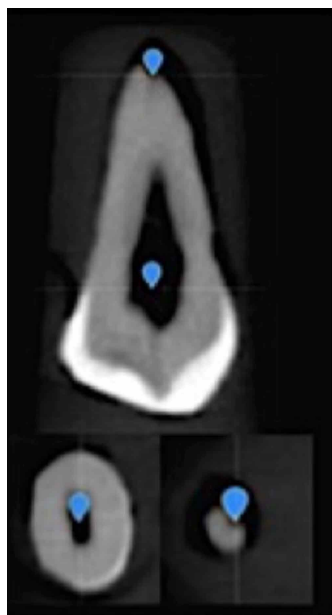


Fig. 2. Sistema de Conductos de diente nº5 analizado con Software 3D endo mediante CBCT

el TAC, se ve una reconstrucción 3D del diente, además permite aislar y cortar virtualmente el diente a trabajar. En esta etapa el diente es cortado, para remover tejidos circundantes.

Sistema de Conductos. Como se observa en la Fig. 2, se marca un punto de inicio y final del canal, se selecciona la forma y largo del canal. Permite analizar el canal en todo su largo y ancho en vistas 3 - up y vista 3D.

Anatomía del conducto. En esta etapa, como se aprecia en la Fig. 3, se puede mejorar la dirección del canal (o de los canales) y definir de manera más precisa las curvaturas, el operador puede modificar creando puntos medios para mejorar la trayectoria del canal. Permite vista 4 – up y 3D.

Plan de Tratamiento. En ésta etapa se puede medir la profundidad de la cavidad de acceso, forma de cavidad de acceso, definir punto de entrada en la corona para el acceso, definir profundidad de instrumento, determinar tentativamente la LT y definir la lima maestra. En la Fig. 4 es posible observar la longitud de trabajo tentativa dada por el Software.

Crear informe con las capturas e información para el caso.

El Software tiene dos opciones al determinar LT, de manera sugerida (que es determinada por el software por sí solo) y de manera modificada (con intervención del operador), en este estudio, se utilizó la LT sugerida del Software.

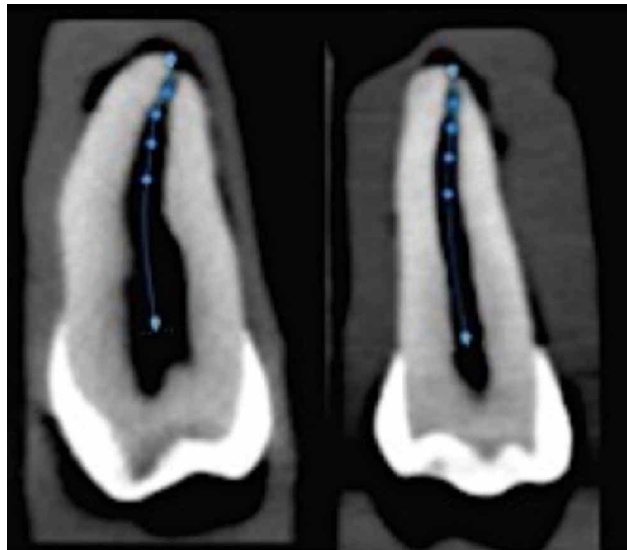


Fig. 3. Anatomía de Conductos de diente nº 18 analizado con Software 3D endo mediante CBCT

Canales	Longitud trabajo	Lima Maestra
Canal único	19,95 mm	K-File 010



Fig. 4. Plan de Tratamiento de diente nº 23 analizado con Software 3D endo mediante CBCT

Luego, se sacaron los dientes de la silicona y fueron colocados en el modelo ProTrain como se muestra en la Figura 5 utilizando alginato para el análisis con LEF (Root ZX, Morita) (Este modelo permitió la simulación de los tejidos orales para poder cerrar el circuito y así utilizar el LEF *in vitro*. Para poder utilizar el localizador:



Fig. 5. Medición de LT de diente nº 2 con LEF mediante Modelo ProTrain

- Se preparó manualmente la cavidad de acceso.
- La preparación del tercio cervical de los canales se realizó con fresas Gates 1 y 2.
- La medida de longitud de los canales se midió con limas K 15 a través de LEF.

Se definió variable coincidencia si la medida de LT obtenida con el Software difiere en un rango de +/- 0,5 mm de la longitud obtenida con el localizador. Una vez obtenidos los resultados, éstos fueron ingresados a una planilla para ser posteriormente analizados mediante un Test de Proporción, viendo si existen o no diferencias significativas entre el valor hipotético 95 % y el resultado de coincidencia. El valor de P hipotético fue de 0,05.

RESULTADOS

Al medir las longitudes de trabajo mediante el localizador apical se obtuvieron las medidas utilizadas como gold estándar para compararlas con las medidas obtenidas por el Software 3D Endo daba.

Al medir en milímetros las longitudes de trabajo de los 30 dientes con el LEF y comparar estas medidas con las del Software (también en milímetros), aplicando el Test de Proporciones el resultado fue de $p=0,2$ en comparación con el $p=0,05$ hipotético, lo que demuestra que no hay diferencias significativas entre los valores obtenidos mediante el Localizador Electrónico de Foramen Apical y el análisis de CBCT con el Software 3D Endo para determinar LT, dando una coincidencia del 90 % de las mediciones.

De los tres dientes analizados (10 %) con el software que no coincidieron en su medida con la de LEF, dos de ellos se acercaron bastante a las longitudes reales, teniendo una diferencia mayor a 0,5 mm, mientras que en la medida del Software en uno de esos tres dientes se alejó de manera significativa en comparación con el LEF.

DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue establecer si existen diferencias significativas en la medida de longitud de trabajo entre el método electrónico mediante LEF en el modelo ProTrain versus el CBCT, a través del software 3D Endo. La hipótesis nula plantea

da para este trabajo fue que no existen diferencias significativas al comparar las mediciones con ambos métodos. Al analizar los resultados expuestos anteriormente, es posible observar que la hipótesis planteada se confirma.

Los resultados de esta investigación apoyan la exploración de canales radiculares analizados con CBCT en el Software 3D Endo de Dentsply Sirona para la determinación de LT de manera preoperatoria, ya que no existen diferencias estadísticamente significativas en comparación con las medidas obtenidas con LEF. Sin embargo, es necesario el uso de LEF mientras se realizan los procedimientos clínicos para confirmar y ajustar esta medida debido a que durante el tratamiento, LT puede sufrir modificaciones (Segato *et al.*).

Las imágenes de CBCT analizadas con el Software 3D Endo han demostrado tener valores cercanos a los obtenidos utilizando el localizador electrónico, además de tener la ventaja de poder analizar la anatomía de los canales radiculares de manera preoperatoria semiautomática. Esto se constata en el presente estudio y en la publicación de Segato *et al.* en Junio del 2018, en donde no hubo diferencias estadísticamente significativas en las mediciones de LT obtenidas con 3D Endo en comparación con las longitudes obtenidas con LEF (Segato *et al.*).

Es importante recordar que la constricción apical sólo se puede determinar a través de cortes histológicos (Ricucci & Langeland). El Software 3D Endo considera la longitud de trabajo hasta el foramen apical, ya que este punto es considerado constante en todos los dientes y puede ser determinado a través del CBCT (Piasecki *et al.*, 2016), por lo que existe un margen de diferencia en comparación con el LEF que, en la mayoría de los casos estudiados en esta investigación, se consideró aceptable. El localizador utilizado en este estudio fue el Root ZX (Morita), ya que ha mostrado mediciones más precisas en comparación con otros localizadores de ápices en varios estudios (Guise *et al.*, 2010; Ounsi & Naaman, 1999).

Según la literatura, existen diversos tipos de software puestos a prueba para medir LT a través de un CBCT, comparando los resultados con el método radiográfico y/o con el LEF. En la mayoría, se obtuvieron resultados que se acercan a las medidas obtenidas con LEF (de Morais *et al.*, 2016; Janner *et al.*; Liang *et al.*; Yilmaz *et al.*). No obstante, lo que diferencia principalmente el 3D Endo Software del resto es la opción de poder recorrer el canal radicular en las tres

dimensiones de manera semiautomática, pudiendo centrar la línea según la anatomía del canal en todas las vistas, lo que permite tener una medida más cercana al LEF, por ende, es una herramienta de fácil uso para la determinación y localización de los canales radiculares y su trayectoria, lo que puede ayudar al clínico en casos con variantes anatómicas complejas de forma preoperatoria.

A pesar de tener muchas ventajas como su fácil manipulación, el Software 3D Endo también tiene desventajas que se fueron descubriendo durante su uso. Por ejemplo, en 3 ocasiones, el tope de silicona estaba algunos milímetros más alejado del punto de referencia coronal, lo que influía directamente en la medida de LT, marcando una diferencia mayor a la aceptada entre la longitud determinada con el software versus el localizador. Sin embargo, como el software es semiautomático, este error puede ser modificado moviendo el tope hasta la referencia deseada. Es importante destacar que en este estudio, el tope virtual de silicona no fue modificado de la referencia que el software recomendaba.

La diferencia que se consideró como aceptable para la medición de LT entre el localizador Root ZX y el Software 3D Endo de Dentsply Sirona fue de un rango de +/- 0,5 mm debido a que internacionalmente, esta diferencia es reconocida como un margen de seguridad aceptable (Cohen & Hargreaves; Soares & Goldberg., 2002). De los 30 dientes analizados, dos de ellos tuvieron una diferencia mayor al ser analizados con el software de 0,6 y 0,7 mm respectivamente; mientras que en un tercer caso, la diferencia fue de 2,2 mm en comparación con el LEF. Si bien es cierto que la longitud de trabajo dada por el software en dos de los casos no se aleja tanto de la longitud dada por el LEF; si llama la atención la diferencia de 2,2 mm entre ambos métodos en un tercer caso. A pesar de que esto ocurrió sólo en un caso, es importante preguntarse porqué existió tanta diferencia, para que así el software, que es relativamente nuevo en el mundo de la endodoncia, pueda mejorar en pequeños detalles como el ajuste del tope oclusal de manera más exacta y guiar así, de mejor manera al tratante.

En este estudio se utilizó un field of view (FOV) o campo de visión de 0,125 en los CBCT, lo que permitió dar el detalle necesario para la exploración de los canales con una resolución alta y con la mejor precisión posible para la determinación de las medidas; es decir, que mientras más pequeño el FOV y voxel, mayor será la resolución y por ende, mayor será la

correlación entre las medidas tomadas con CBCT y LEF (Aktan *et al.*; Yilmaz *et al.*). Además, se utilizó un modelo *in vitro* ya que permitió el control de algunas variables clínicas que hubiesen podido conducir a errores, como la interferencia de otras estructuras anatómicas o movimientos del paciente (Maret *et al.*, 2014; Yilmaz *et al.*).

Los resultados de este estudio señalan que el análisis de dientes en forma 3D es una herramienta útil de manera preoperatoria para que así el clínico pueda tener una idea más clara de cómo será su tratamiento, sabiendo las dificultades que se pueden presentar y advirtiendo el número y anatomía de canales a tratar (Gambarini *et al.*; Migliau *et al.*; Segato *et al.*). Además, para determinar la longitud de trabajo previo a iniciar el tratamiento en casos complejos y/o retratamientos, en donde el uso sólo de radiografía previas no es suficiente o cuando el localizador electrónico no sea totalmente confiable (Aurelio *et al.*; Kovacevic & Tamarut; Patel *et al.*, 2007). Pese a esto, siempre debe corroborarse LT con el localizador apical ya que es considerado el gold estándar; para así tener un tratamiento de la mejor calidad posible (Connert *et al.*, 2014; Jeger *et al.*, 2012).

Se debe tener en cuenta que una de las limitaciones de este estudio es que se trata de un estudio *In vitro*, por lo que no debe extrapolarse directamente a la clínica, si no que debe ser utilizado como referencia y apoyo para la atención de pacientes.

Es necesario estudios futuros, tanto a nivel *In vitro* como clínicos, para comparar los resultados obtenidos en la presente investigación y así tener mayor respaldo a la hora de utilizar el Software 3D Endo en clínica.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido el resultado de un arduo trabajo, dedicación, tiempo y perseverancia que sin duda no hubiese sido posible llevar a cabo sin la ayuda de mi tutor, el Dr. Nicolás Ferraro a quien quiero agradecer por haberme guiado, enseñado y apoyado durante todo este proceso. También agradecer al Dr. Ricardo Urzúa, por su disposición para tomar los Cone Beam, parte fundamental de este trabajo. Finalmente, quiero agradecer al equipo de Endodoncia UDD Santiago, ya que de una u otra forma me alentaron a realizar esta investigación y me apoyaron en los momentos necesarios.

ALONZO, P. D. L. R. K. & FERRARO, S. N. Determination of working length using electronic locator for apex and CBCT with 3D Endo Dentsply Sirona software: Comparative *in vitro* Study. *Int. J. Odontostomat.*, 14(1):124-130, 2020.

ABSTRACT: Various methods have been used in the history of endodontics, to determine the length of the root canals (working length), such as tactile sensation and X-rays. Recently, apical locators have acquired importance, due to their precision. The use of Cone Beam has now also been incorporated. Because there are many ways to measure this length, it is necessary to test them and see if they resemble the standard gold measurement technique defined in the literature as the electronic apex locators. The purpose of this research is to determine whether there are statistically significant differences in the working length between the electronic apex locators, and the use of Cone Beam processed with the Software 3D Endo by Dentsply Sirona. For this, 30 extracted pre-molars were selected, for Cone Beam tomography and 3D endo Software analysis, to measure the working length. Once this was carried out, cavity preparation was performed manually, and the cervical third approached with gates glidden drills 1 and 2. Subsequently, the teeth were placed in a Pro Train model, which resembled the properties of the teeth in the oral cavity, to allow the use of the electronic apex locators to determine the working length. Once the data were obtained, they were compared through the proportions Test ($p = 0.05$ hypothetical), resulting in $p = 0.2$, indicating that there are no statistically significant differences in the working length between the two methods.

KEY WORDS: software, 3D endo, working length, preoperative, endodontic treatment.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aktan, A. M.; Yildirim, C.; Karataslıoglu, E.; Çiftçi, M. E. & Aksoy, F. Effects of voxel size and resolution on the accuracy of endodontic length measurement using cone beam computed tomography. *Ann. Anat.*, 208:96-102, 2016.
- Aurelio, J. A.; Nahmias, Y. & Gerstein, H. A model for demonstrating an electronic canal length measuring device. *J. Endod.*, 9(12):568-9, 1983.
- Cohen, S. & Hargreaves, K. M. Cohen. *Vías de la Pulpa* 10ª ed. Barcelona. Elsevier, 2011.
- Connert, T.; Hülber-J, M.; Godt, A.; Löst, C. & ElAyouti, A. Accuracy of endodontic working length determination using cone beam computed tomography. *Int. Endod. J.*, 47(7):698-703, 2014.
- de Morais, A. L.; de Alencar, A. H.; Estrela, C. R.; Decurcio, D. A. & Estrela, C. Working Length Determination Using Cone-Beam Computed Tomography, Periapical Radiography and Electronic Apex Locator in Teeth with Apical Periodontitis: A Clinical Study. *Iran Endod. J.*, 11(3):164-8, 2016.
- Di Nardo, D.; Gambarini, G.; Costantini, R.; Testarelli, L.; Piasecki, L. & Al-Sudani, D.. 3D Clinical Evaluation of Unusual Anatomy of A Maxillary Second Molar: A Case Report. 2, 2018.
- Ounsi, H. F. & Naaman, A. *In vitro* evaluation of the reliability of the Root ZX electronic apex locator. *Int. Endod. J.*, 32(2):120-3, 1999.

- ElAyouti, A.; Dima, E.; Ohmer, J.; Sperl, K.; von Ohle, C. & Löst, C. Consistency of apex locator function: a clinical study. *J. Endod.*, 35(2):179-81, 2009.
- Ezpeleta, A.; González, M.; Jiménez, M. & Egea, S. Consecutive to unsystematic radiographic examination. *Oral Health Dental Management*, 12:300-4, 2012.
- Gambarini, G.; Ropini, P.; Piasecki, L.; Costantini, R.; Carneiro, E.; Testarelli, L. & Dummer, P. M. H. A preliminary assessment of a new dedicated endodontic software for use with CBCT images to evaluate the canal complexity of mandibular molars. *Int. Endod. J.*, 51(3):259-68, 2018.
- Guise, G. M.; Goodell, G. G. & Imamura, G. M. *In vitro* comparison of three electronic apex locators. *J. Endod.*, 36(2):279-81, 2010.
- Janner, S. F.; Jeger, F. B.; Lussi, A. & Bornstein, M. M. Precision of endodontic working length measurements: a pilot investigation comparing cone-beam computed tomography scanning with standard measurement techniques. *J. Endod.*, 37(8):1046-51, 2011.
- Jeger, F. B.; Janner, S. F.; Bornstein, M. M. & Lussi, A. Endodontic working length measurement with preexisting cone-beam computed tomography scanning: a prospective, controlled clinical study. *J. Endod.*, 38(7):884-8, 2012.
- Kovacevic, M. & Tamarut, T. Influence of the concentration of ions and foramen diameter on the accuracy of electronic root canal length measurement-an experimental study. *J. Endod.*, 24(5):346-51, 1998.
- Liang, Y. H.; Jiang, L.; Chen, C.; Gao, X. J.; Wesselink, P. R.; Wu, M. K., & Shemesh, H. The validity of cone-beam computed tomography in measuring root canal length using a gold standard. *J. Endod.*, 39(12):1607-10, 2013.
- Maret, D.; Peters, O. A.; Galibourg, A.; Dumoncel, J.; Esclassan, R.; Kahn, J. L. & Telmon, N. Comparison of the accuracy of 3-dimensional cone-beam computed tomography and micro-computed tomography reconstructions by using different voxel sizes. *J. Endod.*, 40(9):1321-6, 2014.
- Martins, J. N.; Marques, D.; Mata, A. & Caramês, J. Clinical efficacy of electronic apex locators: systematic review. *J. Endod.*, 40(6):759-77, 2014.
- Migliau, G.; Pepla, E.; Besharat, L. K. & Gallottini, L. Resolution of endodontic issues linked to complex anatomy. *Ann. Stomatol. (Roma)*, 5(1):34-40, 2014.
- Patel, S.; Dawood, A.; Ford, T. P. & Whaites, E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int. Endod. J.*, 40(10):818-30, 2007.
- Piasecki, L.; Carneiro, E.; da Silva Neto, U. X.; Westphalen, V. P.; Brandão, C. G.; Gambarini, G. & Azim, A. A. The Use of Micro-Computed Tomography to Determine the Accuracy of 2 Electronic Apex Locators and Anatomic Variations Affecting Their Precision. *J. Endod.*, 42(8):1263-7, 2016.
- Ricucci, D. & Langeland, K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int. Endod. J.*, 31(6):394-409, 1998.
- Segato, A. V. K.; Piasecki, L.; Felipe Iparraguirre Nuñovero, M.; da Silva Neto, U. X.; Westphalen, V. P. D.; Gambarini, G. & Carneiro, E. The Accuracy of a New Cone-beam Computed Tomographic Software in the Preoperative Working Length Determination *Ex Vivo*. *J. Endod.*, 44(6):1024-9, 2018.
- Sherrard, J. F.; Rossouw, P. E.; Benson, B. W.; Carrillo, R., & Buschang, P. H. Accuracy and reliability of tooth and root lengths measured on cone-beam computed tomographs. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, 137(4 Suppl):S100-108, 2010.
- Singh, S. V.; Nikhil, V.; Singh, A. V. & Yadav, S. An *in vivo* comparative evaluation to determine the accuracy of working length between radiographic and electronic apex locators. *Indian J. Dent. Res.*, 23(3):359-62, 2012.
- Soares, I. J. & Goldberg, F. *Endodoncia: Técnica y Fundamentos*. Buenos Aires, Médica Panamericana, 2002.
- Triana, K.; Frías, L. & Figueredo, M. De su historia. Surgimiento y Desarrollo de la Endodoncia. *Rev. Cien. Estud. Cienc. Méd. Cuba*, 2008.
- Urbas, K. T.; Ziegler, A. A.; Altenburger, M. J. & Schirmermeister, J. F. *In vivo* comparison of working length determination with two electronic apex locators. *Int. Endod. J.*, 40(2):133-8, 2007.
- Yılmaz, F.; Kamburoglu, K. & Senel, B. Endodontic Working Length Measurement Using Cone-beam Computed Tomographic Images Obtained at Different Voxel Sizes and Field of Views, Periapical Radiography, and Apex Locator: A Comparative *Ex Vivo* Study. *J. Endod.*, 43(1):152-6, 2017.

Dirección para correspondencia:
Karime Alonzo Plaza de los Reyes
Facultad de Odontología
Universidad del Desarrollo
Santiago
CHILE

Email: kalonzop@udd.cl

Recibido : 27-05-2019
Aceptado: 05-09-2019