

Universidad de Valparaíso  
Facultad de Odontología  
Escuela de Graduados  
Postítulo en Endodoncia

**“Estudio comparativo de la exactitud en la localización de la constricción apical, utilizando dos localizadores apicales electrónicos: Root ZX y Justwo”**

Tesis para obtener el título de Especialista en Endodoncia

Investigadores:

**Dra. Carolina Cabrera Pestán**  
**Dra. Silvia Riveros Meza**

Valparaíso, 2003-2004

Agradecemos la comprensión y apoyo a nuestras familias:

Antonio, Ignacio, Antonia y Josefa gracias por su paciencia  
Y a mi madre gracias por todo su apoyo acá y desde el cielo  
Silvia.

Luis Eduardo, Matías y Francisca por todo el tiempo que les resté y que supieron  
retribuirme con su amor  
Carolina.

## INDICE

<u>CONTENIDO</u>	<u>PÁGINA</u>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>ASPECTOS TEORICOS</b> .....	2
<b>Generalidades del tercio apical:</b> Foramen Apical.....	2
Constricción apical.....	3
Límite Conducto Dentina Cemento.....	4
Longitud de Trabajo.....	5
<b>Localizadores Apicales Electrónicos</b> .....	6
<b>Fundamentos de la Investigación</b> .....	11
<b>LAE Utilizados en la investigación:</b>	
Root ZX.....	11
Justwo.....	16
<b>MATERIALES Y METODO</b> .....	19
Universo y muestra.....	19
Procedimientos de recolección de la información.....	19
Calibración y estandarizaciones.....	26
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	27
<b>DISCUSION</b> .....	34
<b>CONCLUSIONES</b> .....	37
<b>RESUMEN</b> .....	38
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	39

## **INTRODUCCION**

La anatomía de los conductos, principalmente en la zona apical, presenta numerosas variaciones morfológicas y cambios anatómicos relacionados con la edad, que hacen complejo el trabajo en esta zona, lo que viene a sumarse a la imposibilidad de visualizar nuestra zona de trabajo directamente.

El tratamiento endodóntico, comienza con establecer lo más claramente posible el límite de trabajo de éste, ya que perseguimos confinar nuestro tratamiento al espacio del conducto y de los tejidos endodónticos, y de tal manera obtener la desinfección y sellado de él , sin invadir los tejidos periodontales circundantes.

Las limitaciones propias de la técnica radiográfica, no nos permiten obtener una información exacta y precisa de la anatomía apical del conducto, lo que ha sido corroborado por numerosos estudios con microscopía electrónica, que han permitido obtener una idea real de la morfología del tercio apical y del conducto, llevando a la vez a los endodoncistas a buscar maneras más exactas que permitan determinar el límite apical de sus tratamientos, el que idealmente debiera situarse justo en la zona del conducto donde se produce la transición entre el tejido pulpar y periapical y que correspondería a la zona de mayor estrechamiento de éste o zona de constricción.

En este intento por ubicar más exactamente la constricción del conducto radicular se han desarrollado diversos dispositivos electrónicos desde los años sesenta, hasta llegar a los de tercera y cuarta generación que actualmente están en uso, denominados Localizadores apicales Electrónicos (LAE).

Será nuestro afán en este estudio, evaluar in vivo el uso de dos LAE de tercera generación, que presentan especificaciones muy similares, uno de ellos ampliamente testeado, y otro que aunque es comercializado y usado clínicamente, no presenta más de dos investigaciones que avalen su efectividad en los estudios publicados en los últimos cinco años, para emitir un juicio de valor acerca de su precisión, diferencias entre los distintos LAE y finalmente, apoyar con fundamentos su uso clínico.

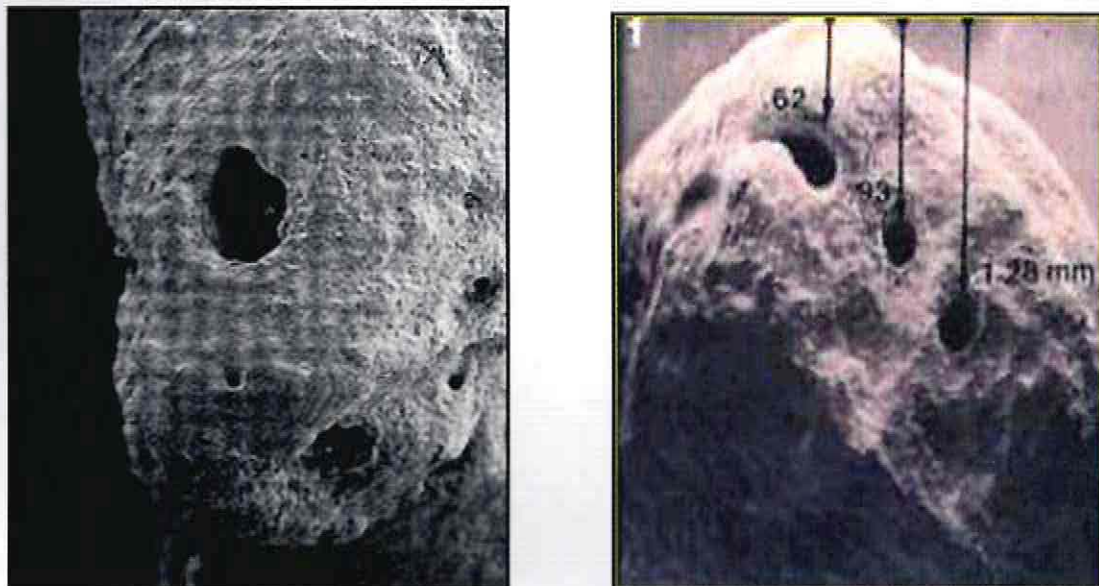
## Aspectos Teóricos

### Generalidades de la zona apical

La zona apical se presenta irregular en su anatomía y ubicación en los diferentes individuos y sus dientes, por lo que encontramos algunas dificultades en su localización y acceso, durante el tratamiento endodóntico.

El **foramen apical** es el orificio principal del conducto cementario. Un estudio de *Pineda y Kuttler* en 1972 reportan que el foramen se localiza fuera del ápice anatómico en 83% de los dientes examinados (20) (fig.1). En un alto porcentaje de los casos el conducto cementario no continúa en la misma dirección que el conducto dentinario, y esto representa un problema con las comparaciones radiográficas, ya que in vivo el foramen anatómico puede estar localizado desde 0.0 a 3.0 mm del ápice radiográfico. Además, esta distancia no es constante durante la vida del individuo y puede aumentar con la edad del diente, debido al depósito de cemento secundario en la superficie externa de la raíz y de dentina secundaria en las paredes del conducto radicular.

**Figura 1.** Foramen apical

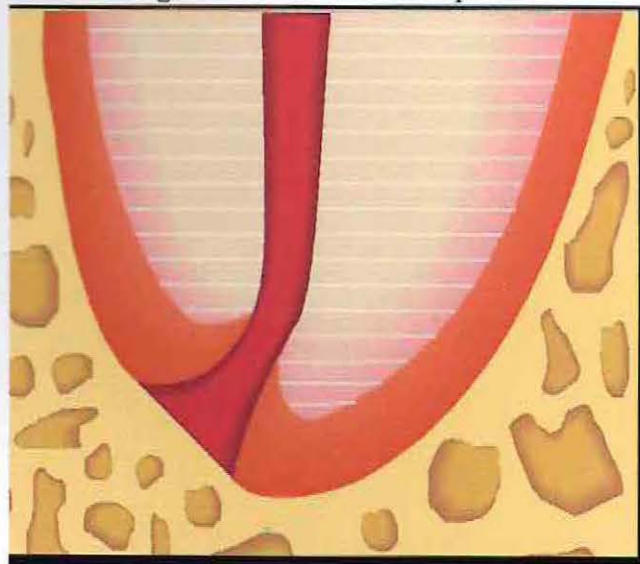


El foramen presenta variadas formas anatómicas y un diámetro promedio de 0.3 a 0.4 mm., aunque su diámetro y ubicación son variables en todos los casos. Estudios histológicos han mostrado que el ligamento periodontal penetra en el foramen y se continúa con la pulpa vital hacia el menor diámetro. La continua aposición de cemento durante la vida tiende a reducir el diámetro del foramen apical aunque el cierre completo de éste no se producirá mientras haya tejido pulpar.

Durante muchos años se consideró que el lugar de menor calibre del conducto radicular era precisamente el foramen apical. Sin embargo, el exhaustivo estudio realizado en 1955 por *Kuttler*, en un gran número de dientes extraídos, le permitió afirmar que el lugar de menor diámetro del conducto no está en el punto de salida del mismo, sino que se sitúa dentro de la dentina, justo antes de las capas iniciales del cemento y es llamado **diámetro menor** o **constricción apical** (fig.2, 2-1); llegando a la conclusión que es un error clínico preparar el conducto hasta el ápice radiográfico como se realizaba hasta entonces, y determinando que es en este punto de constricción donde se prefiere terminar la preparación del conducto y formar la matriz de dentina apical.

La constricción apical según *Ricucci y Langheland* es la parte del conducto más angosta, con el menor diámetro de aporte sanguíneo, lo crea una pequeña herida y por tanto, una mejor condición para la curación. Esta marca anatómica puede ser identificada como menor diámetro y representaría entonces la transición entre la pulpa y el tejido periodontal.

Figura 2. Constricción apical



**Figura 2-1.** Fotografía a la lupa estereoscópica de la zona de constricción

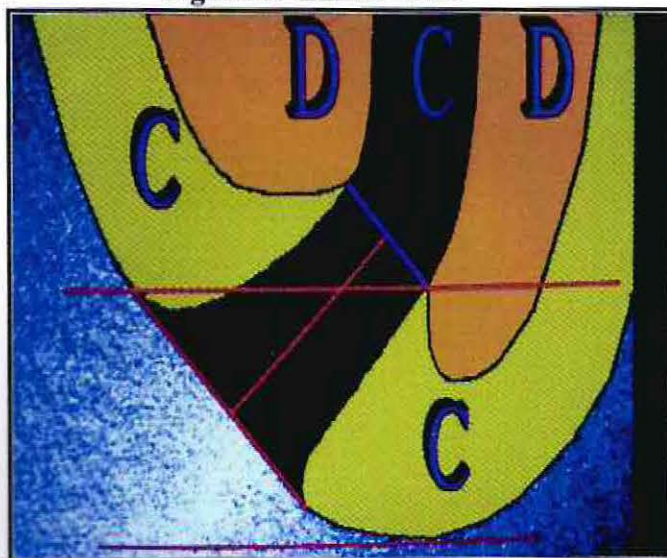


### Constricción apical

La constricción apical, también conocida como el límite de unión **Conducto Dentina Cemento** (límite CDC), no es observable radiográficamente (fig.3). El estrechamiento que determina la zona de menor diámetro mide aproximadamente 210 a 223  $\mu\text{m}$ , y no es circular, sino irregular en los tres planos del espacio. Los estudios microscópicos de *Kuttler* demostraron que la distancia entre el menor diámetro (constricción) y el mayor diámetro (foramen) del conducto cementario, varía en rangos de 0.5 - 1.0 mm., siendo la distancia promedio entre ambos de 0,524 mm. También se ha comprobado que el orificio de salida tiene un diámetro unas dos veces mayor que el diámetro de la zona de constricción.

*Lee SJ, Nam KC, Kim YJ, Kim DW.* en un estudio publicado el año 2002 , estudiaron la longitud medida por un LAE con respecto a la distancia de ésta con la unión cemento dentinaria (constricción) por un lado y del foramen por el otro en 31 dientes que serían extraídos. Los resultados obtenidos señalaron que la distancia promedio medida por el LAE era de 0,13mm corta, encontrando mediciones en un rango de -1,28mm y +0,46mm desde el foramen. Por otro lado al comparar las mismas mediciones del LAE con la posición de la unión cemento dentinaria, se encontró que éstas eran en promedio 0,18 mm más largas con respecto a este límite, encontrándose medidas en un rango de -0,98mm a +0,65mm desde la unión cemento dentinaria. Por otro lado, al considerar como correctas las mediciones con un rango aceptable de  $\pm 0,5\text{mm}$  , el 94% se encontraba cercano al foramen y el 92% cercano a la constricción; y al aplicar como rango aceptable el valor de una desviación estándar, el 81% de las mediciones estaba cercana al foramen y un 65% a la constricción (11).

Figura 3. Límite CDC



### Longitud de trabajo

La determinación de la longitud de trabajo (LT) es el procedimiento mediante el cual se establece la extensión de la instrumentación y el nivel apical definitivo de la obturación del conducto radicular. Ha existido distintas posturas en relación a la terminación de la instrumentación y obturación radicular, como la determinación del límite apical del tratamiento, a nivel del ápice radiográfico basándose en la imposibilidad de encontrar el límite CDC, siendo el ápice la única referencia reproducible en la zona. Esta postura cambió gracias a estudios realizados por *Kuttler, Grove, Green y Palmer* donde observaron que en muchos casos el foramen apical desembocaba a una distancia de 1-3 mm del ápice radiográfico.

A su vez, la determinación de la posición del ápice radiográfico depende mucho de la técnica endodóntica, por lo que obviamente depende de la sensibilidad del operador; de la correcta técnica en la toma de la radiografía (Posición de la película, posición y longitud del cono de rayos X, sujeción de la película); del cálculo aproximado de LT respecto del ápice radiográfico, el cual eventualmente no coincide con la constricción apical o con el foramen; de la inclinación del diente; la posible distorsión de la radiografía; de las estructuras anatómicas adyacentes al diente y la mayor inconveniencia es que ambas aproximaciones son enteramente subjetivas y difícilmente reproducibles. Si nos fiamos exclusivamente de la radiografía directa podemos equivocarnos considerablemente al intentar calcular la posición del foramen apical (4)

La correcta determinación de la LT es un factor principal en el éxito final de los tratamientos. Estudios recientes han mostrado que los resultados histológicos de reparación, después de los tratamientos endodónticos, son superiores cuando se limitan a la constricción apical (12), por lo que idealmente la longitud de trabajo debe estar confinada allí.

Sin embargo, de los métodos normalmente evaluables para medir la longitud de los conductos, la radiografía convencional apenas se aproxima en los cálculos de la localización de la constricción apical. Debe reconocerse que debido a la variabilidad en su ubicación no es posible determinar radiográficamente su punto exacto de localización, en consecuencia, dicha determinación se ha establecido por un cálculo matemático basado en las mediciones promedio de distintas distancias desde la constricción al foramen apical, y de éste al ápice anatómico.

El no determinar con exactitud la longitud del conducto dentinario y cementario puede conducir en algunos casos a la perforación apical y sobreobturación del conducto, lo que se acompaña con la incidencia o permanencia de dolor postoperatorio y un mayor índice de fracasos a causa de la regeneración incompleta del cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar. Por otro lado, una instrumentación incompleta y subobturación radicular, pueden inducir a su vez percolación apical hacia el espacio no obturado, presencia de tejido pulpar residual que al inflamarse o necrosarse, podría ocasionar lesiones periapicales persistentes y con ello, también una mayor incidencia de fracasos. (4)

En la actualidad la constricción apical es considerada como el límite biológico y de seguridad para la preparación del conducto, ya que cuando la instrumentación y obturación no sobrepasa este límite, existe mayor probabilidad de que exista mineralización apical y por lo tanto un sellado biológico, que es la respuesta ideal al tratamiento endodóntico.

### **Localizadores Apicales Electrónicos**

En el intento por encontrar una técnica que permita lograr la ubicación exacta del punto límite de la endodoncia, diámetro menor o constricción apical es que se han desarrollado los **Localizadores Apicales Electrónicos (LAE)**, los que representarían una serie de ventajas en relación a las radiografías convencionales.

*Stein y Corcovan* en 1992, reiteraron que las mediciones del punto más apical visualizado en las radiografías es generalmente el vértice apical, el cual no coincide con el foramen o la unión cemento dentina. Los LAE eliminarían ese problema debido a que localizan la zona de constricción.

En 1993, *Hembrough* concluye que un aumento porcentual de mediciones aceptables son obtenidas clínicamente con el método electrónico, comparadas con las radiografías convencionales. La LT radiográfica tiene una sobreestimación de un 51%, sin embargo la lima parece estar entre 0 a 2 mm. corta del ápice radiográfico. La LT electrónica reduce esta sobreestimación a un 21%. Por ejemplo, en premolares la sobreestimación de la LT radiográfica es causada por variantes anatómicas y porque las foraminas apicales no son apicocentrales en un 87% de los casos de los premolares inferiores y un 98% de los premolares superiores.

El principio, diseño y desarrollo de las primeras unidades de LAE se remonta a las investigaciones in vivo, en perros, efectuadas por *Suzuki* en 1942, donde descubrió que la resistencia eléctrica entre la membrana periodontal y la mucosa oral presentan un valor constante de  $6,5\Omega$ . Este principio fue introducido por *Sunada* entre 1958 y 1962 como una manera de determinar la salida del conducto radicular hacia el periodonto apical, empleando un aparato que contiene un micro amperímetro, un potenciómetro y dos electrodos, uno de los cuales está en contacto con la mucosa de revestimiento oral y el otro unido a un instrumento endodóntico que se inserta en el conducto radicular hasta el ápice. En este punto el micro amperímetro marca 40 mA°.

Desde la demostración de *Sunada* en 1962, de que la resistencia eléctrica entre el ligamento periodontal y la mucosa oral es una medición constante, diferentes generaciones de aparatos electrónicos han sido desarrollados para medir la longitud del conducto radicular.

Fue así como los LAE de primera generación fueron de tipo **Resistencia**, basados en los trabajos de *Suzuki* y *Sunada*, y son localizadores que detectan el punto en el cual, la lima que se desplaza dentro del conducto, llega hasta el ligamento periodontal. En estos aparatos un lado del circuito era conectado a la mucosa oral a través de una pinza (pinza o clip labial) y el otro lado a una lima endodóntica, que es puesta en el interior del conducto y avanza apicalmente hasta que su punta toca el tejido periodontal, momento en que el circuito eléctrico se completa, y la resistencia eléctrica entre el ligamento periodontal conectado con la lima y la mucosa oral conectada con la pinza labial son iguales, resultando de esto que el aparato indica que el ápice ha sido alcanzado, emitiendo una señal. Según el aparato que se emplea dicho evento sería dado por una señal sonora, una luz intermitente, lecturas digitales o un indicador en un disco sintonizador. Ejemplo de estos LAE fueron el Sono Explorer y Neosono (Electronic Dent Inc), Dentometer (Dent-o-tronics), Foramatron IV (Parker USA) y Endometer (fig 4).

Un estudio de *Huang* en 1987 demostró que la medida electrónica del conducto es un fenómeno puramente físico, cuando la punta de la lima pasa el menor diámetro, hay una significativa resistencia que genera una gradiente eléctrica. Posterior a este descubrimiento, se fabricaron los LAE de segunda generación que operan mediante cambios en la **Impedancia** a través de las paredes del conducto radicular, lo que es una función compleja de inductancia y capacitancia encontradas en cualquier corriente alterna y es considerada una resistencia generalizada. Este factor, es mayor

en apical que en coronal. Un ejemplo de estos LAE fue el Endocater (Hygenic Corp).

La efectividad de estos sistemas fue aproximadamente 55 – 75%, pero presentaban inconvenientes, ya que las lecturas en presencia de pus, restos pulpaes y soluciones de irrigación dentro del conducto, daban valores erróneos.

**Figura 4.** LAEs de Primera Generación



Los LAE de tercera generación son de frecuencia dual, es decir, realizan mediciones de impedancia usando dos corrientes de frecuencias diferentes y calculan un promedio o cociente de las impedancias (*Método Ratio*) en forma automática, entregando la medición definitiva con una señal audible y visible. El cociente es usado para denotar la posición de la lima en el conducto presentando la mayor diferencia en el área de la constricción apical.

Las unidades usan una pinza labial que es calibrada por la inserción de una lima en la porción coronal del conducto. En este punto, la diferencia de impedancia entre las dos frecuencias es casi constante. A medida que la lima avanza apicalmente la diferencia en los valores de impedancia comienza a diferir gradualmente y se hace máxima en la constricción apical. Están representados por Root ZX (JMorita Corp), Endex o Apit (Osada), Justwo (Toesco), Apex Finder (Analytic Endontics), Neosono Ultima EZ, (fig5).

**Figura 5. LAEs de Tercera Generación**



Los LAE más modernos o de última generación, son dependientes de múltiples frecuencias y tienen la capacidad de localizar el punto máximo de constricción, operando con el principio que hay una diferencia máxima de impedancia entre los electrodos, dependiendo de las frecuencias usadas. El principio por el cual funcionan los LAE de múltiples frecuencias está basado en los cambios de impedancia del

electrodo de prueba (o lima) cuando avanza hacia el tejido periapical. Cuando la punta de una lima es ubicada en el menor diámetro, la impedancia del conducto es ilegible, pero cuando la lima es puesta en las vecindades inmediatas del menor diámetro la magnitud de la impedancia del conducto súbitamente aumenta. Así también, cuando la punta de la lima contacta con tejido periapical, como el ligamento periodontal, la impedancia rápidamente baja indicando que la lima esta más allá del menor diámetro. La diferencia básica con los de tercera generación radica en que los primeros precisan filtros para separar las distintas frecuencias, mientras que las últimas generaciones de dispositivos emiten las diferentes frecuencias de forma alternante. Son ejemplos de éstos últimos: Bingo 1020 (Forum Enginneriengs Tech), Raypex 4 (VDW), Propex (Dentsply Maillefer), Sybron (Sybron Endo Analytics) ( fig.6).

Figura 6. LAEs de última generación



## **Fundamentos de la investigación**

La exactitud de los diferentes modelos de localizadores apicales ha sido examinada en numerosos estudios in vivo e in vitro, los que han obtenido resultados levemente variables para un mismo localizador. Al mismo tiempo, la mayoría de los estudios evalúan el mismo modelo de LAE (Root ZX), sin embargo, existen en el mercado otros modelos con las mismas características, que aparentemente no han sido probados clínicamente o de los cuales se registran escasos estudios, aún cuando los odontólogos los usan rutinariamente con aparentes buenos resultados.

De acuerdo a los conceptos mencionados con respecto a la variabilidad que presenta la ubicación de la constricción apical con respecto del foramen apical y del ápice radiográfico, podemos deducir que un alto porcentaje de los tratamientos endodónticos realizados, basándose en las mediciones radiográficas no tiene su límite apical en la zona idealmente deseada y ello hace vital, para la práctica clínica de la endodoncia, contar con un método que otorgue mayor exactitud y seguridad para sus tratamientos.

Fue nuestro afán en este estudio, evaluar in vivo el uso de dos LAE de tercera generación, que presentan especificaciones muy similares, uno de ellos ampliamente testado, y otro que aunque es comercializado y usado clínicamente, no presenta más de dos investigaciones que avalen su efectividad en los estudios publicados en los últimos cinco años. Este estudio comparó las mediciones de ambos LAE, con la observación directa, a la lupa estereoscópica, de la zona de constricción apical de los conductos, para emitir un juicio de valor acerca de su precisión, diferencias entre los distintos LAE y finalmente, apoyar con fundamentos su uso clínico.

### **Especificaciones de los Localizadores Apicales Electrónicos utilizados en el estudio:** *Root ZX - Justwo*

#### **ROOT ZX (J. Morita Corporation)**

El Root ZX (fig.7) es un aparato considerado como un producto de tercera generación. Es completamente automático, no necesita calibración previa a cada medición y proporciona medidas extremadamente precisas bajo cualquier condición del conducto. El microprocesador asegura la precisión de las lecturas aún en presencia de hipoclorito de sodio, peróxido de hidrógeno, saliva, sangre, anestesia local o pulpa. El flujo de electricidad usado es muy pequeño como para afectar al paciente y no causa incomodidad (22).

**Figura 7. Root ZX**



En 1994 *Kobayashi y Suda* (20) desarrollan el Root ZX para medir la longitud del conducto y para determinar la localización de la constricción apical. Realizan un experimento que mide la impedancia con dos diferentes frecuencias (8kHz y 0.4kHz) y entonces calculan la proporción de estas impedancias, método conocido como Método Ratio (8)

Root ZX opera entonces con el principio que la medición de la impedancia a dos frecuencias, presentan la mayor diferencia en la zona de constricción; y agrega el principio de que la impedancia ratio es constante, independiente de los diferentes fluidos conductores presentes en el conducto. Este cociente es expresado en una posición de la lima en el conducto.

Cuando el menor diámetro del conducto es encontrado, el cociente se aproxima a un valor de 0,67. Esto es constante en presencia de electrolitos o tejidos pulpaes vitales o necróticos (3). El equipo determina un cociente dividiendo los 8kHz por la impedancia evaluada a los 0.4kHz. El menor diámetro es localizado cuando el cociente se iguala a un valor de 0.67. Diferentes tipos de fluidos en el conducto podrían arrojar diferentes valores de impedancia, pero usando dos frecuencias el Root ZX puede ser usado con varios fluidos ya que el cociente 0,67 es siempre el mismo.

De acuerdo al fabricante la impedancia ratio entre los 500Hz y los 8kHz de frecuencia es constante (0,72), en todas las condiciones del conducto que se mida la llegada a la constricción apical, sin importar el tipo de irrigante presente dentro del conducto.

En estudios previos, se ha encontrado una tendencia de los LAE a realizar mediciones cortas en presencia de soluciones altamente conductoras como el hipoclorito de sodio

(NaOCl) y a hacer mediciones largas en presencia de soluciones poco conductoras (por ejemplo H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

Son numerosos los estudios que evalúan la precisión de Root ZX y entre ellos, también han obtenido diversos resultados. En uno de estos estudios se indica que el Root ZX es altamente preciso en localizar el menor diámetro dentro de los 0,5 mm. próximos a la constricción, otorgando un 90,7% de mediciones correctas en este rango, comparativamente con otro LAE, llamado EAM 8005, que mostró un 34,4 % de mediciones acertadas en este mismo rango (20). Otros estudios (3) muestran una exactitud clínica de localización entre un 82,3% hasta 96,2%.

Los estudios coinciden en que Root ZX no es afectado por la presencia del NaOCl. Las mediciones dentro de 0.5mm se presentan correctas en promedio en el 83% de las veces. (13)

En 1996 *Strabahang* realizó un estudio y no utilizó irrigación con NaOCl, encontrándose que el Root ZX, en ausencia de este irrigante al interior del conducto, tiene una exactitud de  $\pm 0.5$  mm en el 96,2 % de los casos.

En 1998 *Dunlap* (3) incluye el NaOCl antes de las mediciones de Root ZX y la exactitud de  $\pm 0,5$ mm es de un 82,3% . La discrepancia entre estos dos estudios, podrían implicar que el Root ZX es adversamente afectado por la presencia del NaOCl.

En 1998 *Ounsi* encuentra que el Root ZX sería capaz de detectar en un 84,7% de los casos, mediciones dentro de los  $\pm 0.5$  mm desde la posición del foramen y de este modo podría solamente ser usado para detectar el foramen o mayor diámetro de la salida apical del conducto (15).

*Meares*, en el año 2002 encontró que Root ZX es preciso en un 83%  $\pm 0.5$ mm en correlación con el estudio de *Dunlap* mencionado anteriormente (13).

Estudios publicados el año 2004 (12) demuestran que comparativamente Root ZX, Justwo y Neosono Ultima EZ, dan mediciones cercanas a la constricción apical entre un 80 – 90% de los casos. Un segundo objetivo de este estudio fue analizar las variables intraoperador e interoperadores, demostrando que las diferencias entre ellos no serían estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ), lo que es importante para destacar que las mediciones electrónicas son técnicas objetivas, aceptables y **reproducibles**.

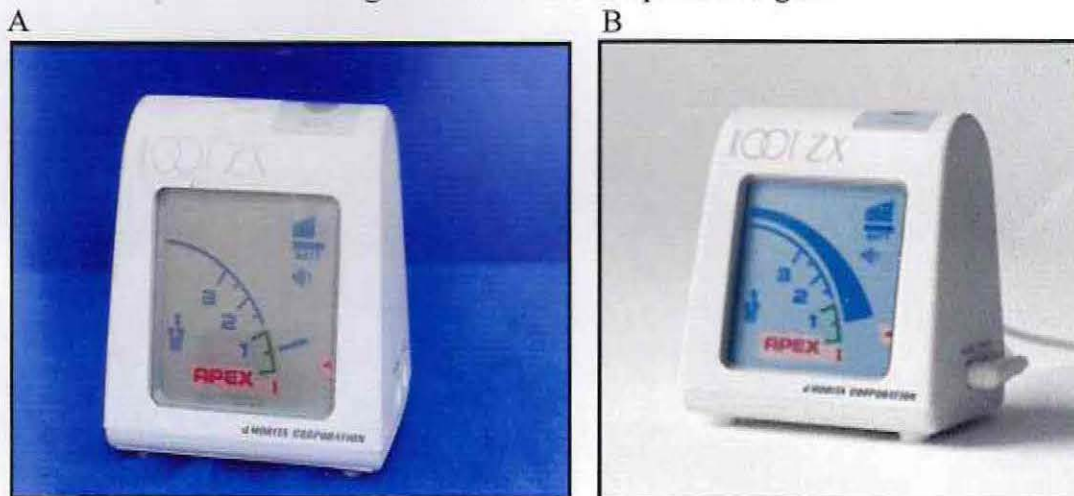
Sin embargo, la efectiva operatividad de este aparato es limitada por la presencia de calcificaciones y obstrucciones en la dentina. Un estudio in vitro determina que el ensanchamiento previo de los conductos, facilita el pasaje de las limas hacia el foramen apical, eliminando las interferencias cervicales y observándose una mejora en la conducta del Root ZX durante el proceso de localización del límite apical (8).

### Especificaciones del fabricante para la medición con Root ZX (22):

- La medición se realiza calculando la impedancia del canal por la medición de dos frecuencias diferentes 0,4kHz y 8kHz.
- La exactitud de la medida no es afectada por la presencia o ausencia de sangre, incluso es exacto en presencia de electrolitos.
- El microprocesador se calibra automáticamente y puede ser usado inmediatamente después de encender el interruptor principal.
- La calibración automática asegura exactitud y elimina los efectos de variables como temperatura, humedad, etc.
- Es fácil de limpiar porque todas las irregularidades han sido eliminadas por el uso de interruptores lisos, y el electrodo contrario puede ser esterilizado en autoclave.
- Utiliza 5 baterías tamaño "AA", también puede usarse con baterías recargables.
- El poder de la batería restante es indicado por un gráfico (fig.8A) y la aparición de una imagen de alerta al usuario.
- Tres alarmas sonoras diferentes proporcionan referencia de la posición de la lima. El volumen de la alarma es ajustable.
- El Root ZX se apaga después de permanecer sin usarse durante 20 minutos. Medios de consumo de poder bajos, permiten que las baterías duren aproximadamente 100 horas de uso.

No usar esta unidad junto con un bisturí eléctrico o en pacientes que tienen un marcapaso (22). Sin embargo en un estudio publicado en diciembre del 2002 (6), donde se probó la influencia de 5 tipos de LAE en el funcionamiento de un marcapaso, se demuestra que Root ZX no tiene incidencia alguna en el funcionamiento de estos aparatos.

Figura 8. Medidor con pantalla digital



### **Pantalla digital (fig.8-A y 8- B)**

La posición de la punta de la lima es indicada por el desplazamiento en el medidor gráfico de la pantalla.

La alarma audible empezará a emitir una señal sonora despacio cuando el medidor alcanza el numero 2 en la pantalla.

La lectura 0.5 indica que la punta de la lima está en la vecindad del foramen apical (promedio de 0.2~0.3 mm más allá de la constricción apical ). A estas alturas el sonido de la alarma cambiará.

Si la lima alcanza el foramen (medidor lee "0"), la alarma cambiará a un solo y sostenido sonido y la palabra "APEX" encenderá.

La posición indicada por la lectura 0.5 es virtualmente la misma para todos los dientes. La diferencia entre las lecturas de 0.5 y 1.0 son aproximadamente equivalentes a 0.2~0.5mm.

Cuando la lima ha entrado en la constricción apical la pantalla emite una imagen destelleante, y esta medición puede usarse como una estimación de la longitud de trabajo del conducto.

El volumen de la alarma puede ajustarse y pueden seleccionarse 3 intensidades distintas de ella .

### **Funcionamiento**

- 1.- Insertar el portador de la lima en su conector.
- 2.- Insertar el electrodo contrario en su conector (clip labial) y engancharlo en la esquina de la boca en contacto con mucosa.
- 3.- Encender el interruptor principal de la unidad. Verificar el despliegue de la barra de la pantalla y asegurarse que está encendiendo.  
La medida exacta no es posible si el interruptor principal ha encendido después que el portador de la lima ya se ha fijado a una lima inserta dentro de un diente.
- 4.- Ajustar el portador de la lima hacia la parte de metal de la lima en el diente.
- 5.- Insertar la lima (en la mayoría de los casos tamaño 10 o 15) hasta 0.5mm., el "ÁPEX" empezará a encender. Cuando el ápice se alcanza, girar la lima en sentido contrario a las agujas del reloj, lee 0.5mm de nuevo. Puesto que algunos conductos tienen constricciones múltiples. Posicionar el tope de silicona en la superficie del diente como un punto de la referencia para determinar la longitud de trabajo del conducto.

6.- Determinar la longitud de trabajo del conducto.

La estimación anterior de la longitud del conducto diferirá dependiendo un poco de cada diente y de la forma del conducto. Esta diferencia debe ser juzgada por el dentista cuando él trabaja en el diente.

**El juicio Clínico y el conocimiento de anatomía de la raíz, son importantes al interpretar los resultados de la medición.**

7.- Apagar la unidad.

#### **JUSTWO (Yoshida Toei Engineering Co., Ltd)**

Justwo es un aparato clasificado como de tercera generación, es totalmente automático. Cuando el operador comienza la medición, enciende automáticamente, y 150 segundos después de terminar, apaga automáticamente (21).

Justwo es análogo, es ligero, pesa 240 gramos sin las baterías, es fácil de transportar por su pequeño tamaño ( fig.9).

Existen algunas situaciones en que no se puede usar el LAE como un método confiable de determinación de longitud, debido a que el entorno eléctrico está alterado y las lecturas son erróneas. Por ejemplo, en casos de reabsorción apical y desarrollo apical incompleto, se obtendrán lecturas más cortas. Por otra parte, cuando hay sangre en el conducto, proveniente de la encía donde la corriente se transmite hacia ésta, también dará lecturas distorsionadas. En general, los restos sanguíneos no son inconveniente para lograr una lectura correcta, pero si éstos coagulan dará lecturas distorsionadas. En casos de restauraciones coronarias metálicas infiltradas, o cuyos márgenes estén subgingivales, la electricidad es transmitida entre la raíz y la encía, por lo que se distorsiona la lectura, y en estos casos es necesario sellar con un material aislante. En casos de fracturas radiculares se pierde la lectura y con los restos de gutapercha dentro de los conductos, dejados por residuos de tratamientos anteriores, las lecturas son bloqueadas (21).

Figura 9. Justwo

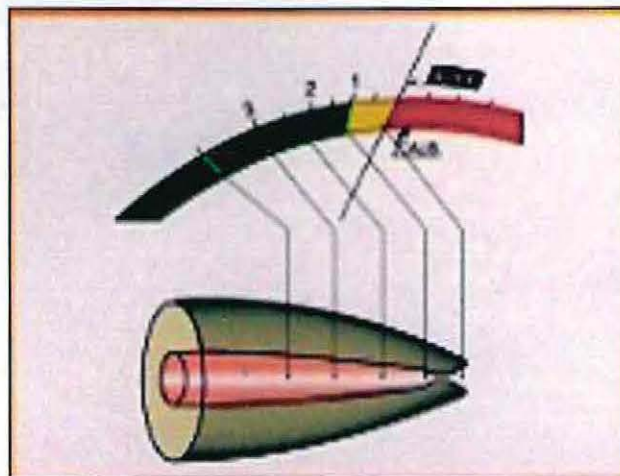


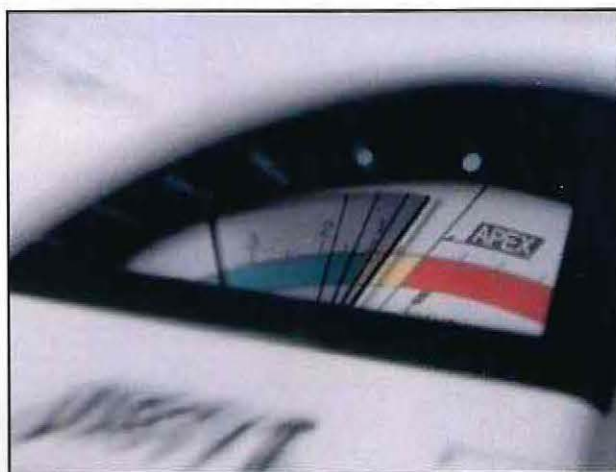
La aguja del Justwo realiza movimientos de balanza en el medidor, en unísono con cada movimiento que usted hace con su instrumento dentro del conducto (fig.10).

**JUSTWO** contiene un estabilizador para la aguja del medidor. Para que siempre se logre una lectura estable (fig.11).

Para certeza que las lecturas no son distorsionadas, se debe empujar el botón de CHECK de un toque.

Figura 10. Movimiento de la aguja en relación al avance en el conducto



**Figura 11 . Medidor análogo****Cómo operar Justwo:**

- Antes de proceder a la medición de un conducto, constatar que la preparación de acceso es adecuada, y no existen restauraciones metálicas ni caries que interfieran en la operación del localizador.
- Secar la corona suavemente con aire
- Irrigar al interior del conducto con una solución electrolítica (solución fisiológica salina, etc.)
- Remover el exceso de irrigante, secando el interior de la cámara, con motas de algodón.
- Montar el clip o pinza labial en la boca del paciente, en contacto con la mucosa.
- Para la medición usar limas ISO #15 o #20, cuidando que el diámetro de la lima sea menor al diámetro actual del conducto.
- Inserte un tope de goma en la lima y ajústela en el posicionador respectivo.
- Introduzca la lima en el conducto, teniendo como referencia aproximada, una longitud estimada con la radiografía previa. Cuando comienza la lima a acercarse a la zona apical del conducto, la aguja del medidor oscilará ampliamente. En este punto, acerque el tope de goma a la zona de la referencia coronaria.
- Ahora comience a introducir la lima lentamente al interior del conducto hasta que la pantalla indique que está fuera del conducto.
- Retroceda hasta que la pantalla marque entre las líneas 1 y 0,5. A este nivel justwo es muy preciso en indicar la distancia aproximada a la que se encuentra el instrumento del ápice anatómico de la raíz o foramen. Sin embargo las líneas de la pantalla que indican 2 y 3 no indican una unidad de medida.

Según un estudio publicado en diciembre del 2002, Justwo no ejerce influencia alguna en el funcionamiento de un marcapasos(6)

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

Este tipo de Investigación corresponde a un tipo de Estudio Estadístico Descriptivo Evaluativo en el cual se emite un juicio de valor.

### **Universo y muestra**

El universo sobre el cual se escogió la muestra fueron los pacientes que acudieron al servicio de examen y diagnóstico de la Escuela Odontología de la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso, que tuvieron indicación de exodoncia y fueron derivados a la clínica de Cirugía de los alumnos que cursaban el tercer año del pregrado de la carrera de Odontología, durante el segundo semestre del año 2003 y parte del primer semestre del año 2004.

La unidad de estudio fueron los conductos radiculares de las raíces de los dientes seleccionados. La variable medida fue la longitud de los conductos radiculares y su unidad de medición fueron los milímetros.

La muestra correspondiente a una Muestra Intencionada que seleccionó un total de 30 conductos. La selección se realizó analizando una radiografía previa del diente con indicación de exodoncia, entre los cuales se escogió raíces sin tratamiento endodóntico previo, preferentemente rectas, sin calcificaciones en los conductos y con ápices completamente formados; de dientes anteriores y premolares, raíces palatinas de molares superiores y distales de molares inferiores. Todos los dientes seleccionados debían presentar un mínimo de remanente coronario, utilizable como punto de referencia de las mediciones pre y post exodoncia.

Al realizar las mediciones directas observando con la Lupa Estereoscópica (20x), hubo que descartar uno de los conductos elegidos y medidos, debido a que durante el proceso de desmineralización se produjo pérdida del punto de referencia coronario para las mediciones. Esto redujo la muestra final a 29 conductos.

### **Métodos y procedimientos de recolección de la información:**

Una vez seleccionados los dientes constituyentes de la muestra, con su radiografía previa, se realizaron los siguientes procedimientos:

- Se anestesió al paciente y luego los investigadores procedieron a la eliminación total de caries, restauraciones metálicas, y cúspides debilitadas, creando el acceso coronario suficiente para el ingreso de los instrumentos a la entrada de los conductos radiculares a medir.
- Se realizó el acceso radicular de los dos tercios coronarios del conducto con una técnica de Crown Down, utilizando fresas Gates Glidden con una secuencia de los números 1-3-2-1, para eliminar interferencias del conducto al paso de los instrumentos a ese nivel.

- Se realizó la Bio o Necropulpectomía, según lo requirió el caso, desbridando con limas tipo K
- Se realizó las mediciones con ambos LAE en estudio ( Root ZX – Justwo ) a cada uno de los conductos seleccionados, usando el mismo punto de referencia para ambas mediciones y registrándolo en una ficha individual (\*) para cada diente, diseñada para estos efectos.
- Se efectuó la exodoncia del diente medido, por los alumnos de pregrado. Cada diente se identificó e individualizó , almacenándolo en un recipiente plástico (fig.12) con tapa y numerado con el mismo número de identificación de la ficha clínica individual.

**Figura 12.** Recipientes plásticos individualizados



- Los recipientes rotulados fueron almacenados, estando los dientes en su interior sumergidos en suero fisiológico para evitar la deshidratación, en un refrigerador a una temperatura de 4° C.
- Una vez obtenido el número total de la muestra se traspasaron los datos a un consolidado de mediciones (\*) para trabajar en Excel y posteriormente se procedió a preparar los dientes para la desmineralización de las raíces en ácido nítrico al 10%, por una semana ( fig. 13 ).

**(\*) Fichas de recolección de la información**

**Ficha de registro individual**

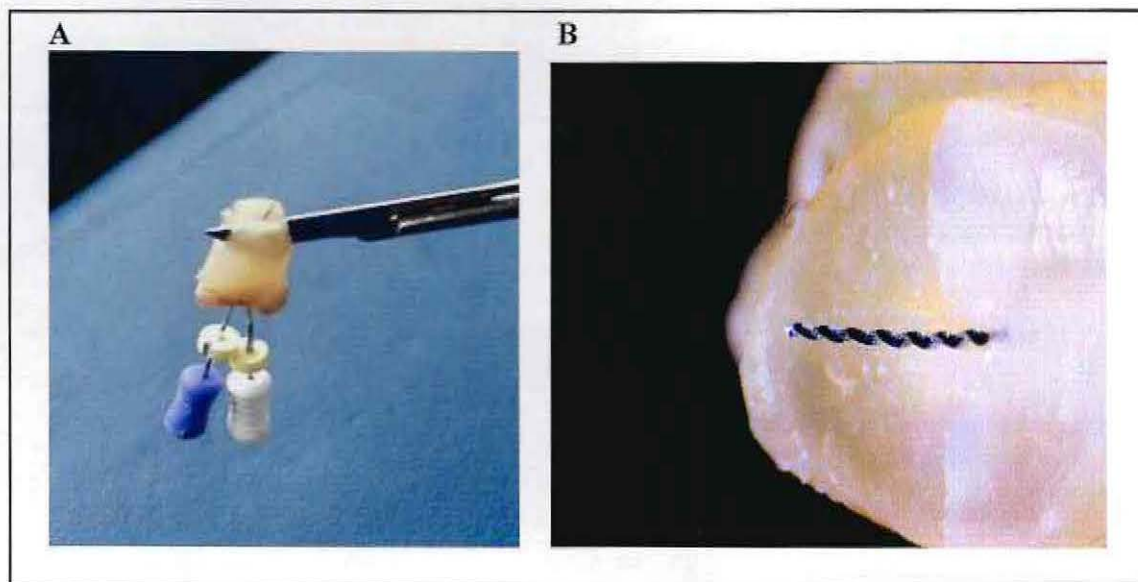
Número ficha					
Diente					
Longitud (mm)		LZX	LJT	LE	observaciones
Punto de Referencia					

**Consolidado de mediciones**

Ficha	LZX	LJT	LE
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

- Al cabo de una semana, se realizó el corte longitudinal (fig 15A del tercio apical de la raíz con una hoja de bisturí número 15, manteniendo una lima K n° 10 ó 15 en el interior del conducto, y deslizándose con la hoja cortante sobre ella, de modo de seguir la posición del instrumento dentro del conducto y procurar que de este modo, el corte se efectuara dentro del diámetro del conducto. Se eligió para observar el hemiconducto correspondiente a la mitad donde quedó posicionada la lima. De este modo se creó una ventana apical (fig.15B) para la posterior observación del conducto a la lupa (fig 16).

Figura 15. Cortes sagitales y ventana apical



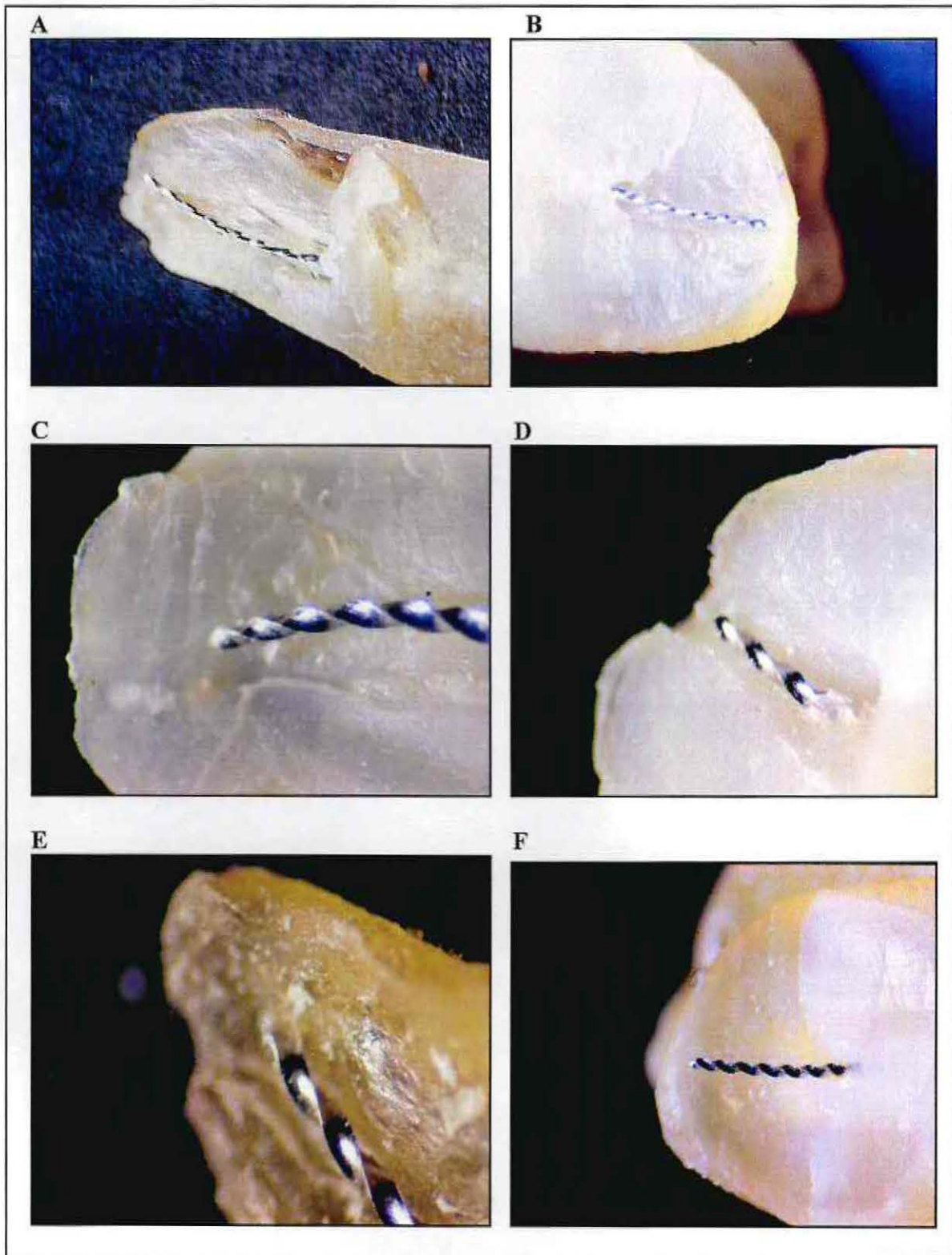
- Luego se realizó la observación de la zona de constricción (fig 17 A, B, C, D Y E) , mediante una lupa estereoscópica con un aumento de 20X, modelo Olympus ZX-PT (Fig 16). Para ello se introdujo una lima tipo K n° 10 ó 15 al interior del conducto a medir avanzando con ella hacia apical, y en el momento que se observó la punta del instrumento apareciendo en la zona de la ventana apical, creada mediante el corte longitudinal de la raíz antes descrito, se posicionó la zona del conducto apical expuesta, bajo el lente de la lupa.

- Primero se observó la posición de la constricción, considerándola como la zona más estrecha del conducto a este nivel, y una vez ubicada esta zona por el operador, se avanzó lentamente con la lima dentro del conducto , bajo el lente de la lupa, hasta observar que su punta llegó a la zona observada como el punto más estrecho del conducto. En este momento, se posicionó el tope de silicona en el mismo punto de referencia anotado en la ficha para las otras dos mediciones y se midió la longitud obtenida en la lima desde el tope de silicona hasta la punta , con una regla milimetrada, registrando la medición obtenida (longitud desde el punto de referencia , hasta la zona visualizada como constricción al microscopio), en la ficha diseñada para ello (\*).
- El operador que realizó la observación a la lupa estereoscópica fue el mismo para todos los casos y desconocía los valores medidos con los LAE. Para esto, el segundo operador se encargó de ir entregando al primero, cada muestra, lista para ser observada y luego registró los datos obtenidos por el observador, en la ficha.

**Figura 16.** Lupa Estereoscópica Olympus SZ-PT



Figura 17. Algunos cortes observados con la Lupa Estereoscópica



### **Calibraciones y estandarizaciones**

Para minimizar las diferencias en las mediciones efectuadas con los LAE, que se pudieran generar entre los dos operadores que las realizaron, se estandarizaron algunas acciones clínicas y se sometió a ambos operadores a una etapa de entrenamiento previo en el uso de ambos LAE para su calibración.

#### **Estandarizaciones**

1.- La eliminación total de caries se estandarizó con uso de revelador de caries marca SEEK para todos los casos.

2.- Se realizaron todos los accesos radiculares de los dos tercios coronarios de cada uno de los conductos seleccionados, bajo concepto Crown Down, usando técnica alternada con fresas Gates Glidden en secuencia N° 1-3-2-1, e irrigación con jeringa hipodérmica y aguja 26G, con 5 cc de suero fisiológico.

3.- La Bio o Necropulpectomía, según el caso clínico, se realizó con técnica de desbridamiento y limado de las paredes dentinarias, con limas tipo K N° 10 y 15, e irrigación con 5 cc de suero fisiológico.

#### **Calibraciones**

1.- Se realizó un entrenamiento previo, de ambos operadores, usando los dos LAE a utilizar durante la investigación, en pacientes de la clínica de Endodoncia de pregrado

2.- Se utilizó los localizadores apicales siguiendo estrictamente las indicaciones del fabricante y usando los mismos aparatos para cada una de las mediciones.

#### **Definiciones Operacionales:**

**Longitud del conducto:** Medida realizada con la lima al interior del conducto, establecida desde el punto de referencia hasta la medida de APEX y retrocediendo hasta la marca en la pantalla del LAE que indica menos 0.5mm, o de la constricción apical en la observación a la lupa estereoscópica.

**Constricción apical:** Zona apical de menor diámetro dentro del conducto radicular.

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Una vez recopilada la información necesaria, en las fichas correspondientes y diseñadas para este efecto, todas las mediciones se trasladaron ordenadamente a una tabla (tabla I), para contar con toda la información, de modo de realizar los análisis estadísticos que permitieran evaluar los resultados obtenidos y emitir juicios de valor acerca de ellos.

**Tabla I.** Consolidado de las mediciones obtenidas

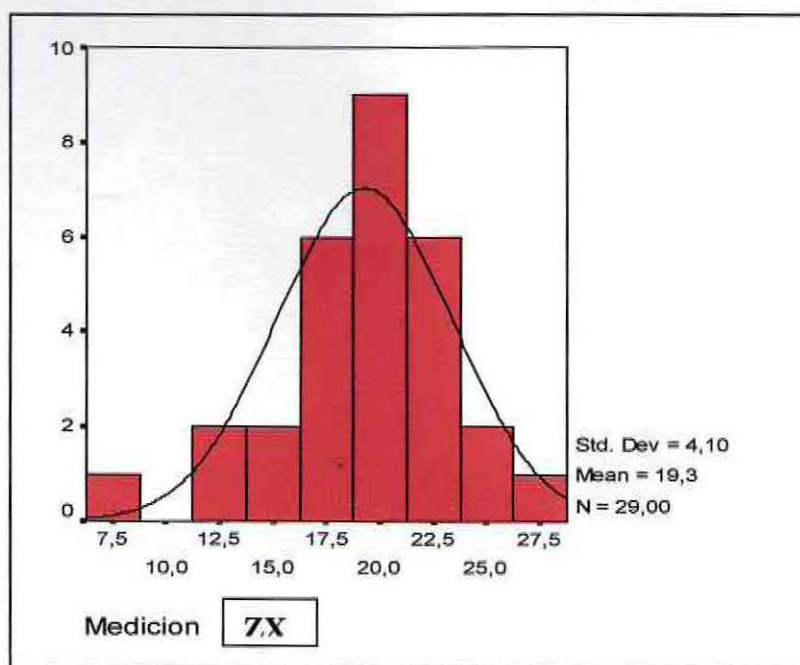
NºOBS.	LZX	LJT	LE
1	22	22	22
2	25	24	23
3	23	22,5	23
4	20	20	20,5
5	18	17,5	17,5
6	13,5	13,5	13,4
7	20	20	19,5
8	20,5	20,5	20
9	17	17	17
10	8	8	8
11	27,5	26	25
12	16,5	16,5	15
13	20	20	19,5
14	22	22,5	19,5
15	14	14	14
16	21,5	21	21
17	20	20	19,5
18	13,5	13,5	13,5
19	26	25	24
20	22	22,5	19,5
21	18	17,5	17,5
22	20	20	19,5
23	17	17	17
24	20	20	20,5
25	20	20	19,5
26	22	22	22
27	14	14	14
28	18	17,5	17,5
29	19,5	19,5	19
<b>SUMATORIA</b>	558,5	553,5	540,9
<b>PROMEDIO</b>	19,25862069	19,0862069	18,65172414
<b>s</b>	4,104920152	3,92125382	3,694070605
<b>s2</b>	16,85036946	15,3762315	13,64615764
<b>ni</b>	29	29	29

El primer análisis se realizó al incorporar los datos de las observaciones en un histograma para cada uno de los grupos y distribuirlos en él. Apreciamos una distribución en curva normal para los tres grupos, y aplicando la desviación estándar obtenida para cada grupo, se observa una dispersión de los datos muy similar en todos ellos (valores de  $s = 4,10$ ;  $3,92$  y  $3,69$ ; para Root ZX, Justwo y lupa estereoscópica respectivamente). Se observa que las tres curvas son similares, lo que nos indica la similitud entre las observaciones obtenidas mediante los tres métodos de medición, es decir, en los tres grupos.

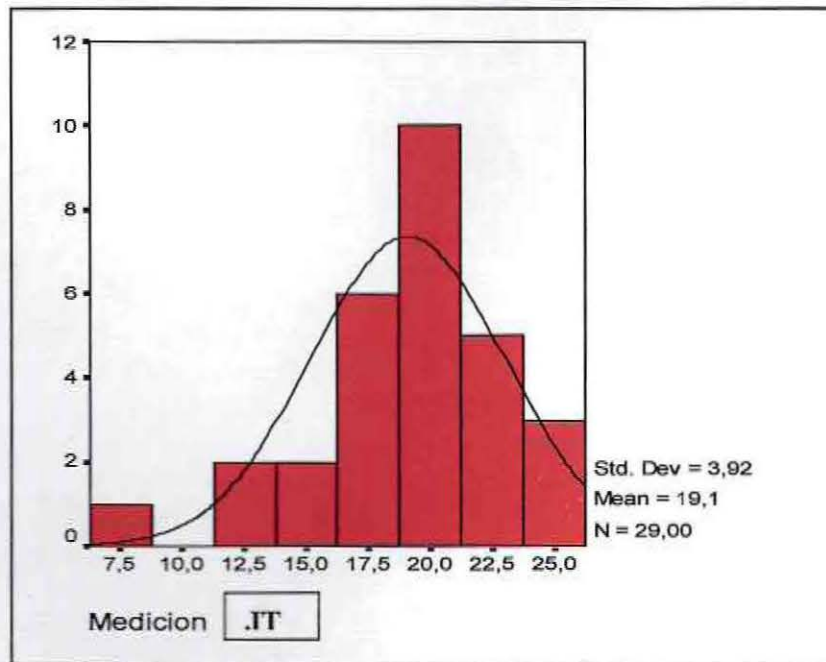
La distribución en curva normal para la Lupa estereoscópica (gráfico 3) representa los valores considerados como **referencias o reales**. Al comparar este gráfico con las otras dos mediciones (gráficos 1 y 2), claramente se observa la similitud entre ellas, lo que nos indica a su vez la similitud entre las observaciones obtenidas mediante los dos métodos de medición electrónica y el grupo de referencia. Entonces, las mediciones realizadas con los LAE son muy similares a las mediciones reales.

En este capítulo cabe mencionar que al observar la dispersión de los resultados en el histograma y curva normal, puede parecer que no se agrupan la gran mayoría de los resultados alrededor del promedio, y esto se debe, a que el promedio de la longitud de los dientes de la muestra fue muy variable, ya que se escogió conductos de todos los dientes existentes en boca, sin elegir los distintos especímenes de entre un diente específico de la boca. Por lo tanto la dispersión de los datos dentro de un mismo grupo no es un dato relevante a considerar, pero sí lo es, el hecho que esta dispersión se repita en la mediciones obtenidas entre los grupos.

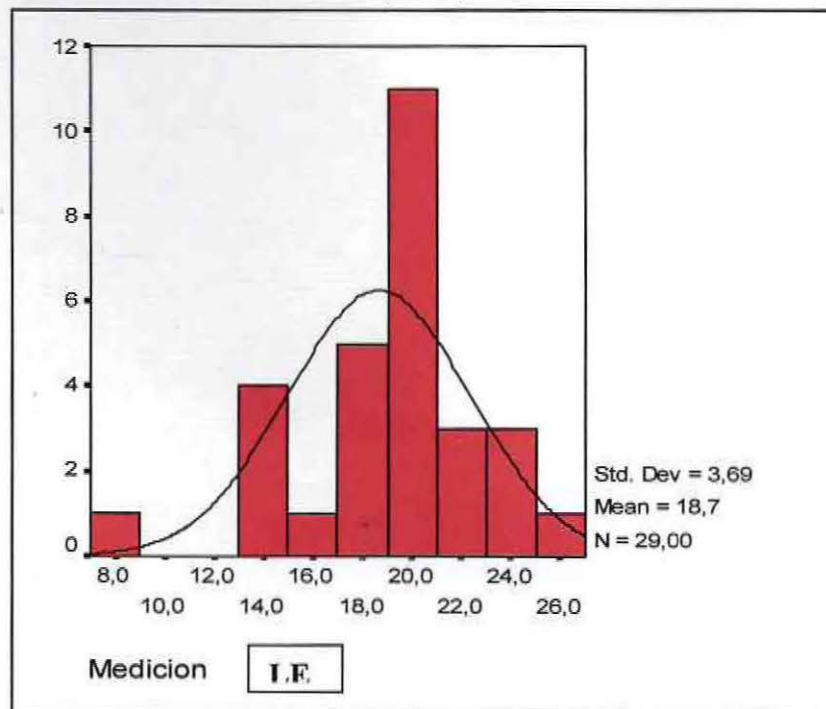
**Gráfico 1.** Curva de distribución normal para mediciones con Root ZX



**Gráfico 2.** Curva de distribución normal para mediciones con Justwo



**Gráfico 3.** Curva de distribución normal para mediciones con lupa estereoscópica (reales)



Para analizar los resultados obtenidos entre los tres grupos de mediciones, se aplicó el **Análisis de Varianza o ANOVA (Analysis of variance)**, que es una extensión de la prueba de la t de student para aquellos casos en donde existen más de dos grupos a comparar al mismo tiempo, permitiéndonos establecer si hay al menos dos medias que difieren de manera estadísticamente significativa entre los grupos. (19)

El Análisis de Varianza tiene la ventaja de permitir el estudio simultáneo de las diferencias entre los grupos y dentro de los grupos, con un nivel de significancia preestablecido. Para hacerlo explora las distintas fuentes de variación que afectan a los datos y compara y analiza la magnitud de estas variaciones.

Esta varianza se determina a partir de dos valores obtenidos de los datos y que permiten comparar la variación entre los tratamientos y dentro de los tratamientos, para determinar finalmente, cuánto del valor de las diferencias totales es atribuible a las diferencias entre los tratamientos. Los valores calculados para este estudio arrojaron que sólo un 0,4% de la variación total entre las 87 unidades medidas, puede atribuirse a las diferencias entre los tratamientos.

Luego, para analizar si los resultados de esta investigación, son estadísticamente significativos o se deben al azar, de manera de aceptar o rechazar la hipótesis nula ( que los tres grupos (r) son iguales), se sometieron los resultados de las varianzas dentro del tratamiento y entre tratamientos a la prueba de Fisher (F) (tabla II). En este estudio los valores críticos para la F, para un nivel de significación de 5% y 1% no fueron superados por el valor de F obtenido ( $F=0,18$ ), lo que nos permite determinar que las diferencias encontradas entre los grupos, no son estadísticamente significativas y sólo dependen del azar, permitiendo confirmar la hipótesis nula que postula la igualdad entre los tres grupos en estudio

**Tabla II.** Cálculos para Análisis de Varianza

CUADRADOS MEDIOS			=	VARIANZA	=	SUMA	DE
CMT	CM D	CM E				CUADRADOS	
						GL	

CMT= cuadrados medios totales

CMD= cuadrados medios dentro del grupo

CME= cuadrados medios entre grupos

Grados	de	=	T	D	E
Libertad			(n-1)	(n-r)	(r-1)
GL					

SCT= suma de cuadrados totales

SCE= suma de cuadrados entre los grupos

SCD= suma de cuadrados dentro de los grupos

$$\text{SCT} = \text{SCE} + \text{SCD}$$

$$\begin{aligned} \text{SCT} &= \sum x_{ij}^2 - \frac{(\sum x_{ij})^2}{n} \\ &= 11227,75 + 10994,75 + 10470,81 - \frac{(558,5 + 553,5 + 540,9)^2}{n} \\ &= 32693,31 - \frac{(1652,9)^2}{n} \\ &= 32693,31 - \frac{2732078,4}{n} \\ &= 32693,31 - 31403,2 \\ \text{SCT} &= 1290,11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SCE} &= \sum n (x_i - \bar{x})^2 \\ &= 29(19,25 - 18,99)^2 + 29(19,08 - 18,99)^2 + 18,65 - 18,99)^2 \\ &= 29(0,26)^2 + 29(0,09)^2 + 29(-0,34)^2 \\ &= 29(0,0676) + 29(0,0081) + 29(0,1156) \\ &= 1,9604 + 0,2349 + 3,3524 \\ \text{SCE} &= 5,5477 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SCD} &= \text{SCT} - \text{SCE} \\ &= 1290,11 - 5,55 \\ \text{SCD} &= 1284,56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{\text{CME}}{\text{CMD}} \\ &= \frac{2,77}{15,29} \\ F &= 0,18 \end{aligned}$$

De acuerdo a esto podríamos afirmar entonces que las mediciones obtenidas por ambos localizadores apicales no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, por lo tanto, ambos resultan igualmente eficaces en la obtención de la longitud de trabajo. Y al no encontrar tampoco diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones electrónicas y el grupo control, donde se realizó la observación directa de la constricción, podemos concluir que ambos aparatos realizan una medición eficiente.

Finalmente, si calculamos el porcentaje de mediciones realizadas con los LAE Root ZX y Justwo, que se encontraron en un rango de  $\pm 0,5$  mm. del valor observado en el grupo de control con lupa estereoscópica, un 79,31% de las mediciones (26 mediciones de 29) se encontraron dentro de este rango para ambos LAE, lo que permitiría pensar que ambos aparatos midieron certeramente en casi un 80% de los casos.

**Tabla III.** Cálculo de Porcentajes

Nº Obs.	LZX	LE	Diferencias	LJT	LE	Diferencias
1	22	22	0	22	22	0
2	25	23	+2	24	23	+1
3	23	23	0	22,5	23	-0,5
4	20	20,5	-0,5	20	20,5	-0,5
5	18	17,5	+0,5	17,5	17,5	0
6	13,5	13,4	+0,1	13,5	13,4	+0,1
7	20	19,5	+0,5	20	19,5	+0,5
8	20,5	20	+0,5	20,5	20	0
9	17	17	0	17	17	0
10	8	8	0	8	8	0
11	27,5	25	+2,5	26	25	+1
12	16,5	15	+1,5	16,5	15	+1,5
13	20	19,5	+0,5	20	19,5	+0,5
14	22	19,5	+2,5	22,5	19,5	+3
15	14	14	0	14	14	0
16	21,5	21	+0,5	21	21	0
17	20	19,5	+0,5	20	19,5	+0,5
18	13,5	13,5	0	13,5	13,5	0
19	26	24	+2	25	24	+1
20	22	19,5	+2,5	22,5	19,5	+3
21	18	17,5	+0,5	17,5	17,5	0
22	20	19,5	+0,5	20	19,5	+0,5
23	17	17	0	17	17	0
24	20	20,5	-0,5	20	20,5	-0,5
25	20	19,5	+0,5	20	19,5	+0,5
26	22	22	0	22	22	0
27	14	14	0	14	14	0
28	18	17,5	+0,5	17,5	17,5	0
29	19,5	19	+0,5	19,5	19	+0,5
<b>Mediciones entre <math>\pm 0,5</math></b>		23 de 29	<b>79,31%</b>		23 de 29	<b>79,31%</b>
<b>Mediciones exactas</b>		9 de 29	<b>31,03%</b>		13 de 29	<b>44,83%</b>
<b>Mediciones Incorrectas</b>		6 de 29	<b>20,68%</b>		6 de 29	<b>20,68%</b>

En los casos de encontrar mediciones fuera del rango aceptado como una medición correcta, para Root ZX un 20,68% de las mediciones resultó francamente larga ( 1,5 mm. o más de la medida observada para el grupo control y no registró mediciones más cortas que el grupo control, fuera del rango de -0,5mm aceptado como correcto. En este mismo análisis, para Justwo, se encontró que un total de 6 mediciones, correspondientes al 20,68% de ellas, resultaron largas, entre las cuales un 10,29% de las mediciones se excedieron de las encontradas en el grupo control entre 0,6 y 1 mm. y el 10,29% restante, se excedieron en más de 1 mm. de las encontradas en el grupo control. Tampoco se registraron para Justwo mediciones que resultaran más cortas que las estimadas dentro del rango aceptado, respecto del grupo control.

Por otra parte, si consideramos qué porcentaje de las mediciones obtenidas con cada LAE fueron exactamente iguales a las del grupo de referencia, encontramos que para Root ZX un 31,03% de las mediciones coincidieron exactamente con él (9 de 29 mediciones), mientras que para Justwo este porcentaje se eleva a un 44,83% (13 de 29 mediciones) resultados que según el ANOVA no serían diferencias estadísticamente significativas y entonces éstas dependen del azar confirmando la similitud entre los tres grupos. (Tabla III).

## DISCUSIÓN

De acuerdo a las mediciones obtenidas en los tres grupos estudiados, una vez sometidos los resultados al análisis estadístico pertinente y antes mencionado, podemos aseverar que ambos métodos electrónicos resultan eficientes en determinar la posición de la zona de constricción en un conducto permeable y completamente desarrollado, aplicando una tolerancia de  $\pm 0,5$  mm, con respecto del grupo control, ya que las diferencias observadas entre las mediciones de los tres grupos no fueron estadísticamente significativas.

En general, los estudios revisados en donde se compara Root ZX con otro LAE o con las radiografías, otorgan una exactitud para las mediciones del LAE de entre un 80 a 90% considerando un rango de tolerancia de  $\pm 0,5$ mm, lo que se corrobora en este estudio, donde para este mismo rango de tolerancia, se obtuvo un porcentaje de 79,3% de mediciones correctas para ambos localizadores en estudio.

Es importante reconocer también, que el localizador Justwo obtuvo una evaluación similar al Root ZX, y esto lo sitúa como un método igualmente confiable para la determinación electrónica de la LT, aunque hasta el momento muy pocas investigaciones han evaluado su desempeño in vivo.

Las mediciones consideradas fuera del rango aceptado como una medición correcta fue tanto para Root ZX como para Justwo un 20,68% de las mediciones que resultó larga, no registrando mediciones más cortas que el grupo control, en concordancia con los estudios de *Lee y col.*, donde vieron la longitud medida por un LAE (con circuito de compensación automática) en relación a la unión cemento dentinaria por un lado y del foramen por el otro, cuyos resultados mayoritariamente señalaron mediciones en rangos promedio superiores a la unión cementodentinaria 81%(1ds) comparativamente con la cercanía a la constricción 65% (1ds). Es importante destacar además que ambos localizadores midieron incorrectamente en los mismos casos clínicos, aunque la medida excedida difería entre ambos. Esto podría llevarnos a pensar por un lado que en estos casos la zona de constricción era ampliamente superior en diámetro a la lima utilizada para la medición, lo que impidió a los aparatos registrar la impedancia de la dentina en esta zona, registrando más bien el dato de la resistencia encontrada en el ligamento periodontal, y por otro lado que los aparatos de medición electrónica son más versátiles para medir desde la posición del foramen y no de la unión cemento dentinaria realmente.

Esto nos permite pensar que en general, si el instrumento no resulta ser lo suficientemente grueso para detectar la impedancia de la dentina, en presencia de ligamento periodontal sano, el LAE medirá la llegada al ligamento, registrando la medición de la resistencia del ligamento, por lo cual en muchas ocasiones la medición obtenida será coincidente con la posición del foramen. Es por esta misma razón que probablemente se aconseja al usar los LAE, que la pantalla de éstos indique la zona más allá de la marcada en apex, para luego retirar la lima y quedarse en la línea que indica la posición que indica estar a 0,5mm aproximadamente del límite registrado por el LAE. La posición de la lima indicada por la lectura 0.5 en la pantalla del medidor es virtualmente la misma para todos los dientes

ya que los rangos de la distancia entre la constricción y el foramen del conducto cementario, es en promedio de 0,524 mm. Esta sustracción de 0,5mm a la longitud medida por el LAE, se encuentra avalada por los estudios de Kuttler quien midió con fotografías en el microscopio electrónico de barrido, la distancia entre la constricción y el foramen obteniendo un promedio de 0,524 mm para este valor que resultó ser más o menos constante en todos los dientes.

Es importante destacar que ambos localizadores midieron incorrectamente en los mismos casos clínicos, aunque la medida excedida difería entre ambos. Esto podría llevarnos a pensar que en estos casos la zona de constricción era ampliamente superior en diámetro a la lima utilizada para la medición, lo que impidió a los aparatos registrar la impedancia de la dentina en esta zona, registrando más bien el dato de la resistencia encontrada en el ligamento periodontal.

Para ambos localizadores apicales, no se registraron mediciones más cortas de 0,5 mm desde la constricción, lo que puede explicarse debido a que se rechazaron aquellos dientes que presentaban obstrucciones dentro del conducto, como calcificaciones o tratamientos endodónticos previos y además se realizó un ensanchamiento previo de los dos tercios coronarios del conducto, para eliminar interferencias a este nivel. Esto refuerza el concepto que prima actualmente en todo tratamiento endodóntico que indica realizar un crown down antes de la determinación de longitud con el objetivo de obtener mediciones más exactas.

La presencia de diferentes tipos de fluidos en el conducto podrían arrojar diferentes valores de impedancia, pero al usar dos frecuencias diferentes, el Root ZX puede ser usado con varios fluidos ya que el cociente 0,67 es siempre el mismo, esto basado en el principio donde la impedancia ratio es constante, independiente de los diferentes fluidos conductores, tejidos pulpaes vitales o necróticos presentes en el conducto. Sin embargo, las irrigaciones sólo fueron realizadas con suero fisiológico para evitar la posible influencia de la conductancia eléctrica de algunos fluidos debido a que durante el procedimiento de adiestramiento y calibraciones se observó que las mediciones con Justwo eran erróneas (muy cortas o marcaba apex al ingresar a cámara) cuando la cámara estaba colmada con hipoclorito. De acuerdo a esto, resultaría muy interesante evaluar en un próximo estudio, cómo afecta la presencia de distintos irrigantes altamente conductores, al interior del conducto, en las mediciones obtenidas en presencia y ausencia de ellos, ya que los estudios que han evaluado esto, aún cuando han observado diferencias para Root ZX de hasta 10 puntos porcentuales, los análisis estadísticos, las sitúan como no significativas.

Si nos confiamos exclusivamente de la radiografía convencional como método normalmente utilizado para medir la longitud de los conductos, podemos equivocarnos al intentar ubicar exactamente la posición de foramen apical y así la correcta determinación de la LT que constituye el principal factor en el éxito de los tratamientos, debido a que la posición del ápice radiográfico, con respecto a la salida anatómica del conducto, es muy variable. El cálculo aproximado de la localización radiográfica de la LT, basado en un promedio de mediciones, presenta la gran inconveniencia que ambas aproximaciones son enteramente subjetivas y difícilmente reproducibles. Los LAE por su parte eliminarían o disminuirían este problema

debido a que teóricamente localizan la constricción y se ha demostrado que más mediciones aceptables son obtenidas clínicamente con el método electrónico, comparadas con las radiografías. Además de mostrar que la LT radiográfica tiene una sobrestimación de un 51% valor que la LT electrónica reduciría a un 21%. De acuerdo entonces a estos conceptos mencionados, podemos deducir que un alto porcentaje de los tratamientos endodónticos realizados, basándose en las mediciones radiográficas no tiene su límite apical en la zona idealmente deseada y ello hace vital, para la práctica clínica de la endodoncia, contar además con los métodos electrónicos que otorgan mayor exactitud y por lo tanto mayor seguridad para los tratamientos.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos podríamos afirmar que las mediciones obtenidas por ambos localizadores apicales resultan igualmente eficaces en la obtención de la longitud de trabajo. Y al no encontrar tampoco diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones electrónicas y el grupo de referencia, donde se realizó la observación directa de la constricción, podemos concluir que ambos aparatos realizan una medición eficiente.

Al determinar que la precisión de las mediciones con ambos LAE resultó similar y a la vez no difirieron significativamente del grupo control, podemos corroborar los estudios previos realizados para determinar la eficacia de Root ZX, que es en la actualidad el aparato que más frecuentemente se ha investigado en los estudios relacionados con la determinación de la longitud de trabajo con el uso de los LAE, así como también validar otra alternativa de LAE existente en el mercado, Justwo, que resulta tan preciso como Root ZX para estos fines, pero que no ha sido científicamente probado con tanta frecuencia por investigaciones publicadas en los medios más relevantes en endodoncia.

Los resultados obtenidos nos permiten reafirmar la importancia en la actualidad de contar con el apoyo de estos aparatos de medición, que además de presentar la alternativa de disminuir las exposiciones de los pacientes a la radiación X, permiten ahorrar tiempo operatorio, mejorando la exactitud de la determinación de longitud de nuestros tratamientos endodónticos, además de permitir mediciones en situaciones donde la radiografía es poco clara. Una consideración muy importante es que las radiografías nos entregan información adicional del diente, como presencia de cuerpos extraños, formación radicular incompleta, fracturas radiculares, curvaturas y lesiones reabsortivas, que los LAE no proveen, por lo tanto siempre debemos considerar la complementación de ambos métodos, si el caso lo amerita.

El estado del diente, los conductos y la indemnidad de la constricción, junto a otros factores externos, podrían alterar o modificar la precisión en la medición de los aparatos electrónicos obteniendo lecturas inexactas, es por esto que se debe tener un conocimiento clínico y técnico completo del uso de estos instrumentos para que su real utilidad sea beneficiosa y no desaprovechada.

Aún cuando los estudios existentes evalúan positivamente a los LAE y le dan cierta ventaja con respecto al antiguo método radiográfico, debemos conocer las situaciones en que podemos obtener mediciones erradas, de manera que podamos aplicar nuestro buen criterio clínico y resolvamos correctamente aquellos tratamientos que presentan cierta dificultad en la etapa de determinación de la longitud de trabajo, combinando las diferentes técnicas que nos permitan llegar al resultado más cercano a la ubicación del límite apical correcto de cada tratamiento.

Finalmente, nos parece que para el endodoncista actual debiera resultar imprescindible el uso de los LAE en las etapas del tratamiento endodóntico, ya que constituyen uno de los sistemas actualmente más acertados en la determinación del límite apical de la preparación del conducto, para obtener una reparación óptima, sin dañar los tejidos periapicales y creando las mejores condiciones para su reparación.

## RESUMEN

Son numerosas las investigaciones que han demostrado la variabilidad de la anatomía apical de los conductos y que han comprobado además, que la salida de éstos hacia los tejidos periapicales, normalmente no coincide con el ápice dentario observable radiográficamente. Esto ha derivado en la necesidad de crear dispositivos electrónicos que resulten más eficaces en localizar la zona real del límite de los tejidos pulpares y del conducto radicular. Estos dispositivos denominados Localizadores Apicales Electrónicos, ya han sido desarrollados y probados a lo largo de casi cinco décadas, contando en la actualidad con una alta precisión. En esta investigación se probaron in vivo dos localizadores apicales de tercera generación, de los cuales uno ha sido pobremente avalado por investigaciones publicadas: Root ZX y Justwo. Los resultados encontrados en esta investigación demuestran la efectividad en casi un 80% de ambos localizadores apicales en la detección de la constricción apical, reafirmando el concepto ya existente que los avala como métodos confiables en la determinación de la longitud de trabajo endodóntica, permitiendo validar un alternativa existente en el mercado y que contaba con poca evaluación científica, como lo es Justwo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- Brunton PA, Abdeen D y Macfarlane TV. **The effect of an apex locator on exposure to radiation during endodontic therapy.** J Endod 2002 Jul; 524-6
- 2.- Cohen S, Burns RC. **Vias de la Pulpa.** 8ª ed. 2002, Editorial Motsby.
- 3.- Dunlap CA, Remeikis NA, BeGole EA, Rauschenberger CR. **An in vivo evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals.** J Endod. 1998 Jan;24(1):48-50.
- 4.- El Ayouti A, Weiger R, Lost C. **The ability of root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length.** J Endod. 2002 Feb;28(2):116-9.
- 5.- Fouad AF, Reid LC. **Effect of using electronic apex locators on selected endodontic treatment parameters.** J Endod. 2000 Jun;26(6):364-7.
- 6.- Garofalo RR, Ede EN, Dorn SO, Kuttler S. **Effect of electronic apex locators on cardiac pacemaker function.** J Endod. 2002 Dec;28(12):831-3.
- 7.- Goldberg F, De Silvio AC, Manfre S, Nastri N. **In vitro measurement accuracy of an electronic apex locator in teeth with simulated apical root resorption.** J Endod. 2002 Jun;28(6):461-3.
- 8.- Ibarrola JL, Chapman BL, Howard JH, Knowles KI, Ludlow MO. **Effect of preflaring on Root ZX apex locators.** Gen Dent. 1999 May-Jun;47(3):281-6; quiz 287-8.
- 9.- Jenkins JA, Walker WA 3rd, Schindler WG, Flores CM. **An in vitro evaluation of the accuracy of the root ZX in the presence of various irrigants.** J Endod. 2001 Mar;27(3):209-11.
- 10.- Kaufman AY, Keila S, y Yoshpe M. **Accuracy of a new apex locator: an in vitro study.** International Endodontic Journal, Volume 35 Issue 2 Page 186 - February 2002 doi:10.1046/j.1365-2591.2002.00468.x
- 11.- Lee SJ, Nam KC, Kim YJ, Kim DW. **Clinical accuracy of a new apex locator with an automatic compensation circuit.** J Endod. 2002 Oct;28(10):706-9.
- 12.- Lucena- Martin C, Robles- Guijón V, Ferrer- Luque CM, Navajas Rodriguez de Mondelo JM. **In vitro Evaluation of the Accuracy of Three Electronic Apex Locators.** J Endod 2004 April 30 (4): 231-233
- 13.- Meares WA, Steiman HR. **The influence of sodium hypochlorite irrigation on the accuracy of the Root ZX electronic apex locator.** J Endod. 2002 Aug;28(8):595-8.

- 14.- Oishi A, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. **Electronic detection of root canal constrictions.** J Endod. 2002 May;28(5):361-4.
- 15.- Ounsi HF, Naaman A. **In vitro evaluation of the reliability of the Root ZX electronic apex locator.** International Endodontic Journal Volume 32 Issue 2 Page 120 -March 1999 doi:10.1046/j.1365-2591.1999.00202.x
- 16.- Pagavino G, Pace R, Baccetti T. **A SEM study of in vivo accuracy of the Root ZX electronic apex locator.** J Endod. 1998 Jun;24(6):438-41.
- 17.- Saad AY, al-Nazhan S. **Radiation dose reduction during endodontic therapy: a new technique combining an apex locator (Root ZX) and a digital imaging system (RadioVisioGraphy).** J Endod. 2000 Mar;26(3):144-7.
- 18.- Thomas AS, Hartwell GR, Moon PC. **The Accuracy of the Root ZX Electronic Apex Locator Using Stainless-Steel and Nickel-Titanium Files.** J Endod 2003 Oct 29 (10); 662-663.
- 19.- Taucher E. **Bioestadística.** 2ª edición 1999 , Editorial Universitaria.
- 20.- Welk AR, Craig Baumgartner J, Marshall JG. **An In Vivo Comparison of Two Frequency-based Electronic Apex Locators.** J Endod 2003 Aug 29 (8); 497 – 500.
- 21.- Yoshida Toei Engineering Co., Ltd. **User's Manual full auto root apex locator JUSTWO.** 2001
- 22.- [http://www.jmoritusa.com/root\\_zx.asp](http://www.jmoritusa.com/root_zx.asp)