



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

LONGITUD DE TRABAJO APARENTE Y REAL EN
ENDODONCIA, EN 3D.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

NADIA ISAÍ MARTÍNEZ SANTUARIO

TUTOR: C.D. ALEJANDRO HEVIA MARMOLEJO

ASESOR: C.D. JOSÉ LUIS CORTÉS PARRA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradezco a Dios por regalarme esta gran familia, en especial por mi madre, quien a pesar de mis tropiezos, nunca dejó de creer en mí y mis capacidades; dándome siempre su apoyo incondicional, palabras de aliento, impulsando así, que no perdiera la confianza en mi. Le agradezco todos los sacrificios que hizo a lo largo de mi vida, sin ella, no hubiera llegado hasta aquí, porque por ella, soy quien soy. Así que Lili es por y para ti.

A mis dos hermanos, Jessica y Pablo, por acompañarme durante toda mi vida, aprendiendo con y de ellos, dándome sus mejores palabras y estando siempre en los mejores y no tan buenos momentos.

A Ricardo y mi compadre Andrés, por apoyar a mi familia.

A mi compañera y amiga de viajes y aventuras, Erika, por ser mi cómplice tantos años y estar presente en todo momento, siempre supe que podría confiar y apoyarme en ti.

A mi amiga, colega, compañera de trabajo y brazo derecho, Karen, por su confianza, cariño y amistad incondicional. Por tenerme paciencia, apoyarme en todo momento y acompañarme en éste nuevo inicio. Gracias por toda tu ayuda, que ha sido y seguirá siendo muy importante para mí. Sé que siempre puedo contar contigo.

A mis amigos y confidentes, Amira, Paulina, Jorge, Marcela, Guenda y Diego, que estuvieron conmigo, que me brindaron su apoyo, cariño y comprensión. Por haberme acompañado en parte de este camino, dándome siempre lo mejor de ustedes. Su influencia me ayudó a cambiar, haciéndome mejor persona, hermana, hija, amiga y estudiante. Gracias por estar conmigo cuando más los necesité.

A mis compañeros, Américo, Mabel, Verónica, Mercedes y Mitzi que pasamos por la misma aventura, aprendiendo a su lado, lo bonito de esta carrera y las satisfacciones que deja.

¡Gracias por el honor de ser parte de la vida de cada uno de ustedes, los quiero mucho!

Y por último y no menos importante, a mi Universidad, por formarme como profesionista, orgullosa de haber pertenecido a la UNAM.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
OBJETIVO	6
PROPÓSITO	7
CAPÍTULO 1 DEFINICIONES	8
1.1. Ápice radicular	8
1.2. Foramen apical	11
1.3. Vértice radiográfico	13
1.4. Efectos de la edad, parafunciones y diagnóstico en la determinación de la longitud de trabajo	14
CAPÍTULO 2 LONGITUD APARENTE	17
2.1. Definición	17
CAPÍTULO 3 LONGITUD REAL	19
3.2. Definición	19
3.3. Límite de longitud real (CDC)	19
CAPÍTULO 4 MÉTODOS DE LOCALIZACIÓN	21
4.1. Método radiográfico	21
4.2. Método táctil	23
4.3. Método electrónico	24
4.3.1. Antecedentes	25
4.3.2. Función de acuerdo a su generación	26
4.3.3. Efectos secundario	31
CONCLUSIONES	33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

INTRODUCCIÓN

La longitud de trabajo es importante para el éxito del tratamiento endodóncico, éste debe llegar hasta el conducto cemento dentinario, que se encuentra a 0.540 mm del foramen apical, y la preparación biomecánica del conducto debe hacerse dentro de estos límites².

Una desinfección adecuada microbiana, la limpieza y conformación correcta y un sellado hermético del conducto radicular dependen de la correcta determinación de la longitud de trabajo⁷.

La longitud de trabajo determina hasta donde se colocan los instrumentos en el conducto para la eliminación del detritus, metabolitos, productos finales y otros elementos indeseados del conducto¹².

Limitará la profundidad a la cual se coloca la obturación del conducto; por lo que afectará en el grado de dolor y malestar que el paciente sentirá luego de la cita, permitiendo así que los procedimientos endodóncicos se realicen dentro de los límites del conducto radicular¹².

Si es calculada correctamente, desempeñará un papel importante en el éxito del tratamiento y si es calculado incorrectamente puede resultar en el fracaso del tratamiento. Por lo cual es indispensable conocer los diferentes métodos para su determinación, así como determinar los parámetros anatómicos para su correcta medición¹².

Los métodos para determinar la longitud de trabajo incluyen sensación táctil, el conocimiento de las longitudes del conducto radicular y la anatomía, la evaluación de las radiografías preoperatorias y localizadores apicales electrónicos⁴.

OBJETIVO

La localización del foramen apical es muy variable, por lo que hay que reconocer los límites que tiene el foramen apical, logrando así el conocimiento para poder determinar acertadamente la longitud de trabajo en ENDODONCIA, que nos traerá como consecuencia un mejor pronóstico en el tratamiento.

PROPÓSITO

Conocer los diversos métodos para la determinación de la longitud de trabajo, así como el uso de los localizadores electrónicos apicales, e identificar el funcionamiento de los localizadores electrónicos apicales dependiendo de su generación, los cuales nos ofrecen un alto porcentaje de efectividad (más del 90%),

CAPÍTULO 1 DEFINICIONES

1.1. Ápice radicular

Es la punta o la terminación de la raíz determinada morfológicamente¹².

La constricción apical, también definido como un diámetro menor, representa el punto de transición entre la pulpa y el tejido periodontal en la unión cemento - dentinario histológico. La distancia media entre la unión conducto-dentina-cemento (CDC) y al foramen apical es 0,5-0,8 mm⁹ (Fig.1).

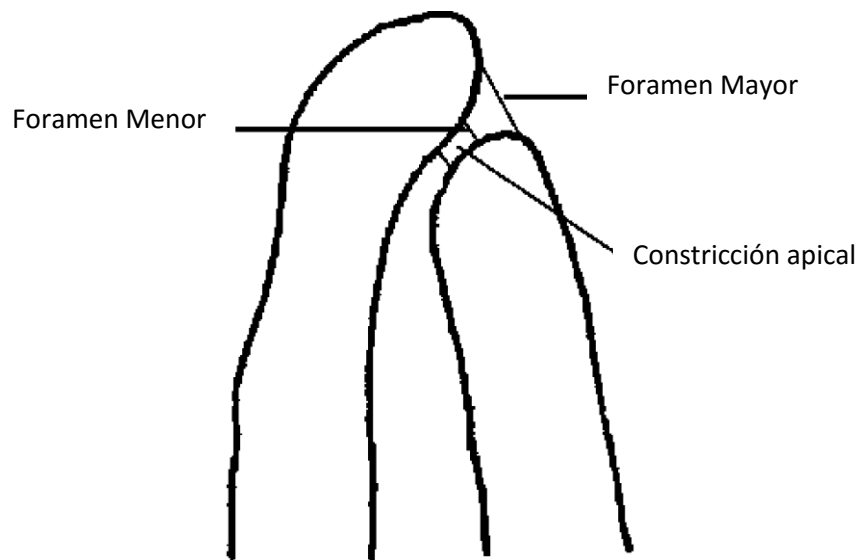


Figura 1. Anatomía de la porción apical del conducto⁶.



Fig. 2 Primer molar inferior con corte longitudinal, donde se observa la trayectoria de los conductos²⁵.



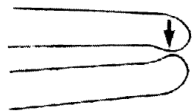
Fig. 3 Incisivo central superior con corte longitudinal, donde se observa la trayectoria del conducto²⁴.

Anatómicamente, la constricción apical (Kuttler 1955), es una ubicación lógica para la longitud de trabajo (Fig. 2 y 3), ya que a menudo coincide con el diámetro más estrecha del canal de la raíz (AAE 2.003). Sin embargo, la localización de la constricción apical clínicamente es problemática (Fig.4). Dummer et al. (1984) llegó a la conclusión de que es imposible localizar la constricción apical clínicamente con certeza debido a su posición y su topografía (Fig. 5). La unión cementodentinal también se ha sugerido como la ubicación de la longitud de trabajo, ya que representa la transición entre la pulpa y el tejido periodontal (Grove 1931)⁴.

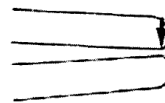


Fig. 4. Incisivo lateral superior izquierdo por su vista vestibular y mesial²⁴.

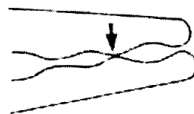
Type A: 'Traditional' single constriction



Type B: Tapering constriction



Type C: Multiconstricted



Type D: Parallel constriction



Fig. 5. Topografía de la constricción apical (de Dummer et al. 1984)³.

1.2. Foramen apical

Es la región donde el conducto deja la superficie radicular junto al ligamento periodontal (AAE 1984). Es la abertura apical del conducto radicular (Fig. 6). Con frecuencia está localizado excéntricamente lejos del ápice anatómico y radiográfico¹².



Fig. 6 Primer premolar inferior izquierdo por su vista mesial, donde se observa el foramen apical, marcado dentro del círculo²⁴.

El vértice de la raíz tiene un agujero notable (Fig. 7 y 8), por donde pasa el paquete vasculonervioso que nutre a la pulpa. Se conocen con los nombres de agujero nutricional, agujero apical o foramen apical. A cualquier altura de la raíz pueden existir normalmente agujeros accesorios o secundarios, que tienen el mismo fin, pero son de menos diámetro y a los cuales se les denomina foraminas²⁰.



Fig. 7 Foramen apical de un primer premolar inferior izquierdo por su vista mesial²⁴.



Fig. 8 Foramen apical de un primer premolar inferior izquierdo por su vista lingual²⁴.

El número de forámenes puede variar de 1 a 16, mientras que las distancias entre los forámenes apicales y el ápice de la raíz anatómica pueden variar de 0.20-3.80 mm (Fig. 9). Estas variaciones en la anatomía del foramen apical hacen que la identificación clínica de la longitud de trabajo sea prácticamente imposible⁵.

El punto de terminación de la longitud de trabajo debe reflejar el área anatómica entre la constricción apical y el foramen mayor⁵.

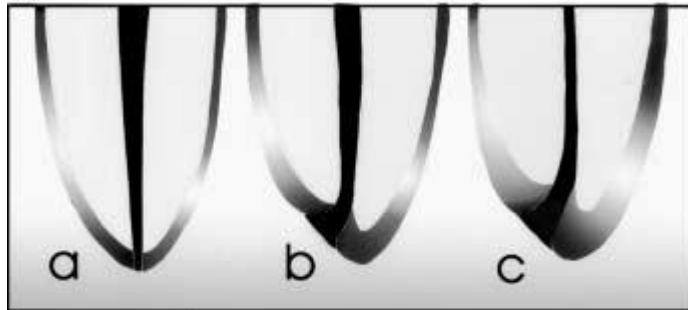


Fig. 9. Posición del foramen apical (adaptado por Kuttler)³ 1955)³.

1.3. Vértice radiográfico

Es la terminación de la raíz determinada radiográficamente¹² (Fig. 10).

El ápice radiográfico no suele coincidir con el ápice anatómico, ni con el foramen apical; en los casos en que el foramen apical es excéntrico del ápice de la raíz, el método radiográfico es a menudo inexacto y por lo general resulta en la sobre-extensión de la preparación de endodoncia ¹⁰.



Fig. 10. Radiografía de un diente lateral superior, donde se señala el vértice radiográfico del mismo

1.4. Efectos de la edad, parafunciones y diagnóstico en la determinación de la longitud de trabajo.

El cambio metabólico está asociado con una aposición cada vez mayor de células por fibras, reduciendo así el metabolismo y la consecuente cantidad de vasos sanguíneos. En este punto, la deposición apical de cemento y dentina en la región terminal de la raíz, que es constante, pasa ahora a formar una estructura denominada DELTA APICAL en pacientes de mediana edad¹⁴.

En la medida que este proceso continúa siempre asociado con las constantes cargas fisiológicas en la región apical, esta anatomía prosigue en su diferenciación. Entre otras características, también existe un aumento considerable del espesor cementario, este hecho representa el distanciamiento del foramen cementario del dentinario, por lo tanto, la distancia entre el final de la raíz y el límite CDC (fin del conducto). La anatomía apical sufre modificaciones con la edad del individuo¹⁴.

Desde el punto de vista anatómico, el ápice del diente joven (los 2 primeros años después de su erupción) que presenta un gran foramen abierto hacia el periodonto, determina que el límite de trabajo debe tomarse de 2mm antes del inicio de la apertura. Ya en los pacientes de 20 a 40 años aproximadamente, en los cuales se observa un ápice cerrado y una gran área de delta llena de arterias y venas, el límite de trabajo es de 1mm antes del vértice radiográfico¹⁴.

A medida que envejecen los dientes, la cámara pulpar se vuelve más pequeña y se localiza en un plano más apical debido a los depósitos de dentina secundaria producida por células especializadas llamadas odontoblastos que revisten la cámara pulpar. Es normal que el diámetro de un conducto radicular disminuya de tamaño con la edad, con menores dimensiones en dientes viejos debido a la adición gradual de dentina en las paredes internas²¹.

Si la pulpa dental es vital hay que establecer la longitud de trabajo por medios clínicos, lo más cerca posible de la constricción y limpiar al interior del conducto radicular. Se ha postulado que esa posición se encuentra aproximadamente de 1mm del ápice radiográfico. Esta recomendación se basa en unos principios validos de curación de las heridas: la rotura del tejido en la zona de su punto más estrecho producirá la herida más pequeña posible para su posterior curación. Además, favorecerá la regeneración tisular, y no solo la reparación, con la formación de cemento, en lugar de un solo tejido conjuntivo fibroso o de inflamación crónica persistente²³.

Si la pulpa dental no es vital, hay que establecer inicialmente la longitud de trabajo lo más cerca posible de la salida del conducto o un poco antes del orificio apical para poder limpiar el conducto en toda su longitud, erradicando de ese modo la mayor cantidad posible de bacterias y eliminando los

sustratos que podrían favorecer la regeneración y multiplicación de bacterias²³.

La distancia entre el agujero y la constricción apical depende de multitud de factores, como un mayor depósito de cemento o de reabsorción radicular. En ambos procesos influyen considerablemente distintos factores. Especialmente en los trastornos periodontales, el CDC no tiene un aspecto anatómico ni una localización predecibles, debido a la reabsorción o al depósito de cemento que pueden penetrar bastante en el conducto radicular. La posición del agujero y de la unión conducto dentina cemento (CDC) puede variar muchos, donde el ápice radiográfico directo hasta una distancia de 3mm o más de ápice radiográfico en sentido coronal, dependiendo de la morfología particular de cada raíz²³.

Los procesos patológicos que favorecen la reabsorción apical pueden destruir la constricción apical del CDC. Esto dificultará la decisión de una posición biológicamente aceptable a la que estable la longitud de trabajo. Generalmente el proceso de reabsorción da lugar a un extremo radicular con un aspecto irregular y desigual en las radiografías y con pocos indicios, acerca del lugar más adecuado para preparar un tope apical. Es posible determinar el grado de absorción del extremo radicular en la superficie proximal por el grado de pérdida dental vestibular y lingual es muy ambiguo. Si la reabsorción apical da lugar a un borde proximal desigual o festoneado en las radiografías ya se ha producido una reabsorción tridimensional considerable lo que complicará aun más la determinación de la longitud de trabajo²³.

Si conocemos las variaciones tridimensionales (reabsorción o cambios como consecuencia de la edad, de los traumatismos, del movimiento ortodóntico, de la patología perirradicular o de las afecciones periodontales), podemos

prevenir algunos daños importantes durante la determinación de la longitud de trabajo²³.

CAPÍTULO 2 LONGITUD APARENTE

2.1. Definición

- a. La longitud aparente es una medida obtenida del diente en la radiografía de diagnóstico, con la ayuda de una lupa y regla milimetrada estableciendo dos puntos de referencia: oclusal y apical (vértice radiográfico de cada raíz; se transfiere la medida, denominada A, en una ficha).
- b. Se ubica en la tabla 1, la longitud promedio del diente a ser tratado, denominado B.
- c. Se suman los valores obtenidos en A y B y se dividen en 2. Este promedio se realiza con el objetivo de preservar aun mas las estructuras periapicales.
- d. De la medida aritmética obtenida, se reducen 4mm, transfiriendo el resultado al instrumento, y se introduce en el conducto hasta que el valor del instrumento quede antes del ápice.
- e. Se mide con la ayuda de la lupa y una regla milimetrada, el espacio entre la punta del instrumento y el vértice radiográfico, denominado X y de este valor obtenido se sustrae un milímetro como medida de seguridad¹⁴.

LONGITUDES

	DIENTE	MÍNIMO	MÁXIMO	CORONA	RAÍZ	REFERENCIAL
MAXILAR	INCISIVO CENTRAL	18.2	27.7	10.5	11.5	22.0
	INCISIVO LATERAL	18.5	27.0	9.6	12.9	22.5
	CANINO	20.1	33.3	10.0	16.5	26.5
	1° PREMOLAR	16.7	25.3	8.2	12.8	21.0
	2° PREMOLAR	16.5	25.7	7.9	13.6	21.5
	1° MOLAR	V 15.6	25.1		11.7	19.0
		P 17.2	25.6	7.3	13.7	21.0
	2° MOLAR	17.0	25.23	7.2	12.8	20.0
	3° MOLAR	14.2	22.5	7.2	10.8	18.0
	INCISIVO CENTRAL	16.2	25.1	8.9	11.6	20.5
MANDIBULAR	INCISIVO LATERAL	16.7	26.2	9.3	11.7	21.0
	CANINO	19.6	31.6	10.5	14.5	25.0
	1° PREMOLAR	17.0	26.3	8.0	13.5	21.5
	2° PREMOLAR	17.2	26.7	8.0	14.0	22.0
	1° MOLAR	17.1	25.8	7.7	13.3	21.0
	2° MOLAR	17.5	25.0	7.4	12.6	20.0
	3° MOLAR	15.4	21.5	7.4	11.6	19.0

TABLA 1¹⁴

CAPÍTULO 3 LONGITUD REAL

3.1. Definición

La longitud de trabajo o conductometría real se define como “la distancia de un punto de referencia de la corona hasta el punto en el que la preparación del canal y el relleno deben terminar” (AAE 2003)⁴.

La longitud de trabajo se puede determinar con las radiografías, la sensación táctil, y localizadores apicales electrónicos. Sin embargo, las radiografías están sujetas a distorsión, la ampliación, la variabilidad de interpretación, y la falta de representación en tres dimensiones; Como resultado la longitud de trabajo generalmente se mide aproximadamente 0,5-1 mm del ápice radiográfico⁹.

3.2. Límite de la longitud real (CDC)

La unión cemento-dentinal es el punto de referencia anatómico e histológico donde el ligamento periodontal comienza y termina la pulpa. Técnicas de preparación del conducto radicular pretenden hacer uso de esta potencial barrera natural entre el contenido del canal y los tejidos apicales (Schilder 1967). Se acepta generalmente que la preparación y obturación del canal de la raíz deben estar en o por debajo de la constricción apical³ (Fig. 11).



Fig. 11. Corte longitudinal de un central superior, donde se observa la unión CDC²⁴

Grove (1930) declaró que “el punto adecuado para que los conductos radiculares deben llenarse es la unión de la dentina y el cemento y que la pulpa debe ser cortada en el punto de su unión con la membrana periodontal”³.

La instrumentación del canal radicular debe idealmente terminar en la constricción apical. Esta hipótesis es soportada por Kuttler, quien demostró que en promedio la constricción apical estaba de 0.524 a 0.659 mm coronal al foramen apical².

Stein y Corcoran reiteraron que el punto de medición visto en una radiografía es el vértice apical, no siempre coincide con el foramen menor o el CDC; los localizadores apicales eliminan este problema debido a que sus lecturas no se relacionan con el vértice sino con la constricción apical².

CAPÍTULO 4 MÉTODOS DE LOCALIZACIÓN

4.1. Método radiográfico

La determinación radiográfica de la longitud de trabajo tiene limitaciones, tales como la distorsión, el acortamiento y la elongación, la variabilidad interpretación y falta de representación tridimensional. La longitud de trabajo a 1 mm del ápice radiográficos puede resultar en sobre o debajo de la instrumentación, debido a la variabilidad en la distancia entre el foramen apical y el ápice radiográficos (Gutiérrez y Aguayo 1995)⁴.

La longitud de trabajo se obtiene radiográficamente mediante la colocación de la punta de una lima a una cierta distancia, por lo general 1,0 mm, desde el ápice radiográfico. Wrbas et al. (2007) instó a la precaución para evitar la sobre estimación de la longitud de trabajo porque el agujero con frecuencia no estaba en el ápice⁴.

La determinación precisa o incluso la estimación de la constricción apical del canal no es posible con la radiografía debido a la variación anatómica o errores en la proyección⁶.

Pasos para la determinación de la longitud de trabajo por el método radiográfico.

- a) Medir el diente en la radiografía preoperatoria.
- b) Restar un margen de seguridad mínimo de 1.0mm por la posible distorsión, o amplificación de la imagen.
- c) Fijar la regla endodóntica a este nivel de trabajo tentativo y ajustar el tope sobre el instrumento a ese nivel.

- d) Colocar el instrumento dentro del conducto hasta que el tope se encuentre en el punto de referencia a menos que se presente dolor, caso en el cual se deja el instrumento a ese nivel y se vuelve a ajustar el tope hasta este nuevo punto de referencia.
- e) Exponer y revelar la radiografía.
- f) Sobre la radiografía, medir la diferencia entre el extremo del instrumento y el extremo de la raíz.
- g) De esta longitud ajustada del diente restar 1.0mm para coincidir con la terminación apical del conducto radicular antes de la unión del cemento con la dentina.
- h) Fijar la regla endodóntica a este nuevo nivel, corrigiendo y ajustando de nuevo el tope sobre el instrumento explorador.
- i) Tomar una radiografía para confirmar la longitud ajustada.
- j) Cuando la longitud del diente haya sido confirmada con precisión, volver a fijar la regla endodóntica a esta medida.
- k) Registrar la longitud de trabajo final, así como el punto de referencia¹⁹.

Técnica Ingle

Indicada para dientes sin corona.

- a. Frente a la radiografía de diagnóstico, obtenida con la técnica de paralelismo, se mide la distancia que va de la corona del diente hasta el ápice (referencia desde zona radiográfica más oclusal hasta el vértice apical radiográfico). De esa longitud obtenida, longitud aparente, se sustraen 3 mm como margen de seguridad de las distorsiones radiográficas y así se respetan los tejidos apicales circunvecino.
- b. Se transfiere esa nueva medida hacia el instrumento con la ayuda de una regla y se fija la medida en el instrumento con el tope, obteniendo

así la longitud real del instrumento. El instrumento entonces será introducido en el interior del conducto radicular y de deberá realizar una nueva toma radiográfica.

- c. Verificamos en la nueva medida denominada de X. Consiste en la medida obtenida entre el espacio que va desde la punta del instrumento hasta el vértice radiográfico.
- d. Esta X será sumada a la longitud real del instrumento obteniéndose la longitud real del diente.
- e. Para determinar la longitud de trabajo real, la lima deberá posicionarse 1mm antes del vértice radiográfico, en donde: longitud real de trabajo= (longitud real del instrumento + X) -1mm. La nueva medida es llevada al instrumento y una nueva toma de radiografía para confirmar la zona de trabajo¹⁴.

4.2. Método táctil

La sensación táctil es de utilidad, en especial cuando previamente se han ensanchado las porciones coronales del conducto. Se confía en ella al introducir la lima en la exploración del conducto. Sin embargo, no puede confiarse solo en ella para determinar la longitud de trabajo. Algunos clínicos creen, de modo erróneo, que es fiable en los dientes con necrosis pulpar. En ellos, la última estructura que se destruye son las fibras nerviosas. En otros casos sucede lo contrario: el paciente no advierte dolor cuando el instrumento penetra algunos milímetros en el periapice, lo que podría causar una pésima preparación de la zona apical del conducto y una innecesaria exacerbación de la patología presente²².

Se introduce una lima en el conducto hasta que se crea que la parte más estrecha del conducto radicular ha sido alcanzada. Entonces se toma una radiografía al diente. Después del revelado, se determina la relación entre la punta del instrumento y el ápice radicular y se cambia la posición de la lima en consecuencia¹².

La sensibilidad táctil puede resultar muy útil en los conductos anchos que se van estrechando; sin embargo, en los conductos pequeños y cilíndricos el grado de estrechamiento de las limas puede ser superior al de los conductos y pueden atascarse en la zona coronal, dando la falsa sensación de una constricción¹⁵.

4.3. Método electrónico

El uso de la radiografía solo para determinar la longitud de trabajo generalmente se requiere más que el uso de localizadores apicales electrónicos. Las variables que no interfieren con la longitud de trabajo fueron el sexo, la edad, el tipo de diente, presencia de patología apical, humedad canal, y el tipo de localizador de ápice. Diagnóstico de pulpa y retratamiento presentan resultados contradictorios que pueden influir en la medición de longitud. El uso de un localizador apical electrónico reducida la exposición a la radiación del paciente⁸.

El uso de los localizadores apicales electrónicos para la determinación correcta de la longitud de trabajo es una ayuda clínica valiosa; se ha demostrado que los resultados histológicos después del tratamiento endodóncico son superiores cuando la instrumentación y la obturación se encuentran dentro de los límites del estrechamiento apical CDC².

Los localizadores apicales electrónicos tienen el potencial de facilitar el reconocimiento del instrumento en el interior del canal, lo que permite mayor precisión en la determinación in vivo de la longitud de trabajo (Gordon & Chandler 2004)⁴.

La solución irrigante de hipoclorito de sodio al 5.25%, además de sus propiedades bactericidas y disolvente de tejidos entre otras, actúa también como medio electroconductor².

4.3.1. Antecedentes

Suzuki describió en experimentos en perros en 1942 que la resistencia eléctrica entre el ligamento periodontal y la mucosa oral tiene un valor constante de 6.5Ω (Resistencia eléctrica que existe entre dos puntos de un conductor cuando una diferencia de potencial constante de 1 voltio, aplicada entre estos dos puntos, produce, en este conductor, una corriente de 1 amperio)¹³.

Los localizadores electrónicos de ápice dependientes de la frecuencia usan tecnología más avanzada y miden la diferencia de impedancia (oposición del flujo a la corriente alterna¹²) entre las dos frecuencias o el radio de las dos o más impedancias eléctricas¹³.

Conforme el instrumento se mueve hacia el ápice, la diferencia de impedancia se hace mayor y muestra el valor en la constricción apical, dando el mayor resultado en esta localización. La exactitud de los localizadores electrónicos de ápice contemporáneos es muy alta con un nivel de tolerancia de 0.5mm¹³.

La determinación de la longitud de trabajo después del preensanchado coronal, se minimiza el riesgo de sobreinstrumentación¹³.

El desarrollo de localizadores apicales electrónicos tiene la determinación de la longitud de trabajo más predecible y precisa, las generaciones modernas de los localizadores apicales electrónicos han superado sus deficiencias anteriores y permitir la medición en húmedo dentro de los canales¹⁰.

A medida que el diámetro del canal de la raíz aumenta, la longitud medida con los instrumentos de menor tamaño se hizo más corto. Esto sugiere que el tamaño del diámetro del canal radicular se debe estimar y un instrumento cómodo de ajuste debe ser elegido para la medición de la longitud del canal radicular en presencia de sangre, y posiblemente suero o pus¹⁷.

4.3.2. Función de acuerdo a su generación

La clasificación se basa en el tipo de flujo de la corriente y la oposición del flujo de la corriente así como el número de frecuencias implicadas¹².

Primera generación

También se conocen como “localizadores apicales de resistencia”. El Root Canal Meter fue desarrollado en 1969. Utiliza el método de la resistencia y la corriente como una onda sinusoidal de 150Hz. Se realizaron mejoras y se presentó como el Endodontic Meter y el Endodontic Meter S II, el cual usa una corriente menos a 5 A¹².

Principio

Cuando la punta del instrumento alcanza el ápice en el conducto, el valor de la resistencia es de 6,5 kilo ohmios (corriente eléctrica, 40 mA). Se ha

demostrado que los localizadores del ápice basados en la resistencia son exactos en condiciones secas dentro del conducto¹².

Segunda generación

Se conocen como localizadores del ápice de “impedancia”. La impedancia incluye la resistencia y la capacitancia y tiene un trazo sinusoidal de amplitud. La propiedad es utilizada para medir la distancia en diversas condiciones del conducto mediante el uso de distintas frecuencias¹².

El cambio al método de medición por frecuencia fue desarrollado por Inoue en 1971. El sonido del dispositivo indica el límite apical, de modo que algunos clínicos pensaban erróneamente que mide usando ondas acústicas¹².

Principio

Mide la oposición del flujo a la corriente alterna, o impedancia¹².

Tercera generación

Estos dispositivos son dependientes de la frecuencia¹².

Principio

Estos instrumentos utilizan frecuencias múltiples para determinar la distancia del extremo del conducto. Estas unidades tienen microprocesadores de gran alcance y pueden procesar el cociente matemático y los cálculos del algoritmo requerido, confirmando lecturas exactas (Fig. 12 y 13)¹².

Un tejido a través del cual fluyen dos corrientes alternas de frecuencias distintas <obstaculizará> más a la corriente de frecuencia baja que a la corriente de frecuencia más alta. El componente reactivo del circuito puede cambiar conforme cambia la posición de una lima en el conducto¹².

Puesto que estos dispositivos miden la impedancia y no la frecuencia y que las magnitudes relativas de las impedancias se convierten en la <información de la longitud>¹².

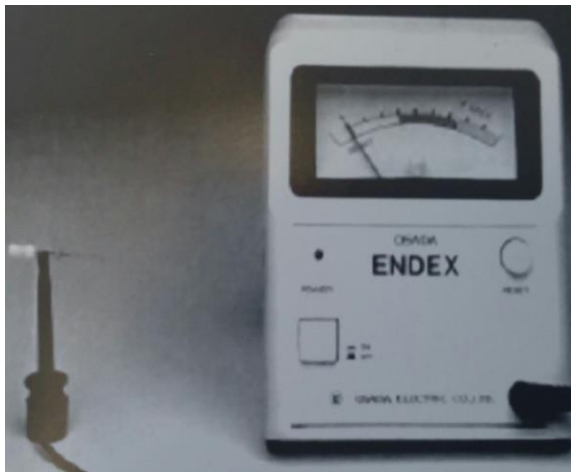


Fig. 12. Localizador de ápice Endex¹².



Fig. 13. Localizador de ápice Endo Analyzer 8005¹².

Cuarta generación

Usa dos frecuencias separadas de 0,4 y 8 kHz similar a las unidades actuales de tercera generación. La combinación de usar solamente una frecuencia a la vez y de basar las mediciones en los valores radicales promedios al cuadrado (rms) de las señales aumenta la exactitud de la medida y la confiabilidad del dispositivo (Fig. 14 y 15) ¹².

Toma las medidas de resistencia y capacitancia, y las compara con una base de datos para determinar la distancia al ápice del conducto radicular. Utiliza una forma de onda compuesta de dos señales de 0,5 y 4kHz. Las señales pasan a través de un convertidor de digital a analógico transformándose en una señal analógica, que entonces pasa por la amplificación y enseguida al

modelo del circuito del paciente que se supone que es una resistencia y un condensador en paralelo¹².

Un lado del circuito del localizador del ápice está conectado a un instrumento endodónico y el otro lado está conectado al labio del paciente o por un electrodo sostenido en la mano del paciente. El circuito eléctrico se completa cuando el instrumento endodónico es avanzado apicalmente dentro de la raíz hasta tocar el tejido periodontal¹²

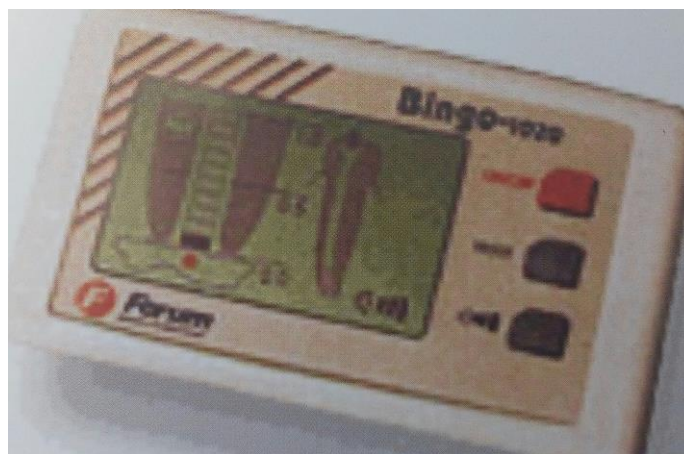


Fig. 14. Localizador apical electrónico Bingo-1020¹².



Fig. 15. Localizador apical electrónico Raypex-5¹².

Quinta generación

En el 2003 se introdujo Elements Diagnostic Unit and Apex Locator (SybronEndo, Anaheim, CA, USA), es un aparato que tiene vitalómetro pulpar y localizador apical (Fig.16). El equipo no procesa la información de la impedancia como un cálculo de un logaritmo matemático como lo hacían los localizadores de tercera generación, sino que mide los valores de resistencia y capacitancia y los compara con los números que tiene en una base de datos. De esta manera determina la distancia a la que se encuentra un instrumento hasta llegar al ápice. Utiliza dos señales de 0.5 y 4 Khz. El fabricante asegura que se producen menos errores por medición y que es de alta precisión²⁶.

Al Root ZX lo modificaron e incorporaron una pieza de mano para determinar la longitud de trabajo en los casos que se utilicen limas rotatorias. Comercialmente se lo conoce como Tri Auto ZX y Dentalport ZX (Fig. 17). Los estudios reportan que tiene una precisión similar al Root Zx de 95%. El motor tiene algunas características de seguridad como auto reversa cuando la lima ha alcanzado la constricción apical²⁶.



Fig. 16. Localizador apical de 5ta generación²⁶.



Fig. 17. Localizador apical electrónico Root ZX ²⁶.

Algunos autores identifican los aparatos de la cuarta generación que incorporan un procesador matemático en el localizador de foramen como una quinta generación²⁶.

4.3.3. Efectos secundarios

Históricamente, el consultorio dental se ha percibido como un ambiente potencialmente peligroso para los pacientes con marcapasos, debido a la presencia y el uso de los instrumentos eléctricos durante el tratamiento dental. En 1974, Woolley et al. mostró que el equipo dental, incluyendo probadores de pasta desensibilizante, equipos y unidades de electrocirugía interferido con un marcapasos cardíaco, lo que lleva a consecuencias potencialmente graves. Un año más tarde, Simon et al. encontró que los equipos dentales no tuvo efecto en 11 de 12 diferentes modelos de marcapasos estudiados. Ambos estudios fueron realizados in vivo¹⁶

Curiosamente, el manual de instrucciones para muchos localizadores apicales electrónicos, claramente advierte contra el uso de estos dispositivos en pacientes con marcapasos, a pesar de que no se han publicado estudios para probar o refutar dicha práctica¹⁶.

Ha habido grandes mejoras en la tecnología de marcapasos en los últimos decenios. Marcapasos fabricados antes de 1975 utilizan componentes electrónicos discretos encapsulados en un caso de epoxi transparente. La interferencia electromagnética (EMI) podría fácilmente penetrar en el marcapasos y afectar a los circuitos electrónicos. La electrónica de los marcapasos modernos están protegidos en una caja metálica sellada herméticamente con condensadores que filtran con eficacia las señales de EMI. Debido a que los nuevos marcapasos son menos susceptibles a las

interferencias, los resultados de los estudios realizados en el pasado ya no sean aplicables¹⁶.

Aunque es bien sabido que los resultados in vitro no se pueden transferir directamente a la práctica clínica, varios factores llevan a los autores a creer que la interferencia marcapasos por lo demás es muy poco probable. En primer lugar, nunca se puede conectar directamente a los cables de marcapasos en un entorno clínico. En lugar de ello, el circuito producido por los localizadores apicales electrónicos se limita a la región de la cabeza, más o menos 10 a 12 pulgadas desde el corazón, y no atraviesa el pecho. Pinsky y Trohman afirmaron que los campos electromagnéticos disminuyen con la inversa del cuadrado de la distancia desde la fuente. En segundo lugar, el caso de titanio o de acero inoxidable del marcapasos servirá como un escudo EMI, reduciendo los efectos de la EMI en el dispositivo. En tercer lugar, los tejidos del cuerpo que rodean el marcapasos pueden servir como aislante, por lo tanto blindaje adicional, el dispositivo de EMI. Por último, la mayoría de los localizadores apicales electrónicos operan con una batería de 7-9 V, resultando en señales de bajo nivel¹⁶.

Por las razones expuestas anteriormente, la interferencia con la estimulación cardíaca demostró in vitro puede no ocurrir in vivo¹⁶.

Los fabricantes de los localizadores electrónicos apicales siguen advirtiendo contra el uso de sus dispositivos en pacientes con marcapasos cardiacos a pesar de la ausencia de evidencia para apoyar tales afirmaciones. Cuatro de cinco localizadores apicales electrónicos probados mostraron ningún efecto sobre la función de marcapasos cardíaco in vitro. Los resultados sugieren que los localizadores apicales electrónicos se pueden utilizar de forma segura en pacientes con marcapasos¹⁶.

CONCLUSIONES

Hallazgos indican que los localizadores apicales electrónicos no son ni fiables al 100%, ni consistente en la determinación del foramen apical, y mucho menos en la constricción apical que es un punto final de la instrumentación del conducto radicular recomendado. Por lo tanto, localizadores apicales electrónicos deben combinarse con otros métodos de determinación de la longitud de trabajo, la radiografía siendo actualmente el más utilizado habitualmente en la práctica clínica¹⁰.

Por supuesto, que se haya producido una estrecha concordancia de métodos radiográficos y electrónicos no garantiza por completo la longitud de trabajo correcta, pero da una menor probabilidad de un grave error¹⁰.

La constricción apical no se puede detectar radiográficamente, en el método radiográfico, la longitud de trabajo es en realidad una estimación basada en la distancia media entre la constricción y el mayor foramen. Por lo tanto, a menudo se mide la longitud de trabajo de 0,5-1 mm del ápice radiográfico. Sin embargo, el principal foramen no siempre coincide con el vértice anatómico, pero puede estar situado lateralmente (Kuttler 1955, Dummer et al. 1984, El Ayouti et al. 2002) y a una distancia de hasta 3 mm desde el vértice anatómica (verde 1955, Dummer et al. 1984). Las razones anteriores podrían explicar la sobreestimación común de la longitud de trabajo radiográfica (ElAyouti et al. 2001, Williams et al. 2006)¹¹.

La limpieza y el modelado del sistema de conductos radiculares es una parte esencial del tratamiento de conducto con el fin de eliminar la pulpa inflamada o necrótica y microorganismos asociados. La determinación de la longitud de trabajo en el tratamiento de conducto es un aspecto importante del proceso,

ya que se ha demostrado que un mejor resultado a largo plazo se puede predecir si el relleno de la raíz se limita al sistema de conductos radiculares¹⁸.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jung-A Kang, Sung Kyo Kim, Daegu. Accuracies of seven different apex locators under various conditions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106:e57-e62.
2. Bernal V., Martínez R., Muñoz D., Alzate D. Evaluación in vitro de la exactitud del localizador apical miniapex (sybronendo). *Duazary. Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud* 2011, Vol. 8 N° 1.
3. Gordon M., Chandler N. Electronic apex locators. *International Endodontic Journal* 2004; 37, 425-437.
4. Vieyra J., Acosta J. Comparison of working length determination with radiographs and four electronic apex locators. *International Endodontic Journal*. 2011; 44, 510-518.
5. Tsesis I, Blazer T, Ben-Izhack G, Taschieri S, Fabbro M, Corbella S, Rosen E. The Precision of Electronic Apex Locators in Working Length Determination: A Systematic Review and Meta-analysis of the Literature. *JOE*. 2015; Vol. 41 N° 11.
6. Hoer D., Attin T. The accuracy of electronic working length determination. *International Endodontic Journal*. 2004; 37, 125-131.
7. Camargo E, Ordinola R, Leal P, Monteiro C, Bernardineli N, Brandão R, Gomes I, Húngaro M. Influence of Preflaring on the Accuracy of Length Determination With Four Electronic Apex Locators. *JOE*. 2009; Vol. 35 N° 9.
8. Chandler N. Electronic Apex Locators May Be Better at Determining Endodontic Working Length Than Radiographs and Could Reduce Patient Radiation Exposure. *J Evid Base Dent Pract* 2015; 15: 28-29.

9. Mancicni M, Felici R, Conte G, Costantini M, Cianconi L. Accuracy of Three Electronic Apex Locators in Anterior and Posterior Teeth: An Ex Vivo Study. JOE 2011. Vol. 37 N° 5.
10. Milanovic I, Ivanovic V, Vujaskovic M, Ignjatovic S, Miletic V. Accuracy of three electronic apex locators in determining the apical foramen in multi-rooted teeth: Randomised clinical and laboratory study. Australian Endodontic Journal. 2015; 41: 35-43
11. Lucena C, López J, Martín J, Robles V, González M. Accuracy of working length measurement: electronic apex locator versus cone-beam computed tomography. International Endodontic Journal. 2014; 47: 246-256.
12. Rao NR. Endodoncia Avanzada. Bogotá: Amolca; 2011. Pp. 115-132.
13. Bergenholtz G, Hørsted-Bindslev P, Reit C. Endodoncia. 2da ed. México. Manual Moderno. 2011 Pp.179.
14. Lima Machado ME. Endodoncia de la Biología a la Técnica. Sao Paulo: Amolca; 2009. Pp. 213-228.
15. Torabinejad M, Walton R. Endodoncia principios y práctica; 4ta ed. España: Elsevier; 2010. Pp. 252-256.
16. Garofalo R, Ede E, Dorn S, Kuttler S. Effect of Electronic Apex Locators on Cardiac Pacemaker Function. Journal of Endodontics. 2002. Vol. 28 N° 12.
17. Ebrahim A, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. The effects of file size, sodium hypochlorite and blood on the accuracy of Root ZX apex locator in enlarged root canals: an *in vitro* study. Australian Dental Journal 2006;51:(2):153-157
18. Jarad F, Albadri S, Gamble C, Burnside G, Fox K, Ashley J, Peers G, Preston A. Working length determination in general dental practice: a randomized controlled trial. British Dental Journal 2011; 211: 595-598.
19. Ingle J. Endodoncia. 3ra ed. México: Interamericana; 1988. Pp. 194-199.
20. Esponda R. Anatomía Dental. 7 ed. México; UNAM. 1994. Pp. 59-63.

21. Woelfel. Anatomía Dental. 8va ed. México; Wolters Kluwee; 2001. Pp.239.
22. Canalda C, Brau E. Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas. 3ra ed. México: Elsevier Masson; 2014. Pp.173.
23. Gutmann J., Lovdahl P. Solución de problemas en endodoncia. Prevención, identificación y tratamiento. 5ta ed. México: Elsevier Masson; 2012. Pp. 177-193.
24. Fotografía de diente natural proporcionada por Nadia Isaí Martínez Santuario y tomadas en la sala de Realidad Virtual de la Facultad de Odontología, UNAM por el Mtro. Ricardo Ortiz Sánchez.
25. Treviño K. Errores en la realización del acceso endónico, en 3D. Universidad Nacional Autónoma de México. México 2016. Pp. 44
26. UNAM, Fes Iztacala: Universidad Nacional Autónoma de México, Fes Iztacala [internet]. México D.F: Dr. Ricardo Rivas Muñoz; [2011, 02 de abril 2016]. Nota para el estudio de Endodoncia. Disponible en: <http://www.iztacala.unam.mx/rrivas/NOTAS/Notas19Tecnologia/locevol5.html>