



UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Facultat de Medicina i Odontologia
Departament d'Estomatologia

Unitat Docent de Patologia i Terapèutica Dentàries

Tesis Doctoral

**“APORTACIÓN METODOLÓGICA A LA
DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE
TRABAJO EN ENDODONCIA.”**

Presentada por el licenciado:

D. Miguel Ángel Martínez Lozano

Para acceder al grado de Doctor en Odontología.

Dirigida por:

Prof. Dr. D. Leopoldo Forner Navarro.

Dr^a. D^a. M^a Carmen Llena Puy

València, 1998

“De la incapacidad para dejar solos a los que están bien; del celo en demasía para lo novedoso y del rechazo para lo que es antiguo; de anteponer el conocimiento frente a la sabiduría, la ciencia frente al arte, y la astucia frente al sentido común; de tratar a los enfermos como casos; de convertir la curación de la enfermedad en más penosa que la duración de la misma, líbranos Señor Dios”.

Sir Robert Hutchinson.

AGRADECIMIENTOS

Al Prof. Dr. D. Leopoldo Forner Navarro y a la Dr^a. D^a. M^a Carmen Llena Puy, por la dirección de la presente Tesis Doctoral y por su afán de obtener siempre algo mejor.

Al Prof. Dr. D. Vicente Almenar de la Universidad de Alicante por su amable y grata colaboración.

A mi buen amigo José Luis Sánchez.

Al Dr. D. Rafael Miñana.

A todos los componentes de la Unidad Docente de Patología y Terapéutica Dental.

A Antonio Parra por su asesoramiento informático.

A la memoria de todas aquéllas personas que un día fueron portadoras de los dientes empleados en este estudio.

A mi esposa, por tantas horas de trabajo y ausencia compartidas y comprendidas, y por el regalo de su perfecta compañía.

A mis padres, pilares de mi educación.

A mis hermanos, símbolos de gran relación.

INTRODUCCIÓN

Las significativas posibilidades de aplicación a la Odontología fueron materializadas catorce días después del pronunciamiento de Roentgen, cuando el doctor Otto Walkoff hizo la primera radiografía dental en su propia boca. A los cinco meses, en Estados Unidos, el doctor William James describió el aparato de Roentgen y mostró varias radiografías. Tres meses después, el doctor C. Edmund Kells dió la primera conferencia en este país sobre el empleo de la radiografía para usos dentales (Ingle y Taintor, 1987).

Tres años más tarde (1899), Kells utilizaba la radiografía para determinar la longitud de los dientes durante la terapéutica de los conductos radiculares. “Me encontraba intentando obturar el conducto de un incisivo central superior”,....., “se me ocurrió colocar un alambre de cobre en este conducto radicular y hacer una radiografía para determinar si se extendía o no hasta el extremo de la raíz”, dijo Kells más tarde. El alambre de cobre se observó con toda claridad en el conducto (Glenner, 1975).

Una de las aplicaciones de los rayos de Roentgen o rayos X, es la de estimar y confirmar la longitud de los conductos radiculares antes de la instrumentación endodóncica (Walton, 1990).

Las expectativas y especulaciones inicialmente entusiastas sobre los efectos curativos de las radiaciones se transformaron posteriormente, a causa de las consecuencias devastadoras de los lanzamientos de bombas atómicas a finales de la Segunda Guerra Mundial, en un profundo escepticismo hacia todo lo relacionado con los términos atómico y radiactivo.

La brusca elevación de los valores de exposición en nuestro siglo se ha producido posiblemente en un plazo de tiempo demasiado breve como para poder promover procesos somáticos de adaptación.

A través de la incidencia del cáncer observada a dosis de radiaciones altas se infiere linealmente el efecto patológico de dosis menores. No existe ninguna dosis que resulte inocua, por lo que debe ser evitada cualquier exposición innecesaria a la radiación.

En la manipulación cotidiana de las instalaciones de rayos X, cada vez se hace más manifiesta la necesidad de protegerse de las radiaciones, ya que según el estado de los conocimientos actuales

de la Medicina, todavía no es posible descartar la peligrosidad de dosis mínimas (Hillenbrand, 1990).

Ante todo este panorama, estamos en la obligación de buscar soluciones de radiodiagnóstico alternativas, o en todo caso, que disminuyan los niveles de radiación necesarios.

1.1. EL DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO EN ENDODONCIA.

Según Weine (1991), la radiografía constituye la ayuda diagnóstica más importante en Endodoncia ya que es el único método fiable para conseguir información sobre la cámara pulpar y los tejidos periapicales. Una radiografía preoperatoria realizada correctamente, ha de ofrecer la siguiente información sobre el diente:

- longitud total aproximada;
- anchura mesio-distal del espacio pulpar;
- posición del orificio de entrada al conducto radicular en relación al resto de elementos de la corona;
- posibles curvaturas de la raíz;
- posición del orificio apical: la radiografía indica si el orificio se sitúa en la superficie mesial o distal y si su salida tiene lugar a corta distancia del ápice radiológico, sin embargo, no permite averiguar si el foramen apical se encuentra en la superficie vestibular o lingual de la raíz;
- existencia de zonas de radiolucidez periapical; y,
- defectos periodontales.

La modificación de la angulación horizontal del cono permite al operador realizar proyecciones adicionales desde mesial o distal, obteniendo información sobre:

- número de raíces. En la proyección directa las raíces adicionales se superponen y proporcionan una imagen falsa;
- número de conductos; y,
- curvaturas radiculares hacia vestibular o lingual.

1.2. LIMITACIONES DE LOS RX EN EL DIAGNÓSTICO ENDODÓNICO.

La radiografía tiene sus limitaciones en el tratamiento endodónico. Sólo ofrece sugerencias, por lo que no debe considerarse la prueba final singular para juzgar cualquier problema clínico. Deberá existir correlación con otros datos objetivos y subjetivos.

El mayor defecto de la radiografía está relacionado con su estado físico; se trata de una sombra, y como tal sólo se observan dos dimensiones en una sola película.

Como en el caso de cualquier sombra, estas dimensiones pueden estar distorsionadas con facilidad debido a técnicas inadecuadas y a limitaciones anatómicas. Además, la dimensión de vestibular a lingual no se observa en una sola película y suele ser olvidada, aunque existen técnicas para definir esta tercera dimensión, como puede ser la de Clark (Walton, 1990). Esta técnica consiste en variar la angulación horizontal del haz central de rayos X. Mediante este método pueden separarse conductos sobrepuestos. La regla de Clark establece que “el objeto más distante del cono (lingual) se mueve hacia la dirección del cono”; o dicho de otra manera y aplicando el artificio mnemotécnico MLM: “apuntar el cono desde el aspecto mesial hará que la raíz lingual siempre se encuentre hacia mesial”. Otra aplicación de la regla de Clark es: “apuntar desde mesial hará que la raíz vestibular siempre se encuentre hacia distal (siglas MVD)”.

Las dificultades y errores inherentes a la interpretación radiográfica fueron demostrados con toda claridad por Goldman (1972), quien

presentó radiografías de control de tratamientos endodóncicos para su evaluación clínica a un grupo de radiólogos y endodoncistas. Éstos evaluaron los éxitos y fracasos mediante la observación de radiodensidades. Se presentaron más desacuerdos que acuerdos entre los examinadores.

Grady y Clausen (1975) demostraron lo difícil que es determinar radiográficamente el punto en el que el canal radicular emerge en la superficie radicular, es decir, localizar el foramen apical. Sus radiografías de dientes extraídos comparadas con fotografías de perforaciones por instrumentos antes del ápice, constituyen una advertencia para todos.

1.3. IMPORTANCIA DE UNA CORRECTA CONDUCTOMETRÍA EN ENDODONCIA.

La determinación precisa de la longitud del conducto radicular es un factor clave para el éxito de la terapia endodóncica.

Es de todos aceptado que la preparación y obturación del conducto debe finalizar a nivel de la unión cemento-dentinaria, lo cual ha de ser definido como el punto más apical de la pulpa dental (Grove, 1930).

Ingle y Taintor (1987) determinaron las longitudes media, máxima y mínima de todos los grupos de dientes (Tablas 1.1 y 1.2).

Según Weine (1991) es indispensable conocer la anatomía interna del diente a tratar. Midió la longitud de trabajo en más de 9.000 casos. La longitud media se determinó desde la punta de la cúspide hasta el ápice del diente medio. La longitud máxima consistió en la medición del diente a nivel del percentil 95. La longitud mínima a nivel del percentil 5 (Tabla 1.3).

En el curso del tratamiento endodóncico, después de haber completado el acceso adecuado a través de la corona y de haber explorado para buscar los conductos, el acto más importante para asegurar el éxito del tratamiento, es la correcta determinación de la longitud del diente antes de la preparación radicular.

El procedimiento para determinar la longitud del diente establece la extensión apical de la instrumentación y el último nivel apical de la obturación del conducto radicular.

	Promedio	Máxima	Mínima
Incisivo central	23'3	25'6	21'0
Incisivo lateral	22'8	25'1	20'5
Canino	26'0	28'9	23'1
Primer premolar	21'8	23'8	18'8
Segundo premolar	21'0	23'0	19'0
Mesiovest primer molar	19'9	21'6	18'2
Distovest. primer molar	19'4	21'2	17'6
Palatino primer molar	20'6	22'5	17'6
Mesiovest segundo molar	20'2	22'2	18'2
Distovest. segundo molar	19'4	21'3	17'5
Palatino segundo molar	20'8	22'6	19'0

Tabla 1.1. Longitudes de los dientes maxilares (en mm) según Ingle y Taintor (1987).

	Promedio	Máxima	Mínima
Incisivo central	21'5	23'4	19'6
Incisivo lateral	22'4	24'6	20'2
Canino	25'2	27'5	22'9
Primer premolar	22'1	24'1	20'1
Segundo premolar	21'4	23'7	19'1
Mesial primer molar	20'9	22'7	19'1
Distal primer molar	20'9	22'6	19'2
Mesial segundo molar	20'9	22'6	19'2
Distal segundo molar	20'8	22'6	19'0

Tabla 1.2. Longitudes de los dientes mandibulares (en mm) según Ingle y Taintor (1987).

	Promedio	Máxima	Mínima
MAXILAR			
Incisivo central	23'0	28'0	18'0
Incisivo lateral	22'5	27'0	17'0
Canino	27'0	32'0	20'0
Primer premolar	21'0	24'0	17'5
Segundo premolar	21'0	25'0	17'0
Primer molar	20'5	24'5	17'0
Segundo molar	20'0	24'0	17'0
MANDIBULAR			
Incisivo central	21'0	25'0	16'0
Incisivo lateral	21'0	25'0	16'0
Canino	24'0	30'5	20'0
Primer premolar	21'5	25'0	17'0
Segundo premolar	22'0	25'0	17'0
Primer molar	21'0	24'5	18'0
Segundo molar	20'0	24'0	17'0

Tabla 1.3. Dimensiones longitudinales de los distintos tipos de dientes (Weine, 1991).

El no determinar con precisión la longitud del diente, puede conducir a la perforación apical y a la sobreobturación, acompañadas frecuentemente de dolor postoperatorio. Además, puede anticiparse un período de reparación prolongado y mayor

índice de fracasos debido a la regeneración incompleta de cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar.

El no determinar con precisión la longitud dentaria, también puede conducir a la instrumentación incompleta y a la obturación deficiente, con los problemas concomitantes. Entre éstos puede hacerse notar el dolor persistente y la molestia debidos a la retención e inflamación de tejido pulpar. Además, puede formarse un escalón antes del ápice, lo que podría imposibilitar el retratamiento.

1.4. IMPLICACIONES DE LA ANATOMÍA APICAL EN EL TRATAMIENTO ENDODÓNCICO.

El gran dilema que se plantea el profesional en Endodoncia, es hasta dónde debe llevar los instrumentos dentro del conducto y, por lo tanto, en qué punto debería localizarse el final de la obturación.

La respuesta se derivará de los factores histológicos, fisiológicos y anatómicos que forman y regulan el área apical y periapical.

Desde el punto de vista histológico, la pulpa dental no es necesaria para la supervivencia y regeneración del periápice.

Este hecho demostrado por la infinidad de dientes depulpados con éxito a lo largo de los años, es tanto más asombroso cuanto que los estudios histológicos demuestran que el tejido conectivo de la membrana periodontal y de la pulpa forman un ensamblaje que no se puede separar. Sus anastomosis explican su dependencia recíproca y, sin embargo, determinadas características propias de cada una de ellas hacen posible el éxito del tratamiento endodóncico.

La pulpa es un tejido conectivo suelto, encerrado entre sólidas paredes de dentina. Está formada por células (fundamentalmente fibroblastos), fibras, sustancia fundamental, vasos linfáticos, vasos sanguíneos y nervios. La parte más coronal tiene un mayor contenido celular, haciéndose más fibrosa a medida que se acerca al ápice.

La pulpa tiene un tipo celular específico, el odontoblasto, encargado de la formación de dentina que dará lugar al conducto propiamente dicho.

Los odontoblastos sólo se encuentran en la pulpa, y ésta es una de las diferencias histológicas que este tejido tiene con la membrana periodontal, con la que se prolonga aparentemente sin distinción. Así se puede ver una diferencia clara entre la pulpa y el tejido que, introduciéndose por el foramen apical, ocupa la parte terminal del conducto. La pulpa no se extiende hacia el área final del conducto tapizado de cemento, ya que si hubiera tejido pulpar en esta porción del conducto, se formaría dentina en lugar de cemento (Grove, 1930).

El punto donde deja de haber dentina y el conducto se continúa con paredes de cemento, se denomina límite cemento-dentinario. La ausencia de odontoblastos en esta área, no es la única diferencia que podemos encontrar. El hueso, el cemento y el desmodonto pueden en todas las circunstancias transformarse en elementos activos con gran capacidad de recambio, lo que los hace particularmente aptos para el restablecimiento de las condiciones anatomofisiológicas normales a nivel del periápice.

Esta característica reparativa no es compartida por la pulpa, que tiene una capacidad muy limitada de respuesta y adaptación a las situaciones adversas, y una limitadísima capacidad regenerativa (Grove, 1930).

Así pues, a pesar de estar estrechamente imbricadas la pulpa y la membrana periodontal, van a reaccionar de forma muy diferente, lo cual tendremos que tener en cuenta en nuestros tratamientos endodóncicos.

Sabemos que el conducto radicular, que está tapizado de dentina en su mayor parte, va estrechándose gradualmente en forma de embudo, pero contrariamente a lo que se pensaba hasta ese momento, los estudios de Kuttler en 1955 demostraron que los conductos dentarios no están formados por un cono con la base en la corona dentaria y el estrechamiento en el ápice, sino que en realidad, forman dos conos: uno tapizado de dentina con la base hacia cervical y la punta hacia apical, en la unión cemento-

dentinaria; el otro puramente cementario, de proyección inversa al anterior, es decir, con la base formando el foramen apical.

El primer cono, el cono dentinario, ocupa casi toda la raíz y también se denomina principal, mientras que el cono apical es muy corto (Fig. 1.1).

Teóricamente, la extensión apical de nuestra preparación endodóncica del conducto es la unión cemento-dentinaria.

Durante muchos años los conductos se han ensanchado hasta el ápice radiográfico, aunque en la actualidad se recomienda hacerlo hasta un punto situado a 1'0 mm del ápice radiográfico (Weine, 1991).

A lo largo de mucho tiempo, se consideró que el lugar de menor calibre del conducto radicular era el extremo apical, por donde el conducto abandonaba el diente.

Algunos autores como Schilder (1974), consideraron que no existe una línea clara de separación entre el tejido conectivo pulpar y el tejido conectivo periodontal. Pensaron que reseca el tejido intraconducto en algún lugar previo a su salida, podría dejar restos de tejidos expuestos a sufrir una necrosis como consecuencia de la manipulación a que fueron sometidos. Sugieren llevar la instrumentación hasta el mismo foramen apical.

Esa teoría se ve reforzada por unos estudios (Altman, Gultuso y Seidberg, 1970) cuyos resultados muestran que la posición de la unión cemento-dentinaria es variable, al contrario de los resultados ofrecidos por Kuttler (1955).

Brau (1991) sugiere adaptar nuestra técnica a las circunstancias de cada diente. Ante un diente con sintomatología puramente pulpar, la resección se realiza en la unión cemento-dentinaria; por el contrario, cuando el diente presente patología pulpar y también periodontal, entonces la necesidad de eliminar todo el tejido enfermo primaría sobre cualquier otra consideración, debiendo llevar la limpieza y obturación del conducto hasta el mismo foramen apical.

La porción apical de una raíz dentaria (Figs. 1.2 y 1.3) es una estructura compleja y variable porque la posición del foramen apical no suele coincidir con el ápice anatómico (Burch y Hulen, 1972; Green, 1960; Kuttler, 1955), creando un error de interpretación en la evaluación radiográfica.

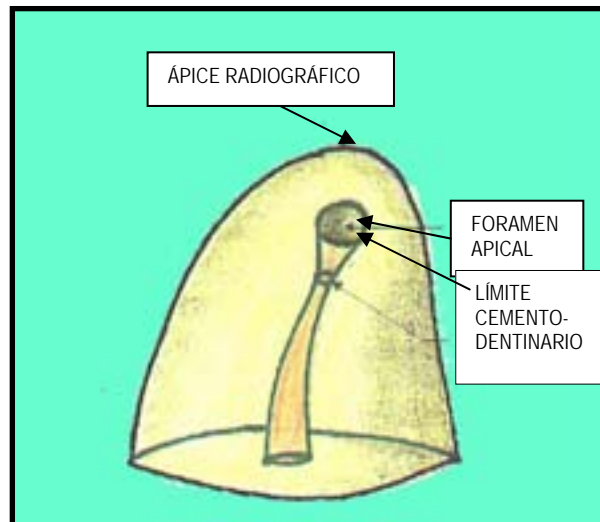


Fig. 1.1. Representación del doble cono apical.

Es necesario diferenciar términos como:

- **Ápice anatómico o vértex:** es el vértice geométrico de la raíz.
- **Ápice radiográfico:** la silueta del ápice anatómico, proyectada en las dos dimensiones de una radiografía.
- **Ápice endodóncico, ápice fisiológico o constricción apical:** es el punto de máxima restricción de la luz canalicular, y corresponde a la unión cemento-dentinaria.
- **Foramen apical:** es la apertura del canal radicular sobre la superficie externa de la raíz.

La porción de conducto radicular existente entre la constricción apical y el foramen apical, tiene forma de embudo. Esta forma se acentúa con el transcurso de los años, ya que el diámetro del foramen apical es mayor en personas de más edad por la aposición cementaria y el diámetro del conducto radicular se va estrechando paulatinamente (Kuttler, 1955).

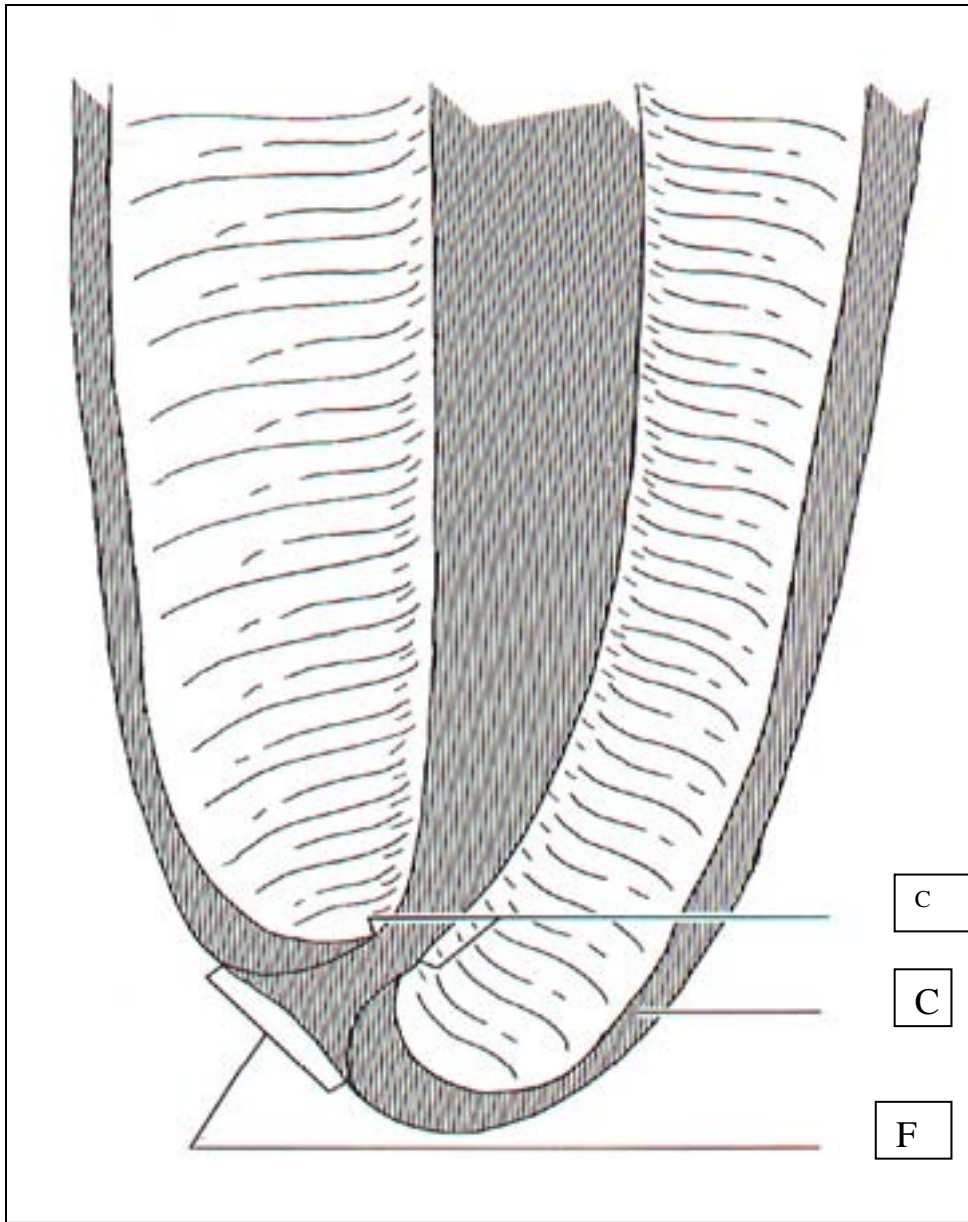


Fig. 1.2. Diagrama longitudinal de la raíz: constricción apical (CA); cemento (C); foramen apical (FA).

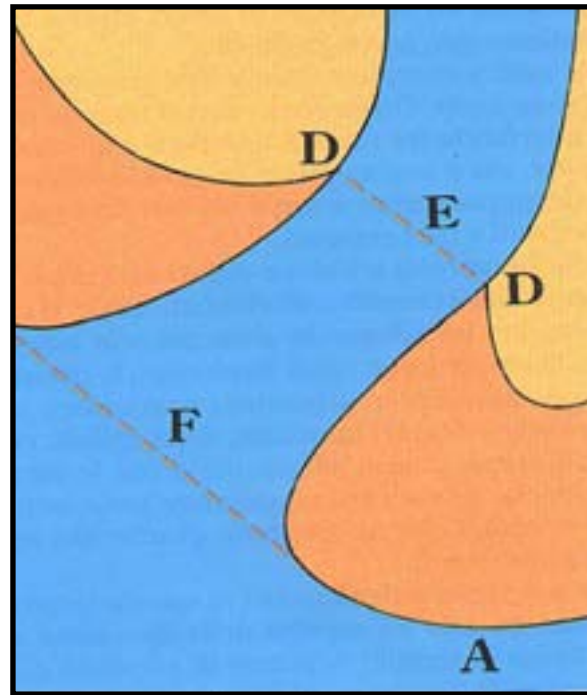


Fig. 1.3. Relación entre ápice anatómico, foramen apical y constricción apical: ápice anatómico (A); unión cemento-dentinaria (D); ápice endodóncico (E); foramen apical (F).

Según Grove (1930), el foramen menor es donde acaba el tejido pulpar y comienza el periodontal. El tejido conectivo que hay en la porción cementaria del conducto no es pulpar.

Palmer, Weine y Healy (1971), y Chunn, Zardiackas y Menke (1981), sugirieron sustraer un valor arbitrario de 0'5-1'0 mm a la longitud de conductometría radiográfica. Radiografiaron 40 dientes con una lima introducida en el conducto radicular hasta el ápice radiográfico. Comprobaron que la lima sobrepasó el orificio apical en 1 mm en el 50% de los dientes estudiados.

En cuanto al final ideal de la preparación y obturación del conducto es la constricción apical, que está representada por una restricción del canal radicular situada a breve distancia del foramen apical (Dummer, Mc Ginn y Rees, 1984).

Kuttler (1955) encontró que la distancia media entre el punto de menor diámetro (constricción apical) y el foramen apical, fue de 0'524 mm en un grupo de dientes correspondientes a personas de edades comprendidas entre 18-25 años, y de 0'659 mms. en dientes de personas de más de 55 años, es decir, que dicha distancia aumenta con la edad.

Burch y Hulen (1972) demostraron que la localización de la constricción apical varía en relación con el ápice anatómico, en un intervalo de 0'5-3'0 mm del ápice radiográfico.

Sobre un total de 59 dientes, McDonald y Hovland (1990) observaron que la distancia media entre constricción apical y foramen apical era mayor en dientes del grupo anterior. De este modo, en los dientes del grupo posterior, la distancia media obtenida fue de 0'40 mm, mientras que en los dientes del grupo anterior fue de 0'59 mm.

La instrumentación del conducto a 0'5 mm del término radiográfico aún puede conllevar error de sobreinstrumentación, porque en ciertos casos el foramen se sitúa a 2'0-3'0 mm de la constricción (Castellucci, Falchetta y Becciani, 1992).

Así pues, según los diversos autores, hay dos lugares válidos para terminar nuestra obturación, bien la unión cemento-dentinaria, o bien el foramen apical. Sin embargo, aunque hayamos obtenido esta certeza, a la hora de llevarla a la práctica, el tema se complica dado que no existe ningún método que con un 100% de seguridad nos localice estos dos puntos anatómicos.

La técnica más habitual para determinar la longitud de trabajo es la radiografía, pero la única información segura que nos ofrece es la localización del ápice radiográfico, definido como la porción más apical del diente en una radiografía. Dado que frecuentemente el foramen apical no se localiza en el ápice radiográfico, sino

lateralmente a éste, la ubicación de nuestra lima en él produciría muchas veces sobreinstrumentación y sobreobturación.

Por otra parte, tratar de localizar la unión cemento-dentinaria sólo es posible mediante el tacto, y esto puede dar lugar a muchos errores, ya que no siempre hay una estrechez única ni ésta se encuentra siempre a nivel de la unión cemento-dentinaria (Azabal y Kessler, 1993).

Seidberg et al (1975) y Stabholz, Rotstein y Torabinejad (1995) sugirieron el método de percepción táctil para detectar el punto de la constricción apical, pero indican como inconveniente que puede inducir a error porque sólo se basa en la experiencia del operador. Cuando el orificio y las porciones coronarias del conducto fueron instrumentados inicialmente, es decir, pre-preparados en forma de cono, fueron capaces de sondar hasta dentro de 1'0 mm del ápice radiográfico con un porcentaje de precisión del 75%, comparado con un porcentaje del 32% en conductos no preparados.

Leeb (1983) también encontró que la agudeza táctil al sondar la constricción apical, pudo ser potenciada al ensanchar el nivel coronal del conducto.

Así, la pre-preparación puede ofrecer al clínico un sentido intuitivo para decantarse hacia la indicación electrónica o hacia los datos radiográficos cuando ninguno de estos dos permita sacar conclusiones por sí solo.

El ensanchamiento previo de las porciones coronarias del conducto facilita la detección táctil de la constricción, sin embargo, Canalda et al (1996) indicaron que no se deberían ensanchar dichas porciones sin estar cateterizado el conducto, a fin de evitar la posible formación de escalones.

Todos estos problemas empujan a los investigadores a buscar métodos alternativos que desvelen la longitud exacta de los conductos radiculares.

1.5. MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO POR LA IMAGEN EN ENDODONCIA.

1.5.1. Método radiográfico convencional.

El aparato de rayos es, en esencia, un tubo de alto vacío donde hay un filamento de wolframio que al calentarse desprende electrones cargados negativamente. La intensidad de la corriente de calentamiento se expresa en miliamperios (mA). El miliamperaje influirá en la cantidad de radiación. Se aplicará un voltaje transformado de 200 v en 50.000-100.000 v (50-100 Kv) que provoca un desplazamiento de electrones al polo positivo (ánodo), chocando contra la placa de wolframio. Al chocar se desprende energía, el 99% en forma de calor y el 1% como radiación.

El kilovoltaje determina la velocidad de los electrones, y modificándolo se varía la calidad de radiación. Independientemente de la película, el kilovoltaje es decisivo para lograr el contraste.

El oscurecimiento de la película, su densidad, viene dado por la cantidad de radiación que recibe (no se altera el contraste).

La cantidad de radiación viene determinada por el producto mA por el tiempo de exposición, y se mide en mAs.

Como el mA suele venir prefijado en nuestro aparato entre 5-15 mA, únicamente con el tiempo de exposición se puede controlar la cantidad de radiación.

Al alterar el Kv sí que se altera la calidad de la placa en cuanto a su contraste. Un aumento de Kv produce, mediante la aceleración de los electrones, una radiación de más energía, es decir, con menor longitud de onda, lo que le permite atravesar los tejidos con más facilidad. A la película llega más radiación, oscureciéndola y disminuyendo el contraste. Por el contrario, una radiación de menor energía penetra menos, la placa se aclara, y el contraste aumenta. De este modo incluso se pueden ver tejidos blandos. La mayor calidad la obtenemos entre 50 y 100 Kv (70 Kv óptimo).

La radiografía nos permite una mirada a la estructura de los tejidos internos sin tener que recurrir a la cirugía. Pero la enorme importancia de este descubrimiento nos hace olvidar muchas veces que esa radiografía sólo tiene, en la mayoría de los casos, el valor de una exploración auxiliar (Pasler, 1986).

La radiografía dental, junto a otras pruebas complementarias y a una anamnesis previa, constituye una base importante para elaborar un juicio diagnóstico en Endodoncia.

1.5.1.1. Bramante y Berbert (1974) describieron un método para determinar la longitud dentaria en el tratamiento de conductos:

1.5.1.1.1. Medir el diente en la radiografía preoperatoria, que habrá sido realizada mediante la técnica de planos paralelos (Walton, 1990; Péix, 1993), ya que produce una imagen más próxima a la realidad y evita distorsiones (Fig. 1.4).

Consiste en colocar la placa de modo que los ejes del diente y de la placa sean paralelos, y el haz de rayos se dirige perpendicular a ambos ejes.

La técnica de la bisectriz, en la que el haz de rayos se orienta hacia la bisectriz formada por los ejes del diente y la placa, es útil cuando por dificultades anatómicas no se puede utilizar la técnica del paralelismo, como ocurre con frecuencia en los molares superiores.

La imagen radiológica tiene sólo dos dimensiones, por ello, realizando distintas proyecciones tendremos una idea tridimensional del objeto.

La técnica de la desviación del cono y la imagen separa e identifica estructuras vestibulo-linguales que pudieran quedar sobrepuestas (Sion, Kaufman y Kaffe, 1984).

Cuando dos objetos y la película están en posición fija y se mueve la fuente de radiación (cono), la radiografía resultante muestra un objeto lingual que se desplazó de manera relativa en la misma dirección que el cono, y otro vestibular que se movió en dirección contraria. De ahí el origen de la regla "ILOV" descrita por Richards (1980): "igual lingual, opuesto vestibular".

Se reconoce que la desviación del cono y la imagen plantea problemas intrínsecos, como son la menor claridad o la sobreposición de estructuras que de modo ordinario tienen una separación natural en las radiografías paralelas.

Esta radiografía ha de mostrar la totalidad del sistema de conductos de los dientes afectados.

1.5.1.1.2. Restar un “margen de seguridad” mínimo de 1’0 mm por la posible distorsión o amplificación de la imagen (Vande Voorde y Bjorndhal, 1969).

1.5.1.1.3. Fijar la regla endodóncica a ese nivel de trabajo tentativo y ajustar el tope sobre la lima.

1.5.1.1.4. Colocar la lima dentro del conducto hasta que el tope se encuentre en el punto de referencia a menos que se presente dolor (si no se ha empleado anestesia), caso en el cual se deja la lima a ese nivel y se vuelve a ajustar el tope de goma hasta ese nuevo punto de referencia.

1.5.1.1.5. Exponer, revelar y aclarar una radiografía.

1.5.1.1.6. Sobre la radiografía, medir la diferencia entre el extremo de la lima y el extremo de la raíz. Agregar esto a la longitud original medida con la lima dentro del diente.

Si debido a algún descuido, el instrumento explorador pasó del ápice, restar esa diferencia.

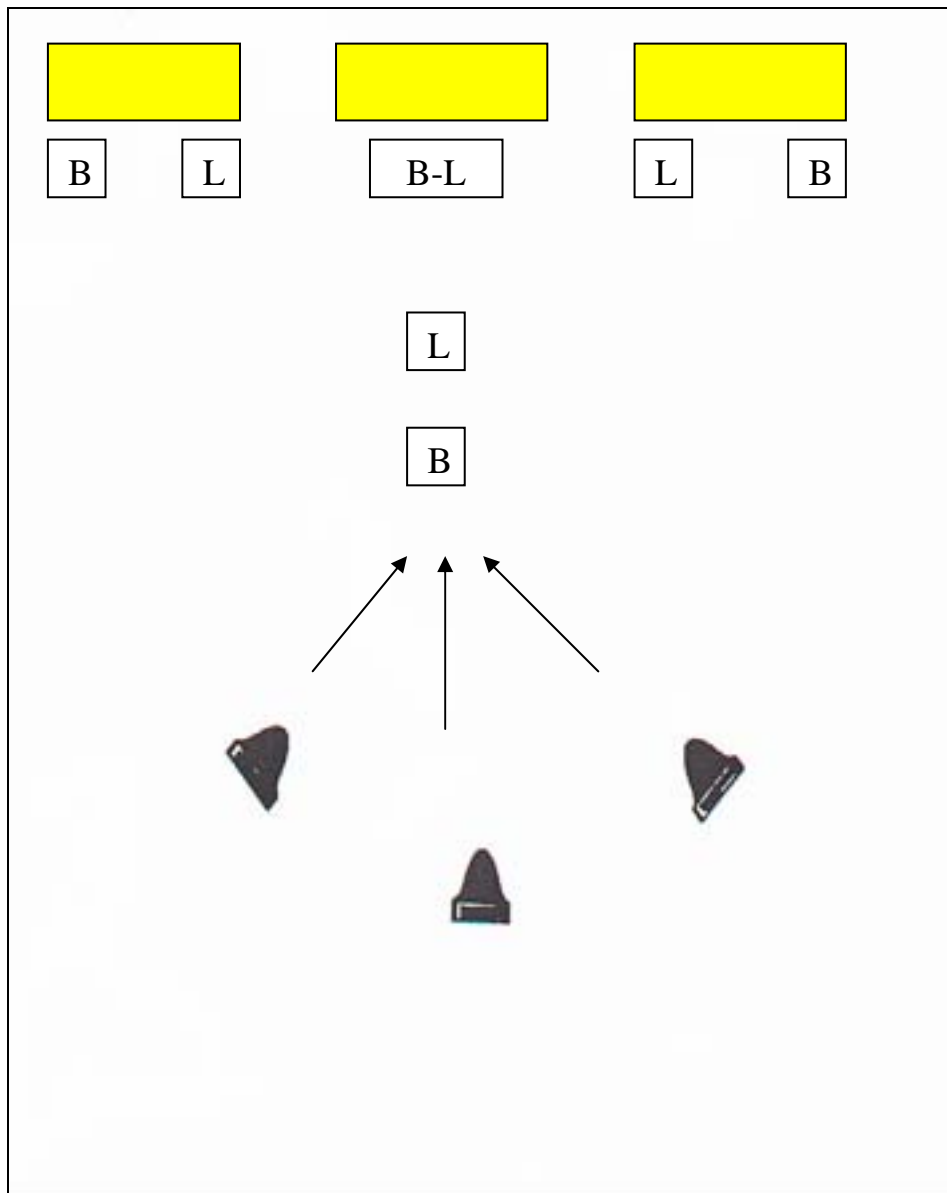


Fig. 1.4. Principio de la regla de Clark: El rayo central que pasa directo por una raíz con dos conductos, los sobrepondrá en la película. Cuando se desplaza el cono hacia el aspecto mesial o distal, el objeto lingual se moverá en la misma dirección que el cono, mientras que el objeto vestibular lo hará en dirección contraria.

1.5.1.1.7. De esta longitud ajustada del diente, restar 1'0 mm para coincidir con la terminación apical del conducto radicular en la unión cemento-dentinaria.

Weine, Keily y Lio (1975) idearon una mejora importante para hacer esta determinación: si en la radiografía no aparece resorción apical u ósea, hay que acortar la longitud 1'0 mm. Si hay evidente resorción de hueso periapical, acortar 1'5 mm. Si existe tanto resorción del hueso como de la raíz, es preciso acortar 2'0 mm.

Si existe resorción radicular, la constricción apical puede haber sido destruida, por lo que se realiza el movimiento del conducto hacia arriba. Además, cuando existe resorción ósea, es posible que también exista resorción radicular, aunque no sea evidente en la radiografía.

1.5.1.1.8. Fijar la regla endodóncica a este nuevo nivel, corrigiendo y ajustando de nuevo el tope sobre el instrumento explorador.

1.5.1.1.9. Debido a la posibilidad de distorsión radiográfica, raíces muy curvas y error del operador durante la medición, es muy conveniente tener una radiografía para confirmar la longitud ajustada.

En muchos casos, esta inversión de tiempo adicional de algunos minutos evitará la molestia y el fracaso derivados de la falta de precisión.

1.5.1.1.10. Cuando la longitud del diente haya sido confirmada con precisión, volver a fijar la regla endodóncica a este nivel.

1.5.1.1.11. Registrar esta longitud de trabajo final así como el punto de referencia.

1.5.1.1.12. Aunque se haya determinado y confirmado con precisión la longitud final de trabajo, ésta puede acortarse al ensanchar conductos curvos.

Dado que “una línea recta es la distancia más corta entre dos puntos”, la longitud final puede acortarse hasta 1'0 mm. al

enderezar un conducto curvo mediante la instrumentación (Caldwell, 1976; Farber y Bernstein, 1983).

Por lo tanto, se recomienda que la longitud de trabajo en un conducto curvo sea reconfirmada después de haber realizado la instrumentación.

1.5.1.2. Cálculo de la longitud de trabajo según Weine (1991).

1.5.1.2.1. Cálculo de la posición final de la preparación.

El cálculo del punto final de la preparación se basa en los siguientes datos:

- el foramen apical suele situarse a 0'5-1 mm del ápice radiográfico;
- cuando existe un área de evidente radiolucidez periapical, con indicación radiográfica de resorción apical, la preparación debe terminarse a 1'5 mm del ápice radiográfico;
- si las radiografías preoperatorias o de trabajo muestran que el conducto emerge a corta distancia del ápice radiográfico, esta distancia debe añadirse al margen de tolerancia habitual; y,
- cuando el paciente refiera síntomas claros de sobreinstrumentación, hay que reducir la longitud de trabajo hasta que el diente esté confortable.

1.5.1.2.2. Estimación de la longitud de trabajo.

Para estimar la longitud de trabajo se utilizan radiografías preoperatorias. Se mide en la radiografía ortogonal, directa, la imagen del diente desde el borde oclusal o incisal, hasta el ápice. Para calcular la posición normal del foramen apical, se resta 1 mm a la longitud medida.

1.5.1.2.3. Medición inicial.

La determinación se realiza con una radiografía ortogonal.

La mayoría de los dientes unirradiculares y el conducto más ancho de los molares pueden recibir inicialmente una lima del nº 25.

La lima seleccionada se introduce en el conducto hasta el largo medido, efectuándose entonces la radiografía en dos proyecciones, una ortogonal o directa y otra desde la cara mesial o distal.

Las radiografías se procesan y examinan; si se comprueba que la lima se encuentra dentro de un margen de 1'0 mm con respecto a la posición deseada, se efectúa una mínima corrección del largo estimado. Sin embargo, cuando la radiografía muestra que la lima se sitúa a más de 1 mm del punto deseado, se corrige la estimación y se practican nuevas proyecciones para comprobar la correcta longitud de trabajo.

1.5.1.3. Determinación de la longitud de trabajo según Stock et al (1996).

Los microorganismos que hay en un sistema de conductos radicular pueden extenderse a la constricción apical, donde los mecanismos de defensa de los tejidos periapicales detienen su progreso. Resulta más seguro limpiar hasta la constricción apical de los conductos radiculares, incluso en los casos de dientes vitales.

En primer lugar se realiza una estimación de la longitud media del diente con una radiografía periapical preoperatoria tomada con la técnica paralela.

Se coloca una lima en el interior del conducto radicular cuya longitud sea 1-2 mm menor que la estimada, asegurándonos de tomar un punto coronal de referencia que sea reproducible y que no forme parte de un resto de diente o de material de restauración que probablemente se rompa. La lima deberá ser lo suficientemente gruesa como para ser visible en una radiografía. Se toma una radiografía con técnica paralela.

Se acepta en general, una distancia media de 1'0 mm menor que la longitud hasta el ápice radiográfico como una estimación razonable

de la posición terminal del conducto, pero puede haber una inexactitud de hasta 3'0 mm.

Aunque a menudo tomamos como medida de trabajo una longitud 1'0 mm menor que la existente hasta el ápice radiográfico, deberá acortarse más si hay resorción apical o si el extremo de la raíz es muy estrecho. En el caso de la resorción, el motivo es que la salida del conducto puede tener forma de "trabuco" y permitir la extrusión de materiales endodóncicos. En un ápice estrecho el motivo es que podemos provocar un perforación si la raíz se prepara hasta un diámetro importante.

Una vez que se haya obtenido una radiografía con técnica paralela del diente con la lima diagnóstica en el conducto, se calcula la longitud de trabajo.

Si se ha seguido la secuencia anterior, en la mayoría de los casos la punta de la lima no llegará al ápice radiográfico. Esta longitud se acepta como la longitud de trabajo si la lima queda a 1'0 mm. Si esta distancia es mayor de 1 mm, mediremos la distancia entre el extremo de la lima y el ápice radiográfico, restándole 1'0 mm a esta medida. Esta cifra se añade a la longitud de la lima diagnóstica para obtener la longitud de trabajo.

A veces la lima puede estar más allá del ápice radiográfico, en cuyo caso mediremos la distancia entre el extremo de la lima y un punto 1 mm por debajo del ápice radiográfico. Restando esta cifra a la longitud de la lima diagnóstica obtendremos la longitud de trabajo.

1.5.2. Otras técnicas de diagnóstico por la imagen.

1.5.2.1. Xerorradiografía.

Para la xerorradiografía dental se emplea una placa fotorreceptora rígida de aluminio en lugar de la película radiográfica. La placa tiene carga eléctrica y va en el interior de un cartucho estanco de plástico que se introduce en la boca y se expone a los rayos X. La técnica de revelado es muy rápida y sólo se necesitan unos 25 segundos para obtener una imagen seca permanente. Las placas se pueden reacondicionar, recargar y utilizar repetidamente (Diehl, Gratt y Gould, 1986).

La xerografía puede verse por reflexión o transiluminación. La imagen consiste en una gama de grises en lugar de presentar la variación de densidades ópticas del negro al blanco, pasando por el gris de las películas convencionales.

La xerografía tiene la propiedad de realzar los bordes de todas las imágenes, proporcionando una imagen en la que se visualizan perfectamente las estructuras de menor tamaño. Este sistema permite visualizar mejor las puntas de los instrumentos y los ápices radiculares, pudiendo obtenerse mediciones longitudinales mucho más exactas. Actualmente las reveladoras son muy caras y esta técnica todavía no ha arraigado en la práctica endodóncica (Stock et al, 1996).

1.5.2.2. Radiología digital.

El desarrollo tecnológico ha llevado a la aparición de la radiología digital. Sus principales ventajas con respecto a la radiografía convencional son la rapidez en la obtención de la imagen, menor irradiación del paciente, y una calidad de imagen similar.

La radiología digital se caracteriza por ser un sistema de diagnóstico mediante imágenes digitalizadas que utiliza un sensor especial, sensible a los rayos X, en lugar de la película convencional. Mouyen desarrolló el primer sistema de este tipo, denominado RadioVisioGrafía (RVG).

Los sistemas radiológicos por captación digital constan de los siguientes elementos:

- Generador de rayos X: se trata de un aparato convencional emisor de rayos X, debidamente adaptado al sistema mediante el temporizador adecuado.
- Captador de radiación: es un pequeño sensor que se coloca intraoralmente, de la misma manera que en el caso de la película radiográfica. Este elemento se recubre, previamente a su utilización, de un dedil de látex desechable. El captador consta de un centelleador que absorbe la radiación y transmite luz

visible por medio de fibras ópticas hasta el “C.C.D.” o dispositivo de traslado de carga, que es el que detecta la imagen.

- Ordenador, monitor y *software*: gracias a los cuales se visualiza la imagen obtenida, pudiéndola modificar y almacenar.
- Impresora de reducidas dimensiones, que copia inmediatamente la imagen mostrada en el monitor.

El procedimiento para la obtención de imágenes radiovisiográficas es similar a la utilizada en radiografía convencional, sólo que eliminando las fases de procesado de la película. El sensor se coloca intraoralmente, de la misma forma que para realizar una radiografía.

El cono del aparato generador de rayos X se orienta también de la misma forma habitual.

Tras la emisión de radiación la imagen es presentada inmediatamente en el monitor.

Se puede mejorar la calidad de la presentación modificando en el monitor el contraste, el brillo y la escala de grises.

Según Forner, Llena y Faus (1993), los tratamientos endodóncicos son los más subsidiarios de utilizar la RadioVisioGrafía como técnica diagnóstica debido a las siguientes ventajas:

- Rapidez en la obtención de la imagen.
- Presentación simultánea de varias imágenes, por ejemplo, la previa de diagnóstico, la conductometría, la prueba de la gutapercha y la del tratamiento finalizado.
- La función macro, con la que podemos obtener una visión aumentada de una parte de la imagen, consiguiendo ocho aumentos con una resolución cuatro veces mayor.

Shearer, Horner y Wilson (1990) consideran igualmente la imagen obtenida por la radiovisiografía que por la radiografía convencional

al realizar un estudio *in vitro* sobre sistemas de conductos radiculares.

Mouyen et al (1989) indican que la resolución de la radiovisiografía es ligeramente menor que la de la radiografía convencional, sin embargo, la imagen puede ser aumentada por tratamiento electrónico.

Hay que tener en cuenta una serie de factores a la hora de manejar el sistema de RVG :

- Aporta una menor radiación al paciente, cifrada ésta en un 80% menor que una radiografía convencional.
- Ahorro de tiempo en el transcurso del acto operatorio al eliminar el tiempo dedicado al procesado de la película.
- Posibilidad de mejorar la imagen, hacer *zooms* de las zonas que más nos interesen, obtener en una sola presentación hasta cuatro imágenes.
- La colocación del sensor resulta en ocasiones un poco incómoda para el paciente, sobre todo en áreas distales de la arcada mandibular.

1.5.2.3. Tomografía computadorizada (TC).

La TC es la exploración de elección cuando se sospechan anomalías intracraneales.

Es una técnica radiológica que proporciona imágenes tomográficas de planos perpendiculares al eje del cuerpo. Mediante un fino haz de rayos se efectúan distintos barridos, desde múltiples ángulos, de una delgada “loncha” de tejido; a continuación, se calcula un coeficiente lineal relativo de atenuación para cada uno de los distintos elementos hísticos presentes en el corte y, finalmente, en el monitor de televisión aparece la imagen, con escala de grises, reconstruida por el ordenador. A diferencia de las demás modalidades de exploraciones por la imagen (con excepción de la resonancia magnética), la TC permite la diferenciación radiográfica de distintos tejidos blandos (Eisenberg, 1987).

En algunas exploraciones por TC se utiliza la inyección de un medio de contraste yodado. La exploración durante la administración de un medio de contraste o inmediatamente después, permite diferenciar las estructuras vasculares de las estructuras sólidas no vasculares.

El barrido axial transversal computarizado de la cabeza, ofrece al clínico una considerable y útil información, ya que proporciona una visión tridimensional.

Diversas comunicaciones han indicado las ventajas de la TC en el diagnóstico de fracturas faciales, evaluación y definición de neoplasias de cabeza y cuello, infecciones, y estudios ortodóncicos.

Los defectos maxilares visualizados mediante TC son observables en el hueso cortical y en el hueso medular gracias a la posibilidad de variar la escala de contraste. Ésta es una ventaja clara sobre la proyección radiográfica dental panorámica y sobre la proyección lateral oblicua (Jenkins y Farman, 1989).

Actualmente, la TC no está al alcance de una consulta odontológica general. El coste de equipamiento es 80 veces superior al de una unidad panorámica y 200 veces el de una unidad convencional para proyecciones oblicuas laterales.

La TC implica una mayor exposición del paciente a la radiación ionizante que la panelipse, por lo tanto, no se debe abusar de él por utilización innecesaria o excesiva cuando los métodos convencionales siguen siendo útiles.

Ha sido otro avance del radiodiagnóstico, y permite la reconstrucción morfológica tridimensional del sistema de conductos radiculares (Eisenberg, 1987).

1.5.2.4. Resonancia magnética nuclear (RMN).

Es una nueva técnica utilizada para la representación en imágenes de la densidad de los protones corporales y para el estudio dinámico de ciertas funciones fisiológicas.

Los tres componentes esenciales de un tomógrafo de RM radican en el puente o túnel de examen, y son: el electroimán, las bobinas de radiofrecuencia y los gradientes de campo. El resto de los sistemas secundarios son muy semejantes al de un TC por rayos X y consisten en el ordenador que controla el proceso de toma de datos y reconstrucción de la imagen, de un generador eléctrico que suministra energía eléctrica al electroimán y de una consola de mando desde donde el operador induce las órdenes y secuencias de actuación.

Consiste en inducir transiciones entre estados energéticos, haciendo que ciertos átomos absorban y transfieran energía. Para ello se dirige un pulso de radiofrecuencia hacia una sustancia situada en un amplio campo magnético. Los diversos períodos de tiempo necesarios para el retorno del material a un estado energético estable (tiempo de relajación) pueden traducirse, a través de un complejo algoritmo de ordenador, en una imagen visible en un monitor de televisión (Eisenberg, 1987).

Las imágenes de RMN pueden obtenerse a partir de cortes transversales, coronales o sagitales o desde cualquier plano arbitrario. La radiación electromagnética de la radiofrecuencia puede atravesar el hueso sin sufrir ninguna atenuación significativa, lo que permite visualizar claramente los tejidos subyacentes. En el futuro, las exploraciones en campos magnéticos elevados, asociadas a distintos elementos químicos, podrán permitir realizar diversos análisis bioquímicos muy sofisticados en los tejidos *in vivo*.

A diferencia de las radiografías convencionales, la RMN tiene una mayor resolución y puede proporcionar directamente imágenes de una lesión en múltiples planos, sin necesidad de aplicar contrastes intravenosos o radiaciones ionizantes.

1.6. PROBLEMAS DIAGNÓSTICOS EN LA DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE TRABAJO VINCULADOS A LA MORFOLOGÍA APICAL.

El ápice anatómico puede coincidir o no con el foramen apical, que es la zona en donde el conducto se abre a la superficie radicular contactando con el ligamento periodontal.

Palmer, Weine y Healy (1971) demostraron que en los casos en que el foramen apical fue excéntrico con respecto al ápice radicular, los métodos radiográficos fueron imprecisos y dieron como resultado una sobreextensión de la preparación y obturación endodóncica.

El foramen apical se desvía del ápice en al menos las dos terceras partes de los dientes, y esta desviación suele ser más frecuente hacia vestibular o lingual que hacia mesial o distal. El foramen apical sale por vía vestibular o lingual a más corta distancia del ápice radiográfico, aunque a veces no se puede precisar con exactitud, ya que la radiografía habitual sólo muestra la desviación proximal (Weine, 1991).

Lo más frecuente, es que el foramen apical esté ladeado con respecto al eje mayor del diente en un porcentaje que varía según autores (Kuttler, 1955; Green, 1960; Burch y Hulen, 1972) entre un 50 y un 98% de las raíces, e indican que entre el ápice anatómico y el foramen apical suele haber una distancia promedio de 0'5-1'0 mm.

A menudo se puede observar radiográficamente el punto por el que la lima sale de la raíz cuando el foramen apical se encuentra ladeado hacia mesial o distal, o bien cuando coincide con el ápice anatómico. No obstante, cuando el foramen apical se encuentra ladeado vestibular o lingualmente, se produce una superposición de su propia imagen con la del extremo de la raíz.

1.7. CONDUCTOMETRÍA ELECTRÓNICA.

La determinación electrónica del largo de trabajo es un método alternativo que suscitó el interés de numerosos investigadores por la gran ayuda que podría aportar a la terapéutica endodóncica.

1.7.1. Antecedentes históricos.

En 1916, Custer fue el primero que sugirió el empleo de una corriente eléctrica para evaluar la longitud del canal radicular.

Sin embargo, no se creó una base científica adecuada hasta muchos años más tarde gracias a los estudios de Suzuki (1942). En 1942 Suzuki finalizó su estudio experimental sobre ionoforesis del nitrato de plata amoniacado en dientes de perro, el cual indicó que las resistencias eléctricas entre las mucosas orales y el periodonto eran iguales y constantes. Por consiguiente, podría ser posible medir la longitud del conducto radicular mediante resistencia eléctrica.

En la teoría de Sunada (1958) se basan la mayor parte de los actuales medidores electrónicos de ápice: la resistencia eléctrica medida a nivel del tejido periodontal profundo y del tejido gingival se mantiene constante en cada individuo y no es influenciada ni por la edad ni por el tipo o forma del diente. Utilizando un simple ohmímetro directo, estudió nuevamente la teoría de la resistencia eléctrica en 124 dientes humanos. Halló que cuando la punta de un ensanchador alcanzaba el ápice radicular, mediante confirmación radiográfica, el valor de la resistencia fue casi siempre cercano a 6.5Ω . Este valor permaneció sin cambios incluso cuando el ensanchador alcanzaba el periodonto debido a una perforación accidental.

Desde el trabajo clásico de Sunada, los japoneses han ido a la vanguardia en el perfeccionamiento de los aparatos eléctricos diseñados para localizar el ápice.

Sunada fue seguido por Inoue (1972, 1973), quien perfeccionó la idea de tal modo que fuera comercializable. Describió un estetoscopio dental para la medición electrónica de las longitudes

de los conductos radiculares. Este aparato, denominado Sono-Explorer¹, fue diseñado para comparar la resistencia eléctrica de la cresta gingival con la resistencia del interior de los conductos, y empleaba el sonido para advertir del punto de salida del conducto.

En 1979, Dahlin informó sobre un aparato que perfeccionó en Dinamarca, el Dentometer², y manifestó su conveniencia.

Huang (1987), sin embargo, siguiendo una experimentación *in vitro* en la que tubos de cristal de varios calibres se sumergían en una solución salina, afirmó que el fenómeno eléctrico descrito por Sunada no se debía a las características biológicas particulares del tejido, no obstante, se demuestra un proceso físico en el que se mantiene constante el valor de la impedancia eléctrica.

Aunque esta explicación aún no estuvo publicada, en 1959 Huang et al lanzaron una hipótesis tras la publicación de la teoría de Sunada.

1.7.2. Funcionamiento de los localizadores electrónicos de ápice.

Todos los localizadores apicales tienen por objetivo limitar la penetración de la sonda colocada dentro del conducto a 0'5-1 mm antes del foramen apical, es decir, a la constricción apical.

Se han construido diversos aparatos que se pueden clasificar en dos categorías según el tipo de lectura:

- Los aparatos de señal acústica (Sono-Explorer,...): cuando el instrumento endodóncico conectado al aparato toca el ligamento periodontal, una señal sonora advierte al operador.
- Los aparatos de lectura indirecta sobre galvanómetro (Apex-Finder³, Dentometer): el operador puede seguir sobre una escala la progresión del instrumento.

¹ Union Broach, Hewlet, New York.

² Dahlin Electromedicine, Dinamarca.

³ Analytic Technology, Redmond, WA.

Fouad y Krell (1989) compararon *in vitro* cinco modelos de localizador: Exact-a-pex⁴, Endocater⁵, Neosono-D⁶, Apex-Finder, Sono-Explorer Mark III, siguiendo el modelo experimental desarrollado por Aurelio, Nahmias y Gerstein (1983), aunque ligeramente mejorado. Observaron, al igual que éstos, que dicho modelo es útil para familiarizarse con el uso de estos aparatos, sin riesgos ni molestias para el paciente.

La medición se mostró bastante homogénea, sin una diferencia significativa de fiabilidad entre los modelos cuando se trataba de conductos rectos, secos y con un ápice completamente formado. Sin embargo, sí que se observó una ligera diferencia en la determinación de la longitud de trabajo cuando ésta se realizó antes y después de la instrumentación del conducto. También se compararon, como sondas conductoras, limas y puntas de gutapercha con fino relleno de plata, obteniendo unos resultados similares. Sin embargo, en todos los casos existió una alteración de las medidas ante la presencia de sangre o hipoclorito sódico en el conducto.

Inoue y Skinner (1985) estudiaron *in vivo* el nuevo y mejorado Sono-Explorer Mark III, citando ventajas con respecto al Sono-Explorer Mark II, como la simplicidad de uso y resultados más seguros. Con la referencia del sintonizador del Sono-Explorer Mark III fijado en 4, se mensuró la longitud de 310 conductos, correspondientes a 201 dientes. Los resultados fueron verificados con una técnica radiográfica y se obtuvo una diferencia promedio de $0'62 \pm 0'58$ mm desde el ápice radiográfico hasta el extremo de la lima. Los resultados fueron los siguientes: el 57'7% fue 0-0'5 mm más corto; el 26'8% fue 0'6-1'0 mm más corto; el 15'2% fue 1'0-3'0 mm más corto ; el 0'3% (un caso) excedió el ápice radiográfico.

Caramatti et al (1986) y Katz, Tamse y Kaufman (1991) afirmaron que los localizadores electrónicos daban lecturas erróneas en presencia de:

o

⁴ Ellman International, Hewlet, NY.

⁵ Hygenic Corporation, Akron, OH.

⁶ Amadent, Cherry Hill, NJ.

- tejido pulpar vital;
- sangre;
- líquidos tisulares;
- otros electrolitos: hipoclorito sódico, solución salina, anestesia o EDTA; y,
- restauraciones metálicas.

Por tanto, estos aparatos no pueden ser empleados para determinar la longitud de los dientes antes de la pulpectomía total, pero es en este momento cuando más nos interesa saber la longitud exacta.

Para lograr mejores resultados y precisión, el conducto ha de estar seco, aunque muchas veces el secado del conducto es un paso muy alejado del momento en que se establece la longitud de trabajo.

Para vencer este problema con los electrolitos, Ushiyama (1983) rediseñó el dispositivo medidor. El nuevo modelo funciona en presencia de electrolitos, sin embargo, es casi imposible hacer llegar el electrolito hasta el tercio apical de un conducto fino e irregular.

El autor anterior también propuso una solución para los casos en que existieran restauraciones metálicas, y consistía en recubrir la sonda con una pequeña porción de tubo para evitar el contacto directo con el metal.

Según Kobayashi y Suda (1994), la principal desventaja de la mayoría de los localizadores electrónicos consistía en que se obtenían mediciones muy cortas o sencillamente que a veces era imposible obtenerlas mediante un estudio *in vitro/in vivo*. Explicaron un nuevo sistema de medición electrónica basado en la medida simultánea de dos impedancias en el canal, usando dos fuentes de corriente de frecuencias distintas. El cociente de las impedancias de las dos frecuencias representa la posición de la punta de la lima en el canal, y disminuye cuando ésta se acerca al foramen apical.

Hülsmann y Pieper (1989) afirmaron que también el diámetro del foramen apical tiene una gran influencia en la exactitud de la medición electrónica del conducto. Cuando el diámetro superase 0'5 mm el resultado de la mensuración electrónica podría diferir de la correcta longitud de trabajo.

En 1989 apareció un nuevo medidor electrónico, el Apit⁷, basado en un nuevo principio: “la resistencia eléctrica varía de acuerdo con la frecuencia” (Saito, Yamashita y Yamaoka, 1989).

Este aparato aportaba una nueva e importante mejora, ya que no eran necesarias sondas especiales, como ocurría con el Endocater, para poder medir conductos que no estaban secos, y tampoco había que preocuparse de si del interior del conducto salía sangre o exudados.

1.7.3. Indicaciones de los localizadores electrónicos de ápice.

1.7.3.1. Ajuste previo de las limas para la toma de radiografías.

De entrada, obtendremos una posición más acertada del extremo de la lima con respecto a la constricción apical, lo cual puede redundar en un menor número de radiografías.

1.7.3.2. Atención endodóncica durante el embarazo, con objeto de disminuir al máximo la radiación.

1.7.3.3. Ápice no localizable radiográficamente (superposición de dos raíces, superposición de estructuras óseas, desplazamientos dentarios, zonas de condensación ósea, etc.).

Si tanto en la toma ortorradial como en la excéntrica no se obtienen resultados coherentes, una medición electrónica puede resultar de gran ayuda.

1.7.3.4. Control de la longitud de trabajo durante la preparación biomecánica.

La longitud de trabajo valorada en un principio ha de mantenerse hasta el final. En conductos con una marcada curvatura, en el

⁷ Osada Electric Co., LTD., Tokyo, Japón.

transcurso de la preparación y mediante el enderezamiento del conducto, puede llegarse a una reducción de la longitud de trabajo. Estos ajustes de medidas pueden ser llevados a cabo mediante métodos electrónicos.

En los últimos años, varias han sido las investigaciones que han aportado descubrimientos para mejorar y facilitar los tratamientos en el campo de la Endodoncia.

A nuestro juicio, uno de los más importantes son los localizadores electrónicos de ápice y, sobre todo, su última generación.

Para realizar un tratamiento de conductos radiculares es preciso conocer con la mayor exactitud posible dónde se encuentra la constricción apical, que nos proporcionará la longitud de trabajo adecuada para el resto de las fases del tratamiento endodóncico.

Hasta hace pocos años solamente disponíamos de dos procedimientos que eran el táctil, basado en la habilidad y experiencia del operador, y el radiográfico, con las limitaciones que conlleva observar un objeto tridimensional en sólo dos planos del espacio.

En 1942, Suzuki pudo demostrar en una dentición canina que la resistencia eléctrica entre la mucosa y el desmodonto es constante (Hülsmann, 1991).

Sunada (1958) sugirió que estos desarrollos electrónicos se basaban en la diferente conductividad eléctrica de los tejidos periodontal y pulpar.

En 1958 Sunada desarrolló un endómetro para la medición de la longitud radicular basado en los conocimientos de Suzuki. Llegó al foramen cuando, a una resistencia de $6'5 \Omega$, se alcanzó 40 A de intensidad (Hülsmann, 1991).

Huang (1959) indicó que el fundamento de las mediciones eléctricas de los conductos no se debía a diferencias biológicas entre tejidos, sino a un principio eléctrico. Huang inquirió que la continuidad eléctrica fue el resultado de una superficie de contacto

constante entre la sonda eléctrica y el tejido oral. Según Huang, cuando el diámetro del foramen fue menor de 0'2 mm, las medidas electrónicas no se alteraron, y si era superior, las distancias medidas desde este foramen aumentaron.

Aplicando estos mismos principios, surge una primera generación de localizadores electrónicos (Sono-Explorer Mark I, II y III; Apex-Finder, etc.).

El principal inconveniente con estos primeros aparatos fue que el conducto radicular necesitaría estar totalmente seco y prácticamente limpio, de este modo, antes de realizar las primeras mediciones ya hubo que haber instrumentado parcialmente el conducto.

Otro inconveniente importante fue que los estudios sobre la fiabilidad de estos aparatos aportaron unos resultados muy variables que oscilaron entre el 55-87% de mediciones correctas (Ruiz de Temiño y Barasona, 1996).

En los años 80 apareció una segunda generación de localizadores electrónicos, comercializándose un aparato único, el Endocater, basado en un postulado físico diferente (Hasegawa et al, 1985). Los autores anteriores observaron en su estudio experimental que un tubo de vidrio que contuvo un electrólito actuó como una resistencia, de tal modo que su efecto fue mayor cuanto menor fue su diámetro interno y mayor su longitud. Con este aparato hubo que utilizar unas sondas especiales recubiertas de un material aislante en toda su longitud excepto en los 0'5 mm de su extremo que permitieron realizar las mediciones en conductos húmedos. Su principal inconveniente fue el fácil y rápido deterioro de la cubierta aislante, lo que pudo ocasionar mediciones incorrectas.

Los estudios acerca de la fiabilidad del Endocater, dieron resultados desiguales que oscilaron entre el 67'7-93%.

Saito y Yamashita (1990) iniciaron la tercera generación de localizadores, empleando para ello una doble frecuencia. Las ventajas de esta nueva generación fueron las siguientes :

- Permitir la utilización de cualquier tipo de lima.
- Efectuar mediciones en conductos con presencia de humedad o con soluciones conductoras.
- Previamente a la medición, no es necesario eliminar el contenido de los conductos, lo que hace posible su utilización desde el comienzo de la instrumentación nada más permeabilizar el conducto.
- Fiabilidad constante y superior. Pratten y Mc Donald (1996) afirmaron que el índice de error en la aproximación a la constricción apical con un localizador de este tipo fue menor que con el método radiográfico, considerándolos más fiables.

Entre estos aparatos se encuentran el Root ZX⁸ y el Apit.

Cuando los localizadores electrónicos de ápice se emplean de un modo correcto y experimentado, se convierten en un método fiable para determinar la ubicación de la constricción apical.

Actualmente existen tres tipos de localizadores electrónicos de ápice (Tabla 2.1).

⁸ J. Morita Corp., Tustin, CA.

LOCALIZADOR	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>*De RESISTENCIA</p> <p>P. ej. Neosono.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - fácil de operar - pantalla digital - usa limas tipo K 	<ul style="list-style-type: none"> - requiere medio seco - no útil a menos de 2 mm - exige calibración - necesita pinza labial
<p>*De IMPEDANCIA</p> <p><i>P. ej. Endocater</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - opera en ambiente líquido - nula sensibilidad del paciente - no requiere pinzas labiales 	<ul style="list-style-type: none"> - difícil de usar - sin pantalla digital - requiere sondas formadas
<p>* De FRECUENCIA</p> <p><i>P. ej. Apit</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - fácil de operar - funciona en medio líquido - utiliza limas K - pantalla analógica - indicación audible - recargable 	<ul style="list-style-type: none"> - puede sufrir cortocircuitos - requiere pinzas labiales

Tabla 2.1. Tipos de localizador.

En vista de todas estas premisas iniciales, y para poder esclarecer y contrastar al máximo este controvertido tema, citaremos a continuación los trabajos más importantes que se encuentran en nuestra línea.

O'Neill (1974) estudió *in vivo* la capacidad del Sono-Explorer para llevar a cabo una correcta conductometría en 53 conductos radiculares de 32 dientes de 21 pacientes que posteriormente fueron exodonciados y medidos directamente.

Trabajó sobre unos conductos en condiciones de humedad.

En el 83% de los casos (44 conductos) las medidas electrónicas y las medidas anatómicas directas fueron exactas. En el 17% (9 conductos) la variación fue de ± 0.5 mm, siendo la electrónica la medida más corta.

Las mediciones del Sono-Explorer fueron incorrectas ante dos situaciones:

- un diente aislado incorrectamente, con flujo de saliva que contactó con la sonda electrónica; y,
- un primer premolar maxilar cuyo periodonto quedó en contacto con un segundo premolar impactado.

Seidberg et al (1975) no quedaron satisfechos empleando el Sono-Explorer perfeccionado por Inoue (1972, 1973). Al comparar los resultados obtenidos eléctricamente de la longitud del diente y los logrados determinando la constricción apical mediante el sentido dígito-táctil, encontraron que el Sono-Explorer resultó menos fiable que su propio tacto para localizar la constricción apical. Sin embargo, ambos métodos fueron muy imprecisos. Concluyeron que ni el aparato electrónico ni el sentido dígito-táctil pudieron reemplazar el control radiográfico como sistema de medición.

Plant y Newman (1976) también valoraron el Sono-Explorer, comparando la "longitud eléctrica" con la longitud real determinada tras la extracción. El aparato fue exacto en 30 de los 32 dientes estudiados, y en los 2 casos restantes sólo hubo un error de 0.3 a 0.5 mm.

Busch et al (1976) probaron el Sono-Explorer y encontraron que en el 93'3% de las ocasiones fue preciso, con un margen de $\pm 0'5$ mm.

Aurelio, Nahmias y Gerstein (1983) desarrollaron un modelo para evaluar un aparato electrónico de medición de la longitud de los conductos. Un diente extraído se colocó en una perforación de 4- x 4- mm practicada en el tapón de un tubo de poliestireno⁹. El tubo se rellenó con una solución de agar caliente (Bacto-Agar¹⁰: 2 g en 100 ml de solución tampón [NaCl, 9 g ; Na₂HPO₄-7H₂O, 1'43 g ; KH₂PO₄, 0'18 g ; 1 l H₂O]). Inmediatamente se cerró el tubo con el tapón y se introdujo en un refrigerador durante dos horas para solidificar el agar. A través de la base del tubo se introdujo un clavo media pulgada para poder conectar el electrodo.

Practicaron un acceso coronario convencional y se introdujo en el conducto una lima fijada al otro electrodo del localizador.

Este modelo fue fácilmente visualizado o radiografiado para comprobar la posición del instrumento dentro del conducto y ayudó a operadores inexpertos a familiarizarse con este tipo de aparatos antes de su uso *in vivo*.

Según Pages (1985), pudo parecer que los aparatos de señal acústica fueron más interesantes, pero estos instrumentos debieron ser graduados para cada paciente y su graduación era muy delicada, por lo que se inclinó hacia los aparatos de lectura indirecta sobre galvanómetro, y en particular, hacia el Dentometer de Dahlin.

Pages (1985) afirmó que con el empleo del Dentometer de Dahlin, el trabajo endodóncico se mejoró y simplificó. Hubo que tener siempre presente que en su práctica se hubieron de realizar y respetar todas las normas de cualquier tratamiento endodóncico (radiografía, lavado, aislamiento,...). No fue, pues, un método diagnóstico exclusivo de Endodoncia, sino solamente una mejora importante añadida al tratamiento clásico.

⁹ Fischer Scientific, Chicago, IL.

¹⁰ Difco Laboratories, Detroit, MI.

Inoue y Skinner (1985) emplearon como aparato medidor de conductos radiculares el Sono-Explorer Mark III. Recalaron su simplicidad de uso y unos resultados más seguros con respecto al anterior Sono-Explorer Mark II.

Estudiaron un conjunto de 201 dientes (69 incisivos, 58 bicúspides y 74 molares) con un total de 310 conductos.

Realizaron el pertinente aislamiento, la apertura cameral, y en casos de pulpa vital, la extirparon y secaron el interior del conducto. Con el sintonizador fijado a 4 se llevó a cabo la medición. Cuando sonó la alarma y la aguja del dial se centró entre la escala positiva y negativa, se hicieron radiografías empleando la técnica del ángulo bisectriz o de los planos paralelos. Registraron las distancias desde el ápice radiográfico hasta el extremo de la sonda medidora. La diferencia promedio de $0'62 \pm 0'58$ mm fue obtenida desde el ápice radiográfico hasta el extremo de la lima.

Los resultados fueron los siguientes: el 57'7% (179 casos) fue 0-0'5 mm más corto; el 26'8% (83 casos) fue 0'6-1'0 mm más corto; el 15'2% (47 casos) fue 1'1-3'0 mm más corto; el 0'3% (1 caso) excedió el ápice radiográfico.

Nahmias, Aurelio y Gerstein (1987) desarrollaron un modelo experimental para comprobar la eficacia de tres localizadores electrónicos de ápice.

Emplearon tres localizadores electrónicos de ápice : Sono-Explorer, C. L. Meter¹¹, y Neosono-D. El Sono-Explorer dispuso de una señal acústica para determinar la posición deseada de la lima dentro del conducto radicular. El C. L. Meter y el Neosono-D fueron modificaciones del Sono-Explorer.

Colocaron los especímenes con la porción radicular sumergida en tubos de cultivo de poliestireno que contuvieron un medio conductor (0'2 mg de agar en 100 ml de solución tampón). En la base del tubo se introdujo el polo negativo (clip labial), previa perforación.

¹¹ Morita International Co., Chicago, IL.

Se basaron en el principio de Sunada, según el cual la resistencia eléctrica entre la membrana mucosa y el periodonto puede ser considerada como una relación constante.

Tras la apertura cameral, introdujeron la lima en el interior del conducto y la hicieron avanzar hasta que el aparato registró el foramen apical. En ese momento fijaron la lima mediante un cemento de cianoacrilato y practicaron radiografías. Cada diente y radiografía fueron numerados con los dígitos randomizados de Zar 10,000.

Seleccionaron 60 dientes unirradiculares humanos exodonciados e hicieron 6 grupos con 10 especímenes cada uno:

- Grupo 1: Sono-Explorer.

Se introdujo la lima en el conducto y cuando un único sonido se hizo audible, quedó localizado el foramen apical.

- Grupo 2: C. L. Meter.

Tuvo tres señales: un reloj, un sonido y una lámpara. Cuando la señal se hizo audible, quedó localizado el foramen.

- Grupos 3 y 4: Neosono-D 0'0 y Neosono-D 0'5.

El Neosono-D contó con un dial digital, con una alarma y una lámpara que indicaron la localización del foramen.

Siguiendo las instrucciones del fabricante, la referencia del dial se colocó a 50. A continuación se introdujo la lima hasta que el dial indicó 0'0 (posición del foramen apical = grupo 3). En el grupo 4 el procedimiento fue el mismo, pero la lima se fijó cuando el dial indicó que estuvo a 0'5 mm corta con respecto al foramen apical.

- Grupo 5: determinación radiográfica 1'0 mm corta.

Un largo de trabajo a 1'0 mm del ápice radiográfico fue clínicamente aceptable.

Después de la cavidad de acceso en 10 especímenes, se introdujo una lima en el conducto hasta encontrar resistencia, y se

radiografiaron. Entonces la longitud de la lima se ajustó a 1 mm más corta del ápice radiográfico, midiendo la distancia entre el extremo de la lima y el ápice radiográfico mediante un calibrador.

- Grupo 6: determinación radiográfica al ápice radiográfico.

Se siguió el mismo procedimiento que en el grupo 5, con la diferencia de que se ajustó la longitud al ápice radiográfico.

Encontraron distancias de 0'104 a 1'140 mm desde el foramen apical hasta la constricción apical.

No observaron una diferencia significativa entre los resultados pertenecientes a cada grupo de especímenes.

Este estudio demostró la capacidad de los localizadores de ápice para encontrar el foramen apical.

El modelo experimental desarrollado pudo servir de ayuda maestra ante operadores inexpertos, de modo que se pudieron ir habituando al manejo de este tipo de aparatos.

Fouad y Krell (1989) analizaron cinco modelos diferentes de localizador electrónico de ápice: Exact-a-pex, Endocater, Neosono-D, Apex-Finder y Sono-Explorer Mark III.

Se plantearon una serie de premisas:

- ¿Qué exactitud tuvieron estos cinco aparatos para averiguar la longitud radicular exacta en dientes humanos?
- ¿El tamaño de los conductos afectó a la medición electrónica?
- ¿Se pudo realizar la medición electrónica con gutapercha conductora en lugar de limas?
- ¿Qué efecto tuvieron sobre estos aparatos los fluidos del interior de los conductos?

El modelo *in vitro* usado por ellos fue el introducido por Aurelio, Nahmias y Gerstein (1983) y posteriormente modificado por Nahmias, Aurelio y Gerstein (1987), y fue creado para reproducir las condiciones de conductividad bucal. En este modelo, la raíz dentaria se introdujo en el extremo superior de un tubo de poliestireno relleno de una solución tampón. En el extremo inferior, el tubo se atravesó con una aguja metálica que permitió el contacto entre el relleno de agar y el polo negativo del aparato medidor. La fórmula de la solución tampón fue: 8'0 g de cloruro sódico; 0'2 g de cloruro potásico; 1'15 g de fosfato disódico; 0'2 g de fosfato potásico; 0'2 g de ácido sódico, y 1 l de agua destilada. El pH se ajustó a 7'4.

En cuanto a la concentración del agar, Aurelio, Nahmias y Gerstein (1983) lo emplearon al 2% y obtuvieron mediciones electrónicas más largas que la medidas verdaderas. Ésto se debió a que la alta concentración del agar creó un medio totalmente viscoso que dejó huecos en el espacio periapical, lo que minimizó el contacto entre la lima y el agar y disminuyó la conductividad eléctrica.

Posteriormente, Nahmias, Aurelio y Gerstein (1987) utilizaron agar al 0'2 % y las medidas les quedaron más cortas de lo real. Ésto se explicaría por la filtración del agar al interior del conducto a través del foramen apical, creando una conductividad eléctrica temprana.

Fouad y Krell (1989) creyeron que la concentración ideal de agar para este modelo fue de 0'8-1%.

Seleccionaron 20 dientes frescos exodonciados humanos, mantenidos en una solución de timol al 1% hasta su uso.

Se introdujeron en los tubos y se sujetaron en la parte superior mediante el tapón del tubo.

Se hicieron dos subgrupos (A y B) de 10 especímenes cada uno. En el grupo A los conductos se trabajaron hasta una lima nº 50 al largo de trabajo verdadero menos 0'5 mm. Con una lima nº 10 se llegó hasta el largo de trabajo verdadero. Estos dientes se recolocaron en los tubos y se midieron nuevamente con los medidores electrónicos en condiciones de sequedad.

En el grupo B los canales fueron remedidos ante 6 irrigantes diferentes: etanol, peróxido de hidrógeno, solución salina, Xilocaína, hipoclorito sódico y sangre con anticoagulante. Cada uno de los especímenes se limpió con agua destilada y se secó con puntas de papel entre una aplicación y otra de los diversos irrigantes.

Los resultados fueron los siguientes:

- No encontraron diferencias significativas entre los cinco medidores bajo las condiciones de este experimento.
- Insignificante diferencia de medidas tras haber realizado una preparación de los conductos.
- Las medidas obtenidas con las puntas de gutapercha fueron similares a las obtenidas con las limas.
- Cuando la sangre o el hipoclorito sódico fueron empleados como irrigantes, se obtuvieron medidas más cortas que las verdaderas.
- El Endocater no proporcionó exactitud *in vitro* ante la presencia de fluidos.

En un estudio posterior, Fouad et al (1990) emplearon los cinco aparatos anteriores para evaluar su fiabilidad en el empleo clínico, y confrontaron los resultados con los obtenidos mediante la interpretación radiográfica de la longitud canalicular. Emplearon 20 dientes unirradiculares que fueron exodonciados por motivos ortodóncicos, prostodóncicos o periodontales.

Después de obtener el consentimiento del paciente, se determinó el largo de trabajo con cada uno de los cinco medidores electrónicos con una lima nº 10 ó nº 15, a excepción del Endocater, en el que se emplearon sondas recubiertas de un material aislante. El largo de trabajo tomado fue la distancia comprendida entre la punta de la lima y el tope de goma que se había ajustado a una referencia anatómica de la corona. Una vez extraído el diente, se midió el largo de trabajo real, que fue restado del obtenido con cada uno de los medidores con el fin de hallar la discrepancia. El criterio

escogido fue que se considerara correcta una medición que rondara a la medida real en $\pm 0'5$ mm.

A $\pm 0'5$ mm del foramen apical quedaron desde un 75% de las mediciones obtenidas con el Endocater o el Sono-Explorer, hasta un 55% de las tomadas con el Exact-a-pex, pero el análisis estadístico de los resultados demostró que la diferencia entre las medidas obtenidas con los distintos aparatos no fue significativa.

La media de las medidas tomada con el Endocater quedó algo corta con respecto al foramen apical, mientras que la de los demás aparatos quedó ligeramente más allá de dicha referencia anatómica.

La capacidad para determinar el largo de trabajo con la radiografía preoperatoria dentro del mismo rango que los medidores electrónicos fue del 53%.

Estos autores concluyeron que, puesto que con los medidores electrónicos se obtuvo una variabilidad en los resultados menor que con la radiografía preoperatoria, estos aparatos fueron útiles en la estimación del largo de trabajo, previamente a la determinación radiográfica.

Los resultados obtenidos llevaron a los autores a no considerar el uso de los localizadores electrónicos de ápice en situación de sustituir al control radiográfico.

Stein, Corcoran y Zillich (1990) estudiaron 47 dientes no restaurables pertenecientes a 22 pacientes.

Comenzaron por realizar una radiografía preoperatoria con la técnica de planos paralelos.

Emplearon el Neosono-D, atando un hilo de seda a cada lima y efectuaron la medición electrónica sin haber limpiado antes el conducto. El localizador detectó la posición del extremo de la lima cuando ésta se encontró a 0'5 mm del foramen mayor. Entonces se quitó la lima y se midió el largo de trabajo electrónico.

Tras la extracción del diente, se reposicionó la lima y se fijó con composite autopolimerizable. Se mantuvieron los especímenes en solución de formol al 10%.

El sistema de corte empleado fue el Buehler Isomet que practicó cortes de 500 μ , y como sistema de análisis de imágenes se utilizó el Bioquant II, que midió y analizó las distancias.

Con respecto a la unión cemento-dentinaria (CDJ), en 16 de los 47 conductos (34%) la punta de la lima estuvo sobreextendida, con un rango de 0'05-1'07 mm. De estos 16, en 10 lo estuvo menos de +0'5 mm; en 5 especímenes la sobreextensión fue mayor de 0'5 mm; en un conducto estuvo sobreextendida más de 1 mm. Las restantes 31 limas (66%) estuvieron cortas con respecto a CDJ, con un rango de 2'39-0'05 mm. De las 31 limas, 17 estuvieron a menos de -0'5 mm; 6 a más de -0'5 mm; 8 a más de -1 mm.

Con respecto a la apertura del foramen mayor, 4 de las 47 limas (8%) estuvieron sobreextendidas, con un rango de 0'07-0'67 mms. De estas 4 limas, 3 estuvieron a menos de +0'5 mm; 1 a +0'5 mm; ninguna a más de +0'5 mm. Las 43 limas restantes (92%) quedaron cortas con respecto a la apertura del foramen mayor.

El Bausch&Lomb Stage Micrometer determinó un margen de error del 3'9 % en el empleo del Bioquant II.

En este estudio, el diámetro medio del foramen menor fue de 0'18 mm.

Cuando el extremo de la lima pasó el foramen menor, se puso en contacto con mayor superficie de tejido cementario, y entonces, la resistencia de los circuitos del localizador electrónico disminuyó.

La resistencia del circuito estuvo determinada por las propiedades aislantes de la porción dentinaria del conducto, por el ancho del foramen mayor, y por la superficie de contacto entre la lima y el tejido conductivo.

Cuando el diámetro del foramen mayor aumentó por encima de 0'2 mm, las medidas tomadas desde el foramen aumentaron.

Concluyeron diciendo que cuando el ancho del foramen mayor aumenta, la discrepancia entre la punta de la sonda electrónica y la verdadera posición del foramen mayor aumentó.

Castellucci, Falchetta y Becciani (1992) estudiaron 100 dientes humanos extraídos con ápice maduro, de los cuales 72 fueron monorradiculares y 28 multirradiculares. Hasta su utilización, los dientes fueron conservados en solución de formalina al 10%.

El medidor electrónico empleado fue el Apit.

Para reproducir *in vitro* las condiciones clínicas de medición electrónica de la longitud de los conductos, se mantuvo a los especímenes con su porción radicular sumergida en suero fisiológico, a fin de simular la impedancia entre la mucosa alveolar y el tejido periodontal profundo.

Tras realizar la cavidad de acceso, se irrigó con hipoclorito sódico al 2'5%. Se introdujo la lima en el interior del conducto, y según avanzó fue posible comprobar el aumento de la impedancia en el visor analógico. El momento de la supuesta localización del foramen apical se hizo patente mediante una señal sonora continua. En esta posición se fijó la lima con IRM. Tras el fraguado del cemento se realizaron dos radiografías por espécimen, situándolos a 20 mm del tubo y perpendiculares a él. Una de las Rx mantenía la superficie vestibular del diente paralela a la película, y la otra se realizó desde una cara proximal a fin de obtener la imagen vestíbulo-lingual del espécimen.

Las Rx se codificaron al igual que los dientes. Fueron observadas y fotografiadas con un estereomicroscopio Zeiss Stemi SV 8, con la ayuda de una escala de medición que midió con una precisión de décimas de mm.

Para cuantificar la exactitud de medición, fue necesario evaluar el factor de la distorsión dimensional radiográfica, y se encontró una pequeña variación del 2%, de importancia descartable.

Con la ayuda del estereomicroscopio, también se estudió directamente la porción apical de cada espécimen, y la instrumentación pudo ser:

- instrumento exacto en el ápice (A): cuando la punta fue visible y coincidente con el plano tangente al foramen apical;
- instrumento largo (L): pero en el intervalo clínicamente aceptable, cuando no está a más de 0'5 mm;
- instrumento corto (C): pero a una medida no superior a 0'5 mm. En este caso la medida se obtuvo introduciendo a través del foramen apical el extremo de una segunda lima de calibre muy fino, hasta tocar el extremo de la lima bloqueada en el interior del conducto, con tal de que el margen externo del foramen apical no fuese superado por la porción terminal de la primera estría, correspondiendo a la medida de 0'5 mm.

Las medidas que estuvieron fuera del límite clínicamente aceptable ($\pm 0'5$ mm) fueron consideradas inaceptables.

El grado de exactitud del Apit se mostró alto. El instrumento se encontró en la posición clínicamente aceptable de $\pm 0'5$ mm en el 81% de los casos observados radiográficamente, y en el 89% de los observados directamente con el estereomicroscopio.

Frank y Torabinejad (1993) seleccionaron 99 dientes al azar con un total de 185 conductos radiculares, que requirieron tratamiento endodóncico. Pertenecieron a unos pacientes con edades comprendidas entre 12 y 97 años.

Participó en el estudio un grupo de 10 operadores.

Determinaron con el Endex¹² la longitud óptima de trabajo para cada conducto radicular en condiciones de humedad, radiografiándolo posteriormente con la lima en su interior. Independientemente, un operador valoró la exactitud de los largos de trabajo radiográficos.

¹² Osada Electric Co., Los Angeles, CA.

El mismo procedimiento se llevó a cabo en los conductos anteriores tras haberlos secado con puntas de papel.

Cada operador empleó una hoja de datos para recoger información diagnóstica del estado pulpar y periapical, de la presencia de restauraciones, de la longitud del conducto, de resorciones, de la presencia o ausencia de humedad en el conducto.

Las longitudes obtenidas con el Endex y con la radiografía fueron recogidas y comparadas.

Con un margen de error de ± 0.5 mm, la coincidencia con ambos tipos de determinaciones fue del 89.64%.

Las medidas obtenidas en seco presentaron una variedad de resultados sin consistencia o predictibilidad.

El Endex coincidió con el hallazgo radiográfico en el 70.74% (131 conductos).

De los 185 conductos, en el 2.7% (5 conductos), el Endex dió medidas 1.0 mm más largas que las radiográficas. En el 4.86% (9 conductos) 1.0 mm más cortas. En el 1.08% (2 conductos) 1.5 mm más cortas. En el 1.08% (2 conductos) medidas 2 mm más largas. En el 0.54% (1 conducto) 2 mm más cortas.

Los resultados ofrecidos por el Endex no se vieron alterados por las condiciones pulpares o periodontales ni por la presencia de humedad en el interior del conducto.

Concluyeron destacando la importancia del Endex dentro del armamento endodóncico, sobre todo en aquéllas situaciones en las que no fue posible averiguar la longitud del conducto radiográficamente. También criticaron su imposibilidad de detectar la presencia, grado o dirección de curvaturas, y la presencia de conductos extra.

Padrós et al (1993) emplearon un localizador de ápice de doble frecuencia, el Apit.

Tras obtener la longitud del conducto, redujeron en 0.5 mm la longitud de trabajo para compensar el acortamiento del conducto

tras la preparación biomecánica en conductos algo curvos y 1'0 mm en conductos con curvatura marcada.

Las conductometrías se realizaron con el Apit y con radiografía ó RVG simultáneas.

Tras finalizar la preparación biomecánica se repetía la Rx ó RVG.

Emplearon dos Apit, el P.806225 y el P.806485, que denominaron Apit A y Apit B.

Midieron 100 conductos, 50 con el Apit A y 50 con el Apit B.

Excluyeron los especímenes con ápices abiertos. En relación a esto, Saito y Yamashita (1990) determinaron que los diámetros de los forámenes entre 0'17 y 0'42 mm no influyeron sobre los valores registrados, pero por encima de 0'62 mm la lectura fue inferior a la real.

El Apit A no dió lectura en dos casos porque el instrumento no pudo alcanzar el ápice. Los valores resultaron ser exactos en 46 casos, es decir, en un 92% de los conductos, porcentaje que ascendió a un 96% si se desestimaron los dos casos en los que no hubo lectura. Las dos únicas lecturas erróneas lo fueron por exceso, una por 0'5 mm y otra por 1 mm.

El Apit B no dió lectura en cinco casos por no poder llegar a ápice. Sus valores resultaron exactos en 42 conductos, es decir, en un 84%, porcentaje que ascendió a un 90% descontando los casos en los que no hubo lectura. Las tres medidas erróneas lo fueron también por exceso de 0'5 mm.

De 100 conductos estudiados, encontraron 7 casos sin posibilidad de lectura y con 88 mediciones correctas, es decir, un 88% de éxito, que se transformó en un 93% al descontar los 7 casos sin lectura.

De los 100 conductos tratados y medidos con Rx ó RVG, 17 resultaron con una medición incorrecta, frente a los 5 mal medidos con el Apit.

El Apit fue un instrumento de más fiabilidad que las Rx ó RVG poco claras, y vino a ser de gran ayuda para determinar la longitud de trabajo en conductos incómodos de radiografiar.

La doble conductometría con Apit y Rx permitió aumentar el número de éxitos en Endodoncia.

Hembrough et al (1993) analizaron 26 dientes pertenecientes a 14 pacientes adultos del sexo masculino, de edades comprendidas entre los 47 y 75 años. Todos fueron primeros o segundos molares maxilares, sin evidencia radiográfica de patología periapical.

Realizaron radiografías periapicales preoperatorias.

Eliminaron las pulpas de los conductos disto-vestibular y palatino con la ayuda de tiranervios e irrigación con solución salina. Introdujeron en estos conductos limas hasta la longitud estimada en la radiografía preoperatoria, e hicieron una segunda radiografía para verificar la posición de la lima. Si las limas aparecían radiográficamente a ± 1 mm de la posición deseada, corta o larga, hicieron la variación y recogieron la medida de la longitud dentaria. Si la radiografía mostraba la lima 1 mm más larga o más corta de lo deseado, practicaron la corrección y una tercera radiografía para comprobarlo.

Las longitudes se midieron con exactitud de 0'5 mm desde la punta de la lima hasta el punto de referencia coincidente con el tope de goma.

Se limpiaron y secaron los conductos con puntas de papel para la evaluación electrónica. Para ello se empleó el Sono-Explorer Mark III siguiendo las instrucciones del fabricante. Se eliminaron de los especímenes todas las restauraciones que pudieran interferir en su correcto funcionamiento.

Se emplearon limas nº 15, 20 ó 25, y se introdujeron poco a poco en cada conducto hasta que se hacía audible una señal emitida por el aparato. En este momento era de suponer que se había alcanzado el foramen apical. Se retiró la lima y se midió con una regla estándar

de endodoncia con una precisión de 0'5 mm. Se reposicionaron las limas y se radiografiaron.

Extrajeron los dientes y los colocaron en un recipiente con hipoclorito sódico al 5'25% para eliminar restos de tejido periodontal de la porción apical radicular.

Realizaron medidas anatómicas directas (con precisión de 0'5 mm) de los conductos introduciendo una lima nº 15 K-Flex hasta que se hizo visible en el foramen apical (de mayor diámetro) gracias a un microscopio situado perpendicular al sitio de salida del conducto.

Recogieron la medida directa y la compararon con la radiográfica y la electrónica. Las medidas que estaban a $\pm 0'5$ mm del foramen apical, se consideraron clínicamente aceptables (Tablas 2.2 y 2.3). Las medidas que iban más allá del foramen se acompañaban de un signo positivo (+) y las cortas de uno negativo (-).

Con el método radiográfico obtuvieron:

- 88'5% de medidas a $\pm 0'5$ mm del foramen mayor;
- 9'6% de medidas más largas; y,
- 1'9% de medidas más cortas.

Con el método electrónico hallaron:

- 73'1% de medidas a $\pm 0'5$ mm del foramen; y,
- 26'9% de medidas más largas.

Anatómica comparada con	Nº total raíces	Anat.=q. Rx ó elect.	Anat. $\pm 0'5$ mm	Anat. +1 a +2 mm	Anat. -1 a -2 mm	Anat. $-2'5$ mm ó >
Rx	26	12	12	0	2	0
Electr.	26	8	10	0	6	2

Tabla 2.2. Medidas anatómicas comparadas con las medidas radiográficas y electrónicas (conducto disto-vestibular).

Anatómica comparada con	Nº total raíces	Anat.=q. Rx ó elect.	Anat. $\pm 0'5$ mm	Anat. +1 a +2 mm	Anat. -1 a -2 mm	Anat. $-2'5$ mm ó >
Rx	26	6	16	1	3	0
Electr.	26	7	13	0	6	0

Tabla 2.3. Medidas anatómicas comparadas con las medidas radiográficas y electrónicas (conducto palatino).

En estas condiciones, los métodos electrónicos no pudieron desplazar a los radiográficos a la hora de realizar conductometrías en Endodencia.

Fouad, Rivera y Krell (1993) compararon la eficacia del Endex con la del Exact-a-pex, Sono-Explorer Mark III y Neosono-D SE,

teniendo en cuenta dos variables: el efecto de los irrigantes y el tamaño del foramen apical.

Analizaron 60 dientes exodonciados que fueron divididos en grupo A (con foramen apical estrecho que no pudo ser permeabilizado con una lima n° 30) y grupo B (con foramen apical ancho permeabilizado con una lima n° 30 más allá de 2-3 mm con una presión muy leve). El diámetro medio del foramen apical en el grupo A fue menor de 0'3 mm, mientras que en el grupo B excedió los 0'34 mm.

Para determinar la longitud del canal radicular con el Endex, en el grupo A emplearon limas n° 15 y en el grupo B limas n° 35. Finalmente, la verdadera medida se obtuvo introduciendo una lima n° 10 (en el grupo A) o una lima n° 30 (en el grupo B) hasta que, y con la ayuda del estereomicroscopio, el extremo de la lima quedó justo por dentro del foramen apical.

Se aplicó un signo positivo a las medidas que excedieron el foramen apical, y un signo negativo a las que quedaron cortas con respecto a éste. Las medidas que quedaron a $\pm 0'5$ mm de la verdadera longitud, se consideraron clínicamente aceptables.

Apreciaron una superioridad del Endex con respecto a los demás medidores electrónicos ante conductos húmedos. No obstante, la fiabilidad disminuyó notablemente cuando el foramen apical fue ancho.

Mayeda et al (1993) llevaron a cabo un estudio para ver si el estado de vitalidad pulpar pudo afectar la localización electrónica de la constricción apical.

Seleccionaron 33 dientes destinados a ser exodonciados, pertenecientes a 19 pacientes. Todos fueron dientes unirradiculares con ápices maduros. Se comprobó la vitalidad de todos ellos con la ayuda de un pulpómetro, resultando 17 vitales y 16 necróticos.

Eliminaron la porción coronal del diente y ensancharon la entrada de los conductos radiculares mediante fresas Gates-Glidden para facilitar la colocación de la lima. Los conductos fueron irrigados con hipoclorito sódico al 5'25%.

Insertaron la lima a 2-3 mm del ápice radiográfico. Colocaron la pinza y el gancho labial del Endex y ajustaron este aparato. El tamaño de la lima estuvo entre nº 15 y nº 35, según el tamaño del conducto.

Una vez que la aguja del dial se colocó a nivel de la marca “APEX”, se practicó una nueva radiografía y se fijó la lima a nivel coronario con composite autopolimerizable. Cuando el composite hubo fraguado, se extrajo el diente y se conservó en formalina.

Las porciones radiculares fueron revestidas de resina acrílica ortodóncica. Posteriormente cortaron la resina y la raíz para poder observar la relación existente entre el extremo de la lima y la constricción apical. Una vez eliminado el acrílico con un disco, cortaron longitudinalmente la raíz mediante discos Sof-lex progresivos. El plano de corte fue el mismo que el de la curvatura mayor de la raíz.

Tras observar los especímenes al microscopio, se midieron y recogieron las distancias entre el extremo de la lima y el foramen mayor. Dos examinadores recogieron los resultados y no discreparon en las mediciones.

Todas las mediciones fueron efectuadas desde el foramen mayor para poder ser más reproducibles y fiables.

En los casos de dientes vitales, recogieron un máximo de -0'71 mm (coronal al agujero mayor) y un mínimo de +0'50 mm (extendida más allá del foramen mayor), con una media de -0'057 mm y una desviación estándar de 0'32 mm.

En el grupo de los dientes necróticos obtuvieron un máximo y un mínimo de -0'86 mm a +0'43 mm con una media de -0'11 mm y una desviación estándar de 0'35 mm.

Estadísticamente no hallaron una diferencia significativa entre las medidas de los casos necróticos y vitales.

Rivera y Seraji (1994) emplearon conos de gutapercha con una película de plata que las hizo conductoras junto con el Neosono-D SE, sobre una muestra de 30 dientes anteriores exodonciados. Realizaron radiografías para cada largo de trabajo electrónico. El localizador electrónico dio medidas 1'0 mm más cortas que el largo de trabajo real en el 36% de los casos, y la radiografía en el 64%.

Hedrick et al (1994) compararon imágenes radiográficas digitales de Trophy¹³ y Regam¹⁴ con las imágenes radiográficas convencionales E-speed¹⁵ para determinar la longitud canalicular.

Introdujeron limas n° 15 en los conductos radiculares de 19 dientes de cadáveres (Tabla 2.4) con tejidos blandos intactos, y los radiografiaron con un procedimiento geoméricamente estandarizado para poder realizar las mismas proyecciones con los tres sistemas. Este procedimiento permitió variar las proyecciones en sentido mesio-distal. La angulación vertical se fijó perpendicular al rayo central. La distancia del foco al espécimen fue de 37 cm.

	MAXILAR	MANDIBULAR
Premolares	2	4
Molares	8	6

Tabla 2.4. N° de especímenes.

Los conductos fueron ligeramente trabajados con una lima n° 10 a una longitud de ensayo estimada radiográficamente.

Primero introdujeron una lima n° 15 0'5-2'5 mm corta con respecto al límite interno radiográfico del espacio del ligamento periodontal.

¹³ Trophy Radiologie, Vincennes, France.

¹⁴ Regam Medical Systems AB, Sundsvall, Suecia.

¹⁵ Eastman Kodak Company, Rochester, New York.

Marcaron la longitud de la lima fijando el tope de goma con cera con respecto a una cúspide. Radiografiaron cada espécimen con los tres métodos, con una sola lima por imagen. Retiraron esa lima e introdujeron otra sobreextendida 0'5-2'5 mm más allá del límite interno del ligamento periodontal, volviendo a marcarla y a obtener las imágenes pertinentes. Obtuvieron 20 muestras sobrepasadas y 20 muestras cortas.

El autor principal midió las 40 limas con una precisión de 0'1 mm tres veces, gracias a un microscopio con una ampliación de x8. Se realizó el promedio de las tres mediciones para obtener la longitud de inserción de cada una de las 40 limas.

A continuación extrajeron los especímenes, disecando el hueso periapical y disolviendo los tejidos blandos por inmersión en hipoclorito sódico al 5'25% durante 20'.

El largo de trabajo verdadero se obtuvo introduciendo una lima nº 15 hasta el mayor diámetro del foramen apical y observándolo al microscopio. La longitud del conducto se marcó en el vástago de la lima con un nuevo tope de goma. Se retiró la lima y se midió su longitud bajo observación microscópica con ampliación x8. Este proceso se repitió tres veces por espécimen.

La diferencia entre la longitud de inserción y la longitud real para cada conducto fue la longitud de ajuste real de cada conducto representado.

La interpretación de las 120 imágenes corrió a cargo de tres observadores. Se solicitó a los observadores que estimaran la distancia entre la punta de la lima y el límite interno del ligamento periodontal. Esta distancia fue la longitud de ajuste estimada. Los datos de los tres observadores se recogieron para generar la longitud de ajuste estimada promedio para cada conducto.

Estadísticamente (test de Student-Newman-Keuls) no encontraron diferencia significativa entre los resultados obtenidos con la radiografía digital y la convencional.

Los ajustes de largo de trabajo con radiografía convencional fueron ligeramente más exactos que con las imágenes del monitor de alta resolución Regam.

Los ajustes de largo de trabajo fueron significativamente más exactos con la lima colocada corta con respecto al ápice.

Rivera y Seraji (1994) indicaron que la relevancia clínica de este estudio fue discutida.

Pallarés y Faus (1994) determinaron *in vivo* la longitud de trabajo en 34 molares con la ayuda de dos localizadores electrónicos de ápice: el Odontometer y el Endocater. Los resultados fueron comparados con las mediciones postextracción del largo de trabajo. Las mensuraciones se llevaron a cabo antes y después de eliminar y secar el contenido del interior de los conductos.

Los resultados mostraron que en el 84'8% el Odontometer y en el 89'6% el Endocater, ante conductos secos, obtuvieron mediciones situadas a $\pm 0'5$ mm de la constricción apical; en el caso de conductos húmedos, los valores fueron de 79'3% y 88'7%, respectivamente.

Arora y Gulabivala (1995) evaluaron *in vivo* la precisión del Endex y del RCM Mark II¹⁶, comparándolos con la determinación radiográfica.

Una vez extraídos los dientes, valoraron la posición del extremo apical de la lima con respecto al foramen. Midieron la distancia entre el extremo de la lima y el ápice anatómico.

El Endex fue preciso en el 71'7% de los casos cuando el margen de error se fijó en 0'5 mm y en el 91'3% cuando se fijó a 1 mm, mientras que con el RCM Mark II los valores fueron de 43'5% y 84'8% respectivamente.

La precisión del Endex fue superior en presencia de diversos electrólitos en el conducto; de ellos, el que menos afectó a los

¹⁶ Evident Dental Co, London, Reino Unido.

resultados fue el hipoclorito sódico, y el que más, los restos pulpares necróticos.

Ellingsen, Harrington y Hollender (1995) emplearon en su estudio 25 molares maxilares con raíces mesio-vestibulares muy anchas en sentido vestíbulo-palatino.

Un investigador llevó a cabo los procedimientos técnicos sobre todos los dientes. Realizó la apertura cameral convencional e introdujo una lima K n° 8 ó n° 10 en el conducto hasta el foramen apical. La determinación del largo de trabajo se llevó a cabo mediante radiografía convencional con un aparato convencional Siemens¹⁷ y mediante un sistema de radiovisiografía Trophy.

Con respecto a la radiografía convencional, emplearon películas Kodak D-speed¹⁸ y E-speed expuestas a 70 kV y 7 mA durante 0'16 y 0'13'' respectivamente. Las radiografías fueron evaluadas por dos operadores usando un negatoscopio y un aparato de magnificación x2 Viewscope¹⁹.

En lo concerniente a la radiografía digital, el sensor intraoral fue expuesto a 70 kV y 7 mA. Las imágenes se obtuvieron inmediatamente en la pantalla y fueron visualizadas independientemente por dos operadores. A partir de estas imágenes originales se llevaron a cabo varios cambios: aumento, conversión de negativo a positivo y aplicación de *zoom*.

Cada una de las cinco imágenes radiovisiográficas fueron comparadas con las radiografías convencionales D-speed y E-speed. Si la imagen radiovisiográfica mostró con más detalle y visibilidad que la radiografía convencional el extremo de la lima, se marcó con "+". Si la calidad de las imágenes fue equitativa, se marcó con un "=". Si el detalle de la radiovisiografía fue menor que el de la radiografía convencional, se marcó con un "-". También se compararon entre sí los dos tipos de radiografía convencional.

¹⁷ Siemens, Munich, Germany.

¹⁸ Eastman Kodak Company, Rochester, New York.

¹⁹ Wolf X-ray, Hempstead, NY.

Estadísticamente, el *zoom* en la conversión de negativo a positivo fue equivalente a las radiografías D-speed ($p=0'264$) y superior a las radiografías E-speed ($p<0'001$). El *zoom standard* fue superior a las radiografías E-speed ($p=0'025$). Las radiografías D-speed fueron estadísticamente superiores a las E-speed. Una identificación segura del extremo de la lima se llevó a cabo en las radiografías D y E-speed con el empleo de la magnificación.

Himel y Cain (1995) evaluaron dos localizadores de ápice electrónicos en una clínica de estudiantes de Odontología.

Participaron en el estudio un total de 53 pacientes, aportando un total de 96 conductos.

La longitud de trabajo fue determinada con técnica radiológica estándar. Los controles de cada grupo fueron las mediciones obtenidas con el método radiológico. Después se determinaron las longitudes de trabajo con dos localizadores electrónicos, el Endo Analyzer²⁰ y el Foramatron IV²¹.

Consideraron que el nivel radiológico ideal de instrumentación, se encontró a 0'5-1'0 mm del ápice radiológico.

Las lecturas de los localizadores de ápice coincidieron exactamente con las longitudes de trabajo determinadas radiológicamente un 34% de las veces, y rondaron ± 1 mm un 83%.

Afirmaron que si las longitudes de trabajo fueron determinadas electrónicamente antes de realizar las radiografías, se pudo esperar una reducción en el número de éstas, y por lo tanto, una disminución de la cantidad de radiación recibida por el paciente y de la cantidad de tiempo clínico requerido para este procedimiento.

Pratten y McDonald (1996) compararon la eficacia de métodos electrónicos y radiográficos para localizar la constricción apical de 27 conductos radiculares, pertenecientes a dientes de 6 cadáveres humanos (Tabla 2.5).

²⁰ Analytic Technology, Redmond, WA.

²¹ Parkell, Chicago, IL.

	MAXILAR	MANDIBULAR
Incisivos	2	0
Caninos	2	3
Premolares	3	9
Molares	4	4

Tabla 2.5. N° de especímenes del estudio de Pratten y McDonald (1996).

Todos los especímenes fueron radiografiados preoperatoriamente.

En cada diente se localizó la constricción mediante la ayuda del localizador electrónico de ápice Endex y una lima n° 10. Con el largo de trabajo obtenido se introdujo una lima n° 15 que se fijó con composite, y después se radiografió desde varias angulaciones.

Las radiografías fueron evaluadas por 5 examinadores para determinar la terminación apical.

Los dientes se extrajeron y se examinaron histológicamente para precisar la terminación ideal.

Concluyeron con una ligera superioridad del método electrónico con respecto al radiográfico.

Martínez (1996) realizó un estudio radiográfico convencional sobre 100 dientes, divididos en cuatro tipos distintos de 25 especímenes cada uno:

- primer premolar superior (1PI);
- segundo premolar superior (2PS);

- primer premolar inferior (1PI);
- segundo premolar inferior (2PI).

Practicó 10 radiografías por cada espécimen, que se diferenciaron en los planos horizontal y vertical del haz de rayos con respecto al diente. El ángulo horizontal tomó los valores 0°, 20°, 40°, y el vertical 0°, 15°, 30°. Combinando estas posibilidades obtuvo 9 radiografías distintas por cada espécimen. La décima se correspondió con un ángulo en el plano horizontal de 90° y de 0° en el vertical, y la consideró como radiografía control, ya que en ella verificó el número real de conductos por espécimen.

Su principal objetivo fue determinar qué proyección radiográfica pudo aumentar el número de verdaderos positivos en cada caso, a la hora de determinar el número de conductos radiculares.

Observó que un aumento del ángulo horizontal mejoró de forma significativa la apreciación de segundos conductos en premolares, en concreto, un ángulo de 40° fue el que ofreció mejores resultados. La variación del ángulo vertical no fue decididamente significativa, aunque apreció que si el ángulo horizontal fue bajo (0° ó 20°), un aumento del mismo pudo mejorar las observaciones. Estas conclusiones fueron especialmente aplicables a los premolares maxilares, ya que presentaron más frecuentemente segundos conductos.

Shabahang, Goon y Gluxkin (1997) realizaron un estudio cuyo propósito fue determinar *in vivo* la capacidad del Root ZX para localizar el foramen apical en conductos radiculares no preparados de dientes vitales.

El Root ZX fue presentado como un dispositivo capaz de actuar con precisión en presencia de hipoclorito sódico, agua, sangre, anestésico local y tejidos pulpaes. El fabricante afirmó que pudieron emplearse limas endodóncicas finas sin necesidad de precalibrar el circuito antes de localizar el foramen apical.

Participaron 7 pacientes sanos a los que se les programó la exodoncia de 26 dientes a lo largo de su plan de tratamiento.

Dos clínicos colaboraron en el ensayo clínico de este dispositivo.

Tras la apertura cameral se localizó el foramen apical de cada espécimen con el Root ZX, y en ese momento, se bloqueó la lima en su porción coronaria mediante ionómero de vidrio autopolimerizable. Posteriormente cortaron el mango y el tallo expuestos con una pieza de mano de alta velocidad. A continuación se extrajo el diente y se almacenó en formol al 10%.

Los dientes se sumergieron en hipoclorito sódico al 5'25% durante 24 horas. Luego, se les sometió a una descalcificación en ácido nítrico al 5% durante 3 días, con cambios diarios de la solución. Tras un corto enjuague en agua del grifo, los dientes se deshidrataron sumergiéndolos en alcohol etílico al 80% durante 24 horas, y después, por una inmersión en alcohol al 90% y 100% durante períodos de 1 hora. Una inmersión final en metilsalicilato durante 4 horas volvió a los dientes transparentes.

El ápice de cada espécimen fue inspeccionado independientemente por tres examinadores bajo un estereomicroscopio. Se registró y fotografió la posición de la punta de la lima en relación con el foramen apical. La localización de la punta de la lima fue clasificada dentro de estas cuatro categorías: corta respecto al foramen; en el diámetro mayor (foramen mayor); en el diámetro menor (constricción apical); más allá del foramen.

Estos autores consideraron válidas las mediciones obtenidas en los diámetros mayor y menor, que resultaron ser 17. La punta de la lima protrujo más allá del foramen apical en 8 raíces, y no llegó a alcanzarlo en 1 caso.

Al funcionamiento de los localizadores electrónicos de ápices se les permitió un cierto margen de error clínico, y en este estudio fue de $\pm 0'5$ mm.

El dispositivo Root ZX localizó el foramen apical dentro de $\pm 0'5$ mm en 25 especímenes, lo que representó un porcentaje de precisión del 96'2%.

Almenar et al (1997) compararon las longitudes de trabajo de 30 dientes unirradiculares obtenidas por varios métodos:

- método directo “A”: el largo de trabajo se midió directamente en la lima mediante una regla milimetrada endodóncica;
- método directo “B”: la medición se realizó sobre la lima con un calibrador con una precisión de 0’1 mm;
- método indirecto “C”: medición con calibradores sobre una radiografía convencional;
- método indirecto “D”: medición con un sistema de radiología digital (Sens-A-Ray²²).

En los dos métodos de medición indirectos realizaron tres proyecciones por espécimen, que se diferenciaron en la angulación vertical del cono de Rx (0°, 15° y 30°).

No obtuvieron diferencias significativas entre las mediciones de los métodos directos e indirectos en la proyecciones de 0° y 15°. Sin embargo, en las proyecciones a 30°, los métodos C y D llegaron a dar medidas 1’5 mms. más cortas que los métodos A y B.

Ounsi y Haddad (1998) estudiaron la fiabilidad del localizador de ápice Endex, comparándolo con los métodos de percepción táctil, radiográfico, y la medida real sobre dientes extraídos.

Utilizaron 37 dientes unirradiculares extraídos y realizaron la conductimetría táctil con una lima del nº 10. Luego colocaron los dientes en un gel conductor y tras irrigar con hipoclorito al 5’25% midieron con el Endex hasta donde el aparato marcó “APEX”.

Posteriormente hicieron radiografías con una proyección perpendicular a 25 cm de distancia y se ajustó una lima del nº 10 al

²² Regam Medical Systems AB, Sundsvall, Suecia.

foramen radiográfico. Por último, ajustaron una lima del nº 15 viendo el foramen con una lupa de 6 aumentos.

Todas las mediciones fueron llevadas a cabo por dos operadores.

Tres dientes se desecharon por problemas en las mediciones. Por cada diente tuvieron cuatro conductometrías. Los valores extremos se ignoraron y se sacó la media del resto. Demostraron que el método de percepción táctil tuvo distribuciones al azar y el resto de técnicas no, por tanto, el estudio estadístico lo hicieron en todos los métodos menos en el táctil.

Comparando las medidas electrónicas y las radiográficas con las medidas reales, demostraron que la Rx tuvo una precisión del 97'06%, y el Endex de 84'56%. Esto se debió a que la técnica radiográfica fue perfecta y no tuvo las variaciones presentes *in vivo*.

Las variaciones interexaminador para la técnica Rx fueron significativas debido a la subjetividad de la técnica. En cambio, las variaciones intra e interexaminador para el Endex, no fueron significativas.

Concluyeron que cada persona deberá comparar las medidas obtenidas con el Endex y con la Rx, debiéndose fiar más del Endex que de la Rx.

La gran variación de éxitos y fracasos en estas publicaciones, señalaron algunos de los problemas encontrados con estos aparatos.

Como conclusión a esta revisión del estado actual de los localizadores electrónicos de ápice, pudimos decir que la mayoría de los autores aclararon que la utilización de estos aparatos no descartó la necesidad de estudios radiográficos, imprescindibles en el momento actual, tanto para el diagnóstico como para los controles. También estuvieron de acuerdo en que sí que redujeron el número de radiografías realizadas a lo largo de un tratamiento, al igual que nos aportaron una información complementaria y una mayor seguridad en nuestro trabajo.

OBJETIVOS

3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el tratamiento endodóncico es fundamental la eliminación del contenido de los conductos radiculares y la conformación de los mismos, de manera que queden con una morfología tridimensional cónica en sentido apical y con la constricción apical como punto de término (Ingle y Taintor, 1987).

En Endodoncia, la determinación de un largo de trabajo adecuado es imprescindible para poder llevar a cabo un tratamiento exitoso. De no establecerlo inicialmente de una forma correcta, todo el esfuerzo posterior se puede venir abajo (Kuttler, 1955).

Con frecuencia se puede observar en la radiografía de conductometría el punto por el cual la lima sale de la raíz cuando el foramen apical está ladeado hacia mesial o distal, o bien cuando coincide con el ápice anatómico. Sin embargo, cuando el foramen se encuentra en dirección vestibular o lingual, se produce una superposición de su propia imagen con el ápice, lo cual puede ocasionar un error de interpretación radiográfica (Burch y Hulen, 1972).

Para establecer una correcta distancia de trabajo, hemos de emplear una o varias técnicas que nos permitan determinar lo más exactamente posible el punto apical donde el conducto se estrecha, es decir, la constricción apical. Actualmente existen métodos novedosos para hacerlo (electrónicos y radiológicos por captación digital de la imagen), lo cual nos ha incitado a la práctica de este trabajo.

Vista la situación actual de los aspectos más importantes referentes a la conductometría endodóncica, y con el fin de profundizar en este campo, los objetivos que se plantean en la presente Tesis Doctoral son los siguientes:

3.2. OBJETIVO GENERAL.

Comparar la eficacia diagnóstica de diferentes métodos de determinar la distancia de trabajo en Endodoncia, valorando la influencia del procedimiento experimental.

3.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

3.3.1. Realizar conductometrías *in vitro* mediante el empleo de un aparato que permite realizar mediciones electrónicas.

3.3.2. Obtención de proyecciones radiológicas de las conductometrías anteriores mediante dos métodos de diagnóstico por la imagen: radiografías convencionales y radiología mediante captación digital de la imagen.

3.3.3. Repetir las observaciones, para cada uno de los procedimientos anteriores, sobre tres soportes experimentales: modelo con dientes extraídos, cráneos humanos y sobre cadáver.

3.3.4. Efectuar una comprobación anatómica directa de los resultados.

3.3.5. Comparar las mediciones de la longitud de trabajo obtenidas mediante el mismo soporte experimental.

3.3.6. Comparar los resultados obtenidos entre los diferentes soportes, en función del procedimiento diagnóstico empleado.

3.3.7. Averiguar la repercusión diagnóstica de la inclinación del tubo de rayos X.

3.3.8. Analizar si alguno de los métodos de medición empleados puede ser considerado como un buen predictor de la calidad real del procedimiento realizado.

MATERIAL Y MÉTODO

Para llevar a cabo esta investigación, fueron seleccionados 60 dientes, procedentes de tres tipos de soportes (dientes exodonciados, mandíbulas de esqueletos y mandíbulas de cadáver con tejido blando), de los cuales se obtuvo una serie de imágenes preoperatorias radiográficas y radiovisiográficas.

En todos ellos se realizó una conductometría electrónica mediante el Apit EM-S3, fijando la lima en una determinada posición. De este posicionamiento se obtuvieron imágenes radiográficas convencionales (RX) e imágenes radiovisiográficas (RV), variando en ambas la proyección del haz de rayos con respecto al diente en el plano horizontal (0° y 15°), del mismo modo que las realizadas preoperatoriamente.

En todas esas imágenes se realizaron mediciones de la longitud dentaria máxima y de las distancias lima-ápice radiológico (L-AR), que posteriormente fueron comparadas con otras obtenidas por observación anatómica directa (AD).

Practicando un desgaste apical, pudimos observar la relación de la lima con el foramen apical, lo cual nos permitió averiguar la exactitud del Apit. Posteriormente, la distancia lima-foramen (L-FA) fue comparada con las distancias lima-ápice radiográfico (L-ARX) y lima-ápice radiovisiográfico (L-ARV).

4.1. MUESTRA.

Para la realización de esta experiencia *in vitro* fueron seleccionados 60 dientes humanos mandibulares (Fig. 4.1), incluidos en tres tipos de soportes experimentales de 20 especímenes cada uno:

- Soporte 1: dientes exodonciados (Tabla 4.1). Las muestras se almacenaron en suero fisiológico antes de su uso y se emplearon en el primer mes desde su extracción.
- Soporte 2: mandíbulas de esqueletos humanos (Tabla 4.2). Se dispuso de tres cráneos completos para la realización de este estudio.

La limpieza craneal se realizó del siguiente modo:

- al baño maría en una solución de potasa al 5/1000 a 60° C durante 3 horas;
 - se lavaron bajo el chorro de agua de un grifo a baja presión;
 - se dejaron en agua toda una noche;
 - al baño maría en agua oxigenada al 5/1000 durante 6 horas;
 - se limpiaron con agua;
 - se mantuvieron, hasta su uso, sumergidas en suero fisiológico isotónico.
- Soporte 3: mandíbulas de cadáveres humanos (Tabla 4.3). Las tres mandíbulas obtenidas fueron extraídas mediante desinserción muscular y osteotomía a nivel de la zona retromolar. Fueron conservadas en formol antes y después de su uso.

Puesto que los molares contienen habitualmente 3 ó 4 conductos, las unidades experimentales para el trabajo estadístico fueron los conductos dentarios, y no los dientes. En consecuencia se dispuso de un total de 81 conductos.

Los dientes sobre los que se trabajó cumplieron los siguientes criterios:

- raíz íntegra;
- ápices maduros completamente formados;
- ausencia de anomalías morfológicas radiculares que impidieran la conductometría.

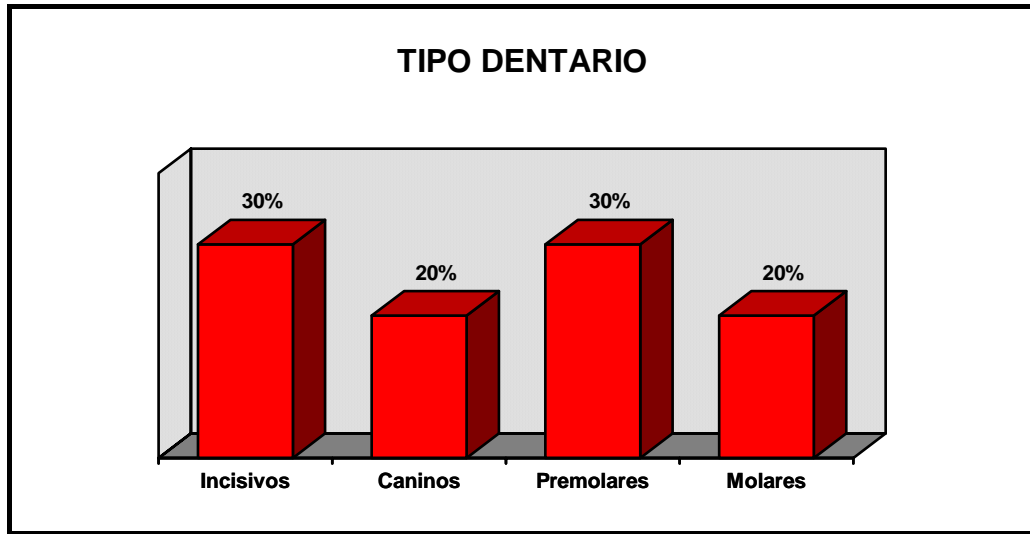


Fig. 4.1. Distribución de los especímenes según el tipo dentario.

SOPORTE EXPERIMENTAL	Nº DE ESPECIMEN	TIPO DENTARIO
Dientes exodonciados (1)	1	Incisivo central (1C)
	2	Incisivo central (1C)
	3	Incisivo central (1C)
	4	Incisivo central (1C)
	5	Incisivo lateral (1C)
	6	Incisivo lateral (1C)
	7	Canino (1C)
	8	Canino (1C)
	9	Canino (1C)
	10	Canino (1C)
	11	1 ^{er} premolar (1C)
	12	1 ^{er} premolar (1C)
	13	1 ^{er} premolar (1C)
	14	2 ^o premolar (1C)
	15	2 ^o premolar (1C)
	16	2 ^o premolar (1C)
	17	1 ^{er} molar (3C)
	18	1 ^{er} molar (3C)
	19	1 ^{er} molar (3C)
	20	2 ^o molar (3C)

Tabla 4.1. Descripción de la muestra del soporte 1 (C = conducto).

SOPORTE EXPERIMENTAL	Nº DE ESPECIMEN	TIPO DENTARIO
Mandíbulas esqueletos (2)	21	2º molar (3C)
	22	1 ^{er} molar (3C)
	23	2º premolar (1C)
	24	1 ^{er} premolar (1C)
	25	Canino (1C)
	26	Incisivo lateral (1C)
	27	Incisivo central (1C)
	28	Incisivo central (1C)
	29	Incisivo lateral (1C)
	30	Canino (1C)
	31	1 ^{er} premolar (1C)
	32	2º premolar (1C)
	33	1 ^{er} molar (3C)
	34	Canino (1C)
	35	Incisivo central (1C)
	36	Incisivo central (1C)
	37	Canino (1C)
	38	1 ^{er} premolar (1C)
	39	1 ^{er} molar (4C)
	40	2º premolar (1C)

Tabla 4.2. Descripción de la muestra del soporte 2 (C = conducto).

SOPORTE EXPERIMENTAL	Nº DE ESPECIMEN	TIPO DENTARIO
Mandíbulas cadáveres (3)	41	Canino (1C)
	42	Incisivo lateral (1C)
	43	Incisivo central (1C)
	44	Incisivo central (1C)
	45	Incisivo lateral (1C)
	46	Canino (1C)
	47	1 ^{er} premolar (1C)
	48	1 ^{er} molar (3C)
	49	2 ^o premolar (1C)
	50	1 ^{er} premolar (1C)
	51	Canino (1C)
	52	Incisivo central (1C)
	53	Incisivo central (1C)
	54	Canino (1C)
	55	1 ^{er} premolar (1C)
	56	2 ^o premolar (1C)
	57	1 ^{er} molar (1C)
	58	2 ^o premolar (1C)
	59	1 ^{er} molar (3C)
	60	2 ^o molar (1C)

Tabla 4.3. Descripción de la muestra del soporte 3 (C = conducto).

4.2. APARATOLOGÍA.

4.2.1. Generador de rayos X Trophy CCX²³ digital de 70 kV y 8 mA.

4.2.2. Película radiográfica Kodak DF58 Ultraspeed.

4.2.3. Captador digital Trophy (RVG 4), *hardware ad hoc y software.*

Este sistema consta de los siguientes elementos²⁴:

4.2.3.1. Captador de radiación.

Es un pequeño sensor que se coloca intraoralmente de la misma manera que una placa radiográfica convencional. Este elemento se recubre, previamente a su utilización, de un dedil de látex desechable.

Se compone de 4 elementos principales:

4.2.3.1.1. Pantalla reforzadora o centelleador .

Convierte los rayos X que chocan contra sus moléculas de fósforo en rayos visibles.

4.2.3.1.2. Haz de 4 millones de fibras ópticas.

- Transporta la señal luminosa hacia el C.C.D.
- Reduce el “ruido” (parásitos) al mínimo.
- Protege el C.C.D. bloqueando a los rayos X remanentes.

Esta última función es esencial ya que, si el C.C.D. no tuviera protección, sufriría una degradación constante a partir de 30.000 exposiciones que alteraría la calidad de la imagen.

4.2.3.1.3. Circuito electrónico hiperminiaturizado de 0’9 mm de espesor constituido por múltiples capas y en el cual se cablea el C.C.D.

²³ Trophy Radiologie, Vincennes, France.

²⁴ Manual de instrucciones del sistema RVG.

4.2.3.1.4. C.C.D. ó dispositivo de traslado de carga (Fig. 4.2).

Convierte la imagen en una señal electrónica.

Existen en la actualidad dos tamaños de sensor:

- HDS: 41x25 mm.
- XL: 45'0x31'6 mm (Fig. 4.3).

Existe un área en el sensor que es la que participa directamente en todo este proceso y que se denomina área activa:

- Dimensiones del área activa HDS: 30x20 mm (600 mm²).
- Dimensiones del área activa XL: 35'9x26'5 mm (951 mm²).

El grosor del sensor HDS es de 7 mm y el del XL de 7'7 mm.

La matriz de la imagen con el sensor XL es de 920x680 pixeles, siendo el tamaño del píxel de 39 μ. Ambos sensores poseen una resolución de 12 pl/mm.

El tipo de sensor empleado a lo largo de este trabajo fue el XL.

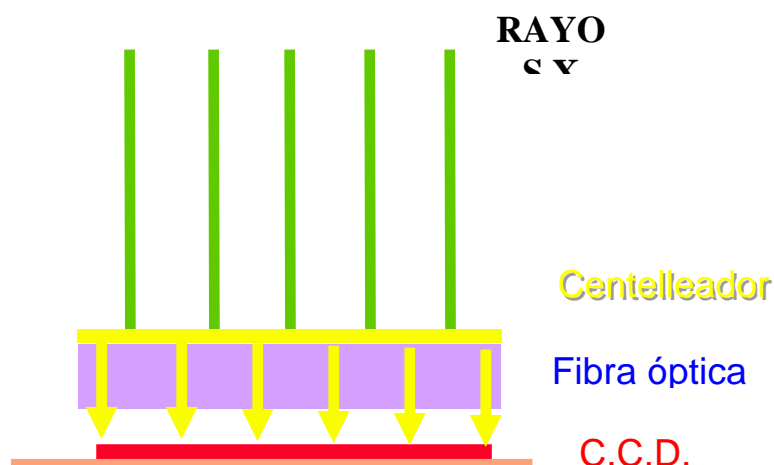


Fig. 4.2. Estructura del sensor.

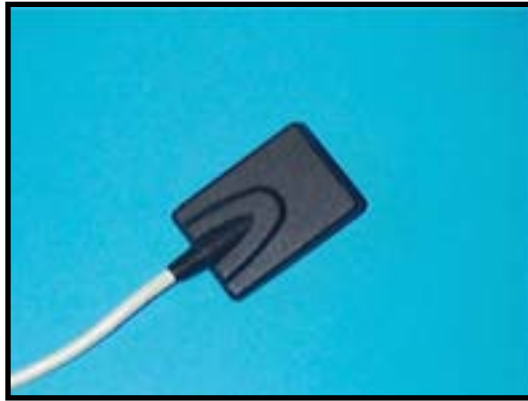


Fig. 4.3. Sensor XL.

Este sistema incorpora una compensación automática de exposición, de modo que para infraexposiciones (0'04 s) o supraexposiciones (0'08 s), se obtienen imágenes con un contraste igual al de exposiciones normales (0'06 s).

4.2.3.2. Ordenador, monitor (Fig. 4.4) y *software* Trophy Windows (controlado por el módulo de gestión de Windows 95).



Fig. 4.4. Equipo informático Trophy.

Gracias a ellos se puede visualizar la imagen obtenida, pudiéndola modificar y almacenar (una imagen puede ocupar 62 Kb).

4.2.3.2.1. Selección del formato de visualización (Fig.4.5).

La imagen se puede visualizar en la pantalla a través de 6 tipos de formatos diferentes:

- Formato manual (1): la imagen aparece en una ventana de Windows. Fue el empleado en la investigación.
- Formato radiología operatoria (2): es el formato 4+1.
- Formato comparativo (3): 1+1.
- Formato aleta de mordida RVG (4): 4 imágenes horizontales.
- Status RVG simple (5): para 20 imágenes periapicales seriadas.
- Status RVG mixto (6): para imágenes periapicales y de aleta de mordida.

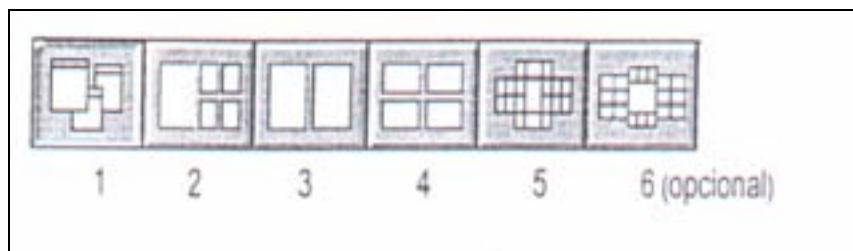


Fig. 4.5. Iconos del formato de visualización.

4.2.3.2.2. Posibilidad de modificación del contraste.

El modo realce de contrastes es Gamma lineal (LG), y se extiende desde G0 hasta G62.

Para nuestras imágenes seleccionamos un G31.

4.2.3.2.3. Negativo (video-inverso).

Esta función permite convertir una imagen positiva en negativa, y viceversa (Fig. 4.6).



Fig. 4.6. Imagen de video-inverso.

Este tipo de manipulación no se tuvo en cuenta en esta experimentación.

4.2.3.2.4. Seudo-color (Fig. 4.7).

En esta función, a cada nivel de gris le corresponde un color artificial.

Su utilidad radica en que el ojo humano distingue mejor colores diferentes que varias escalas de grises.

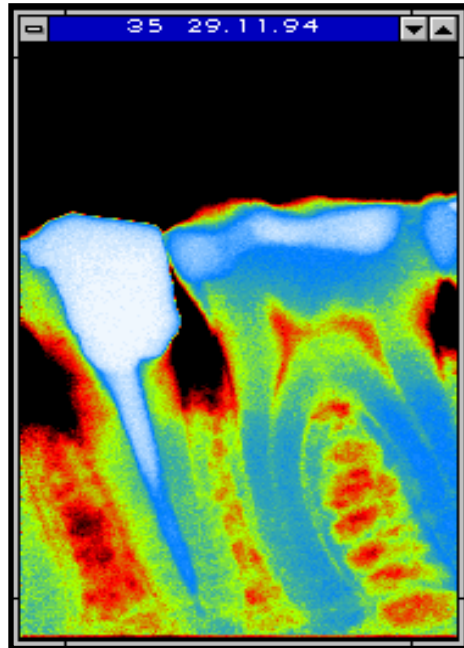


Fig. 4.7. Imagen de pseudo-color.

4.2.3.2.5. Filtro de relieve (efecto “fósil”).

Los contornos de la imagen quedan realzados mediante un efecto de relieve.

4.2.3.2.6. Inversión o rotación 90° de la imagen.

4.2.3.2.7. Edición de dibujos sobre la imagen.

4.2.3.2.8. *Zoom*.

Se puede elegir entre tres tipos de ampliaciones:

- Gran aumento ó 2:3.
- Plena resolución.
- Imagen entera (se visualiza toda la imagen en la ventana grande).

Para este estudio se seleccionó el modo de imagen entera.

4.2.3.2.9. Medición punto a punto.

Existe la posibilidad de tomar medidas entre diferentes puntos de una imagen. Además, esas medidas se pueden calibrar; para ello es preciso que la imagen contenga un objeto de referencia de longitud conocida.

Los resultados se obtienen corrigiendo los errores de angulación.

La precisión es de 0'1 mm.

4.2.3.2.10. Análisis de la densidad ósea.

Se obtiene analizando los niveles de gris de la imagen.

Este nuevo sistema es compatible con una cámara digital.

En este estudio sólo se determinó el contraste, la posible rotación de la imagen, el *zoom* de “imagen entera”, y la medición punto a punto.

4.2.3.3. Todo este sistema se puede complementar con una impresora convencional.

4.2.4. Conductómetro electrónico. El localizador de ápice de doble frecuencia empleado en nuestro estudio fue el Apit EM-S3 (Fig. 4.8).



Fig. 4.8. Apit EM-S3.

El funcionamiento de este aparato se basa en el denominado “método del valor relativo”, según el cual la resistencia eléctrica a nivel de la constricción apical varía de acuerdo con la frecuencia.

Se trata de un medidor electrónico de señalización analógica y acústica que trabaja con una intensidad de corriente de 2 μ A y que emite dos señales eléctricas simultáneas y distintas de 1 KHz (B=mala conductividad en el cuerpo humano) y 5 KHz (A=buena conductividad en el cuerpo humano) de frecuencia, siguiendo la resistencia un valor proporcional para cada una de ellas desde la porción coronaria del conducto hasta la constricción apical, e incrementándose de un modo diferente, pero conocido, hasta el punto de máxima constricción (Fig. 4.9).

Cuando la lima se inserta dentro del conducto y la aguja del dial coincide con “ADJ.” (ajuste), la condición imputada dentro del conducto es que $A=B$.

En el momento en que la lima se mueve hacia el foramen apical tanto A como B cambian, pero los cambios en A son más bruscos que en B. El aparato compara las diferencias de impedancia de las dos señales en diferentes puntos del conducto radicular. La posición “APEX” (posición del foramen apical) queda determinada por las diferencias de impedancia entre A y B en este punto.

En otras palabras, el movimiento de la aguja del dial indica la diferencia de impedancia de A y B.

Posee dos electrodos, uno de los cuales se cuelga mediante un pequeño gancho del labio inferior del paciente y recibe la señal eléctrica del foramen apical, y el otro es una pequeña pinza que se sujeta al vástago de la lima, previamente insertada en el interior del conducto radicular, al cual le transmite una señal eléctrica.

El aparato mide la diferencia de impedancia entre los dos electrodos para esas dos frecuencias y el resultado tiene un índice de error de 0'2 mm (Padrós et al, 1993). La impedancia será máxima a nivel de la constricción apical.

Las mediciones son completamente indoloras, ya que la corriente de medición es de 2 A como máximo.

De este modo se pueden obtener lecturas de conductometría en conductos estrechos y húmedos de sangre, pus, tejido pulpar, hipoclorito, EDTA, suero, etc.

La posibilidad de emplear un localizador electrónico en conductos húmedos es fundamental, porque secar un conducto como exigían hasta ahora los localizadores eléctricos de una sola frecuencia, es prácticamente imposible de conseguir en un conducto estrecho que aún no se ha comenzado a instrumentar.

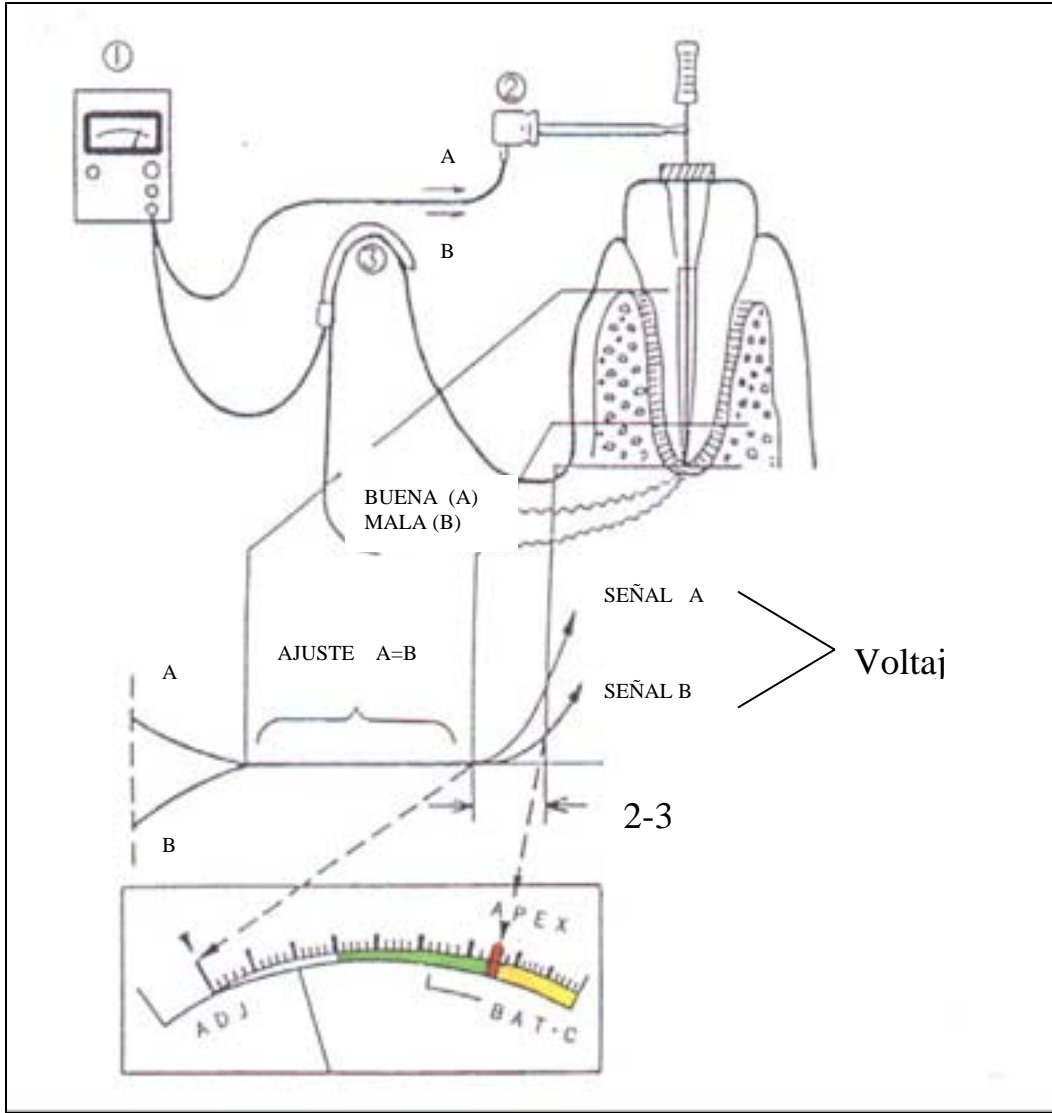


Fig. 4.9. Esquema de funcionamiento del Apit.

4.2.4.1. Componentes y funciones del Apit EM-S3²⁵ (Fig. 4.10).

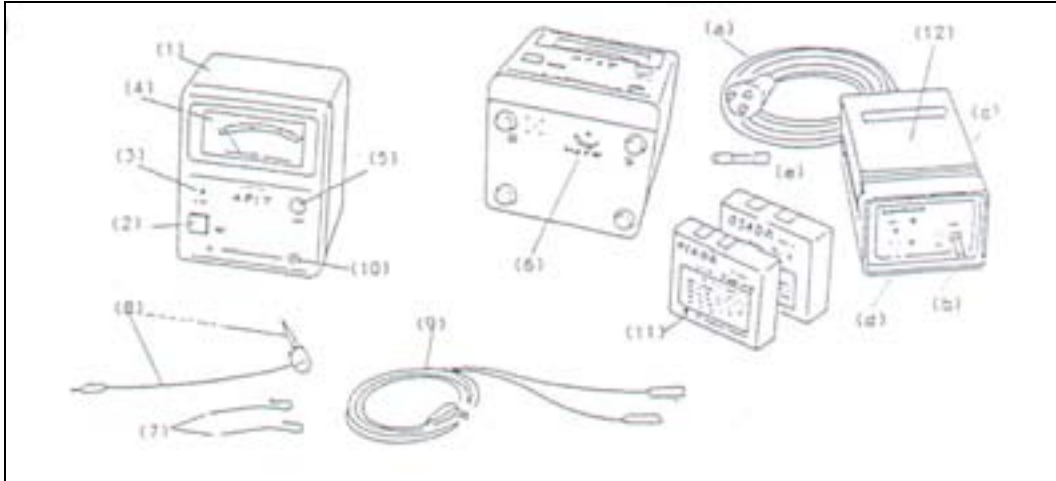


Fig. 4.10. Componentes del Apit EM-S3.

4.2.4.1.1. Cuerpo (1).

4.2.4.1.2. Interruptor de potencia (2).

Se presiona para conectar y desconectar el aparato.

4.2.4.1.3. Lámpara piloto (3).

Se enciende cuando el interruptor está en la posición *ON*. Si parpadea, indica que la batería necesita ser recargada. Si no se enciende cuando el interruptor está en *ON*, la batería no se podrá usar.

4.2.4.1.4. Panel medidor (4).

²⁵ Manual de instrucciones del Apit EM-S3.

Con la aguja en movimiento, indica las variaciones en la distancia entre el extremo de la lima y la constricción apical.

4.2.4.1.5. Botón de ajuste (5).

La lima que va conectada al electrodo se introduce más o menos hasta la mitad del conducto, y en este momento se aprieta el botón de ajuste automático. La aguja indicadora quedará en la proximidad de la línea de ajuste (ADJ), y esto querrá decir que las condiciones del conducto radicular serán óptimas para proceder a la medición.

4.2.4.1.6. Tornillo del volumen de la alarma (6).

El volumen de la señal acústica se puede regular girando el tornillo pertinente.

4.2.4.1.7. Clip labial (7).

Se cuelga en el labio del paciente y recibe señales eléctricas del foramen apical.

4.2.4.1.8. Cordón de extensión del clip instrumental (8).

El clip sujeta la lima y transmite las señales eléctricas.

4.2.4.1.9. Cordón de prueba (9).

Para transmitir y recibir señales eléctricas.

4.2.4.1.10. Enchufe para conectar el cordón de prueba (10).

4.2.4.1.11. Batería (11).

4.2.4.1.12. Cargador (12):

(a) cordón eléctrico: para conectar el cargador con una toma de corriente alterna de 230 v;

(b) interruptor de potencia: enciende y apaga el aparato;

- (c) lámpara piloto roja: cuando se enciende indica que el cargador está recargando la batería;
- (d) lámpara piloto verde: se enciende cuando el cargador ha finalizado la operación de recarga;
- (e) fusible.

4.2.4.2. Características del indicador apical EM-S3.

- Fuente de potencia: batería de níquel-cadmio recargable de 4'8 v.
- Consumo de corriente: 120 mA.
- Medidas del cuerpo: 103 mm ancho x 104 mm fondo x 103 mm alto.
- Peso cuerpo: 450 g.
- Peso total (con batería y demás accesorios): 570 g.

4.2.4.3. Características del cargador de corriente del EM-S3.

- Electricidad (corriente alterna): 230 v.
- Fusible de cristal blindado de 1 A.
- Dimensiones: 85 mm de ancho x 145 mm de fondo x 65 mm de alto.
- Peso (sin batería): 840 g.

4.2.4.4. Características de la batería del EM-S3.

- Tiempo de carga: 8 horas.
- Tiempo de uso continuado: 6 horas.
- Dimensiones: 60 mm de ancho x 16 mm de fondo x 55 mm de alto.

- Peso: 115 g.
- Posibilidad de ser recargada 500 veces.

4.2.4.5. Aplicaciones clínicas.

4.2.4.5.1. Dientes vitales.

Prácticamente en todos los casos de dientes vitales se obtienen resultados fiables, exceptuando los que se encuentran entre las contraindicaciones (Ruiz de Temiño y Barasona, 1996).

4.2.4.5.2. Dientes necróticos.

No se observa ninguna diferencia en los datos obtenidos de los dientes con pulpa necrótica respecto de los vitales.

4.2.4.5.3. Dientes con lesiones de osteolisis periapical con o sin fístulas y con resorciones apicales.

4.2.4.5.4. Dientes con problemas periodontales.

Ruiz de Temiño y Barasona (1996) no encontraron ninguna dificultad ni diferencia en las mediciones efectuadas en los distintos casos con problemas periodontales más o menos severos, sin influir tampoco su localización ni el número de raíces afectadas.

4.2.4.5.5. Retratamientos.

Para hacer posible las mediciones en estos casos, es necesario vaciar la obturación de los conductos, de tal forma que estén totalmente permeables y que no exista ninguna alteración en la anatomía a nivel de la constricción.

4.2.4.6. Consideraciones especiales.

4.2.4.6.1. Un diente con un ápice abierto no se puede medir. La aguja indicadora oscilará dentro de la zona amarilla cuando se presione el botón de ajuste a cero.

4.2.4.6.2. Se debe extirpar la pulpa coronaria que excede del orificio de entrada al conducto para evitar mediciones incorrectas.

4.2.4.6.3. Es posible que existan pérdidas eléctricas a través del tejido gingival cuando estén presentes restauraciones metálicas o caries en la zona cervical del diente, por lo tanto, antes de llevar a cabo la medición, se deben eliminar las partes metálicas y sellar las caries.

4.2.4.6.4. No se debe emplear peróxido de hidrógeno como solución irrigadora, pues resulta poco conductivo (Horner et al, 1990).

4.2.4.6.5. Utilizar limas convencionales con mangos de plástico, nunca con mangos de metal.

4.2.4.6.6. Cuando se emplee el Apit, no tener conectado al mismo tiempo en la clínica el bisturí eléctrico, pues el ruido o las señales eléctricas pueden alterar la medición.

4.2.4.6.7. No utilizar el Apit cuando el paciente sea portador de un marcapasos.

Las instrucciones de los fabricantes aconsejan no utilizar los localizadores electrónicos en pacientes portadores de marcapasos, por la posibilidad de interferencias.

Beach, Bramwell y Mutter (1996) indicaron que se pueden producir interferencias según el tipo de marcapasos y aconsejaron consultar al cardiólogo.

4.2.4.6.8. No funciona en caso de conductos no permeables.

Es lógico que no funcione, pues al no estar permeable el conducto, no se establecen diferencias de potencial.

4.2.4.6.9. Contraindicado ante fracturas horizontales u oblicuas.

Ruiz de Temiño y Barasona (1996) comprobaron *in vitro* que el aparato marcó el punto de máxima estrechez cuando la lima llegó a nivel de la línea de fractura. En mediciones efectuadas *in vivo* el localizador señaló el máximo nada más introducir la lima dentro del conducto, y sólo después de varios intentos marcó correctamente la línea de fractura en alguna ocasión.

4.2.4.6.10. En conductos que se unieron en el tercio medio o apical se detectaron mediciones falsas, generalmente por defecto. En estos casos se

pudo obtener una medida correcta en el más recto, y falsa por defecto en el que desemboca en el anterior (Ruiz de Temiño y Barasona, 1996).

4.2.4.6.11. Hay que prestar especial atención al clip instrumental, ya que por acumulación de residuos puede ofrecer mediciones incorrectas.

4.2.4.6.12. Si el diámetro del conducto es grande, se obtendrán mejores resultados con una lima mayor que se adapte a las paredes.

4.2.4.7. Limpieza y esterilización.

Los clips labiales se pueden introducir en el autoclave.

El cordón de extensión del clip y el cordón de prueba pueden ser esterilizados con gas de óxido de etileno.

4.2.5. Soporte radiográfico XCP RINN²⁶.

Se empleó el soporte para dientes anteriores que aseguró un firme posicionamiento de la película radiográfica.

4.2.6. Pulidora refrigerada Grinder/Polisher modelo 900²⁷ con discos de pulir New Flint Paper 00²⁸.

Con este mecanismo se procedió a realizar el desgaste apical.

4.2.7. Microscopio óptico de superficie Nikon²⁹.

Para este estudio se empleó el máximo de aumentos: ratio (4'9) x 2 del objetivo x 10 del ocular = 98 aumentos.

El factor de calibración del microscopio para el máximo aumento fue de 10'2. Multiplicando el número de divisiones visualizadas por el factor, se obtuvo la medición final en μ .

Su precisión fue de 1 μ .

²⁶ European Dental Marketing, Bruselas, Bélgica.

²⁷ South Bay Technology Inc., San Clemente, California.

²⁸ A Debray S. en C., Barcelona, España.

²⁹ Nikon Corp., Tokyo, Japan.

Las fotografías de los especímenes se tomaron con el mismo microscopio también a máximo aumento: ratio (4'9) x 2 del objetivo x 4 de cámara = 39'2 aumentos.

4.2.8. Reveladora automática Periomat³⁰.

4.2.9. Posicionador dentario (Figs. 4.11 y 4.12).

Para la realización de este estudio diseñamos un aparato similar, por sus funciones de posicionamiento dental y medición de ángulos, al empleado por Forsberg (1987).

Los especímenes del soporte 1 (dientes exodonciados) se situaron en una unidad de soporte geoméricamente estandarizado que incorporó un goniómetro horizontal, de modo que no fue necesario girar el tubo de rayos X, sino que se giró el poste portador del diente y directamente se seleccionó la gradación horizontal del haz de rayos con respecto a cada espécimen (0° ó 15°) adecuada para cada disparo.

Para posicionar los especímenes correspondientes a los soportes 2 y 3, hubo que confeccionar una plataforma que se atornilló sobre el poste portador giratorio.

³⁰ Dürr Dental GmbH & Co. KG, Bietigheim-Bissingen, Alemania.

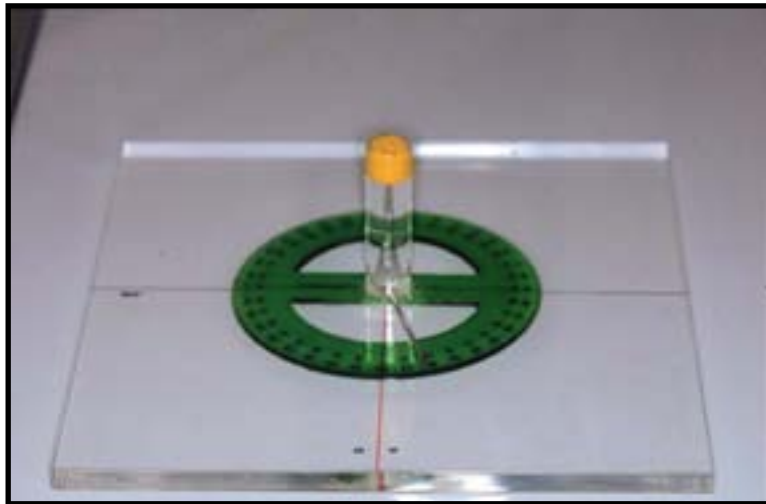


Fig. 4.11. Posicionador dentario.



Fig. 4.12. Posicionador dentario con plataforma.

4.3. METODOLOGÍA.

4.3.1. Colocación de los especímenes sobre el posicionador dentario.

En el caso del soporte 1, los especímenes se colocaron directamente sobre el poste portador. Con el fin de obtener un posicionamiento reproducible y centrado, se realizaron unas marcas en el centro de las caras vestibular y lingual de los elementos muestrales, que se hicieron coincidir con otras existentes en el extremo superior del poste (Fig. 4.13).

El centrado de los especímenes de los soportes 2 y 3 se realizó haciendo coincidir las marcas de sus caras vestibular y lingual con otras situadas sobre la plataforma del poste giratorio. En este caso, se hizo coincidir el plano mandibular con la horizontal verdadera, representada por el suelo de la plataforma (Fig. 4.14).

El posicionador dentario siempre se colocó y paralelizó sobre un papel milimetrado (cuadrículas de 8x8 mm), de modo que se pudiera paralelizar el cono del rayos X con respecto a las líneas del papel (Fig. 4.15).

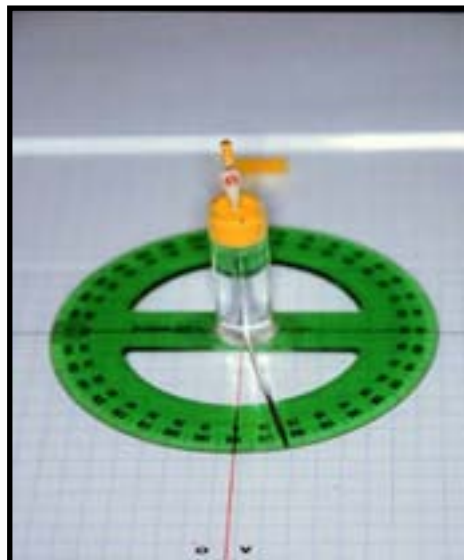


Fig. 4.13. Posicionamiento del soporte 1.



4.14. Posicionamiento de los soportes 2 y 3.

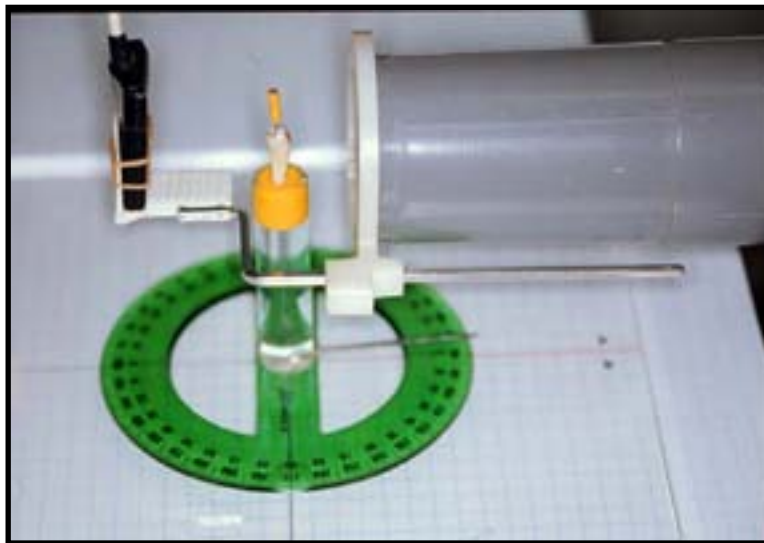


Fig. 4.15. Paralelización del cono.

4.3.2. Obtención de radiografías convencionales (RX) preoperatorias.

Para sujetar la película radiográfica (Kodak DF58) y mantenerla en todo momento perpendicular al haz de rayos, se utilizó el soporte radiográfico XCP Rinn, fijado sobre el tubo de rayos X (Figs. 4.16, 4.17, 4.18 y 4.19).

Se obtuvieron dos radiografías por cada espécimen que se diferenciaron en la gradación horizontal del haz de rayos con respecto al diente (0° la primera y 15° distal la segunda). Para cambiar la angulación horizontal, simplemente se giró el poste portador, y la vertical se seleccionó directamente en el tubo del rayos X (90°).

La técnica radiográfica empleada fue la de los planos paralelos, de modo que la película se colocó paralela al eje mayor del diente y fue expuesta por rayos catódicos en ángulo recto respecto a la superficie de la película.

En todos los casos se fijó una distancia de 3 cm desde el foco emisor de rayos X hasta el espécimen, y de 3 cm desde el espécimen hasta la película radiográfica.

Las 120 radiografías obtenidas se procesaron en una reveladora automática Periomat. Cada una se numeró según el espécimen y la angulación a la que correspondía (p. ej. la radiografía preoperatoria correspondiente al espécimen 1 y ángulo horizontal de 0° se denominó 1.1, y la del espécimen 1 y ángulo de 15° distal se llamó 1.2), y se ordenaron en un fichero (Figs. 4.20 y 4.21).

En todas las radiografías preoperatorias se procedió a la medición de la imagen perteneciente a cada espécimen con la ayuda de un pie de rey con una precisión de 0'1 mm. La distancia que se midió en estas imágenes preoperatorias fue desde la cúspide más alta hasta el ápice radiográfico, es decir, la longitud dentaria máxima.

Las valoraciones se llevaron a cabo en una sala silenciosa y con la ayuda de un negatoscopio bajo iluminación amortiguada. Se dispuso de una ampliación x2'5 merced a la utilización de una lupa Keeler 568³¹.

³¹ Keeler, U.K.

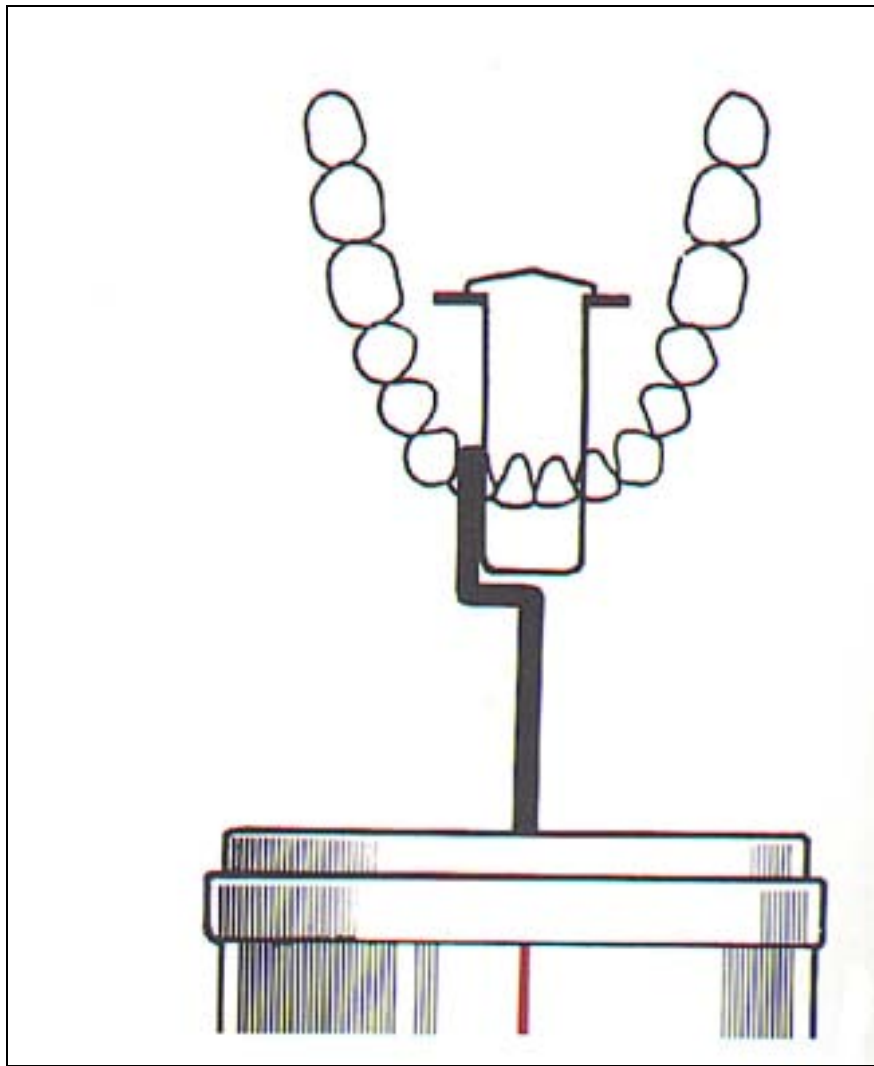


Fig. 4.16. Colocación del haz de rayos con respecto a los incisivos mandibulares.

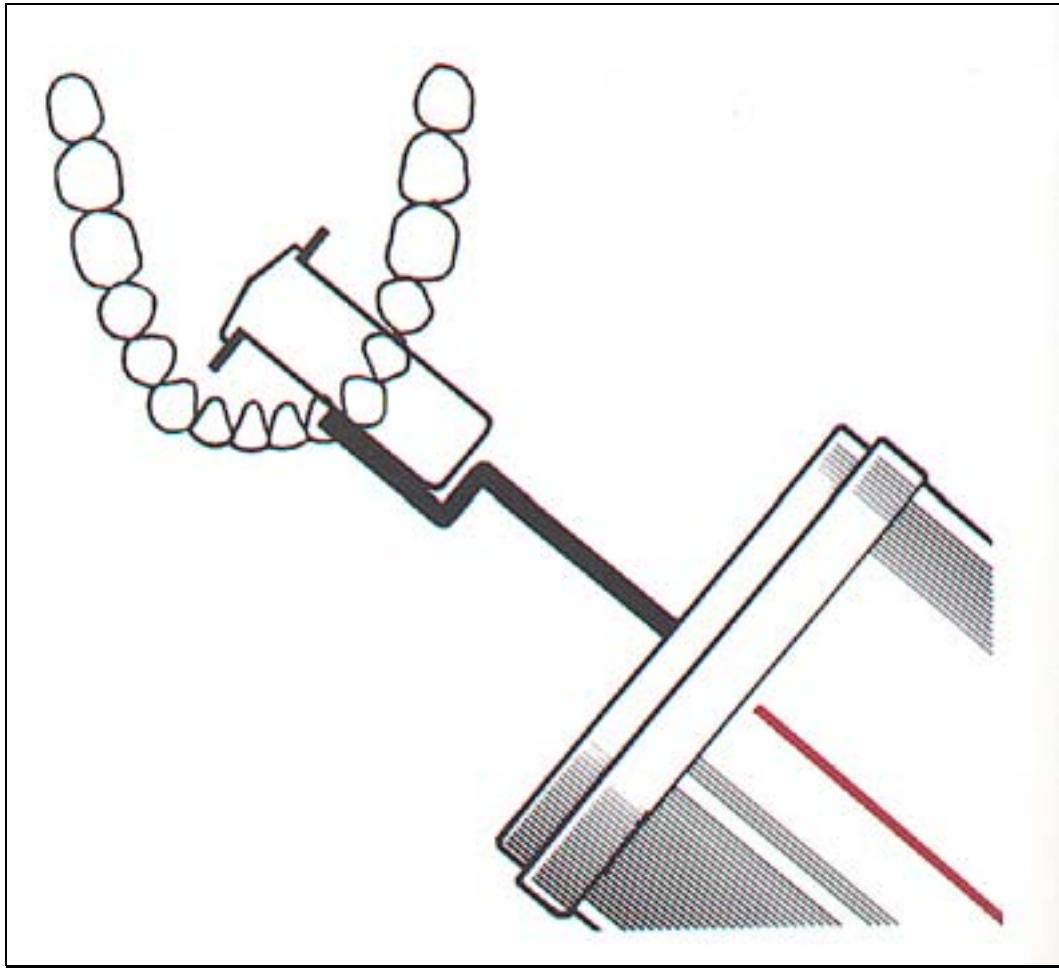


Fig. 4.17. Colocación del haz de rayos con respecto al canino mandibular.

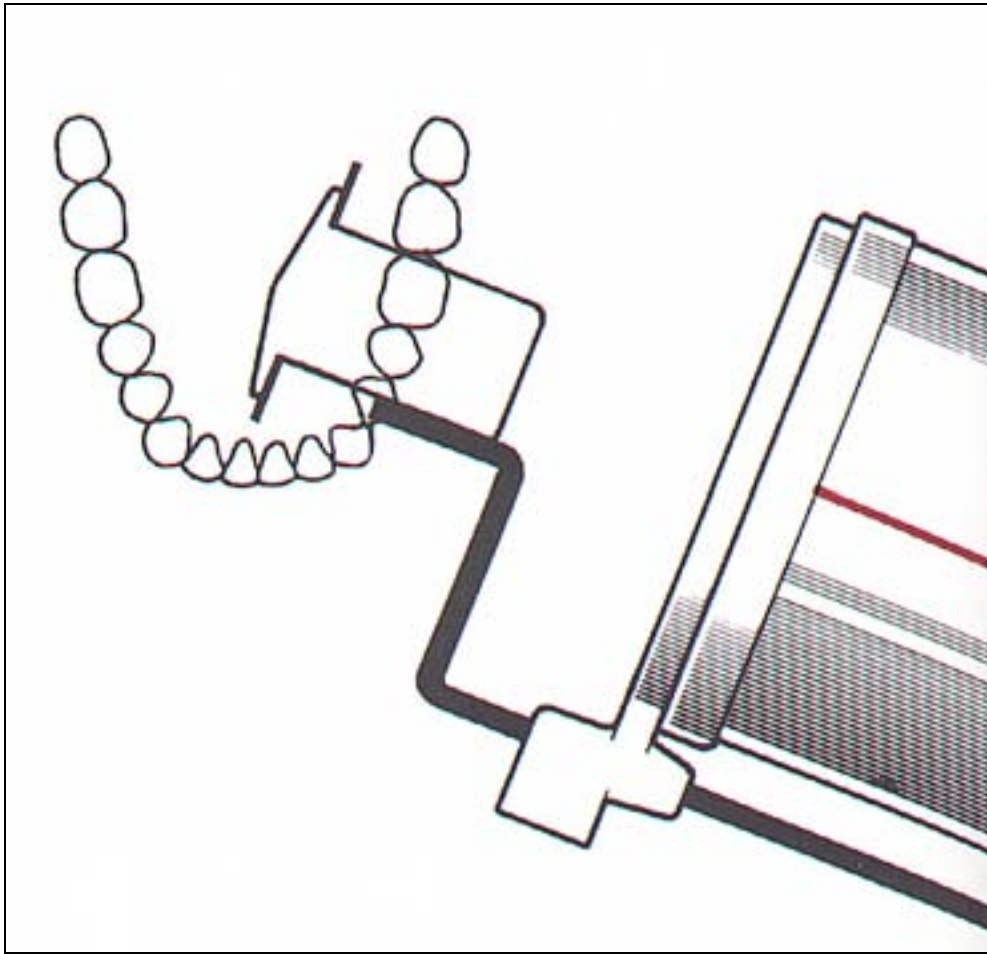


Fig. 4.18. Colocación del haz de rayos con respecto a los premolares mandibulares.

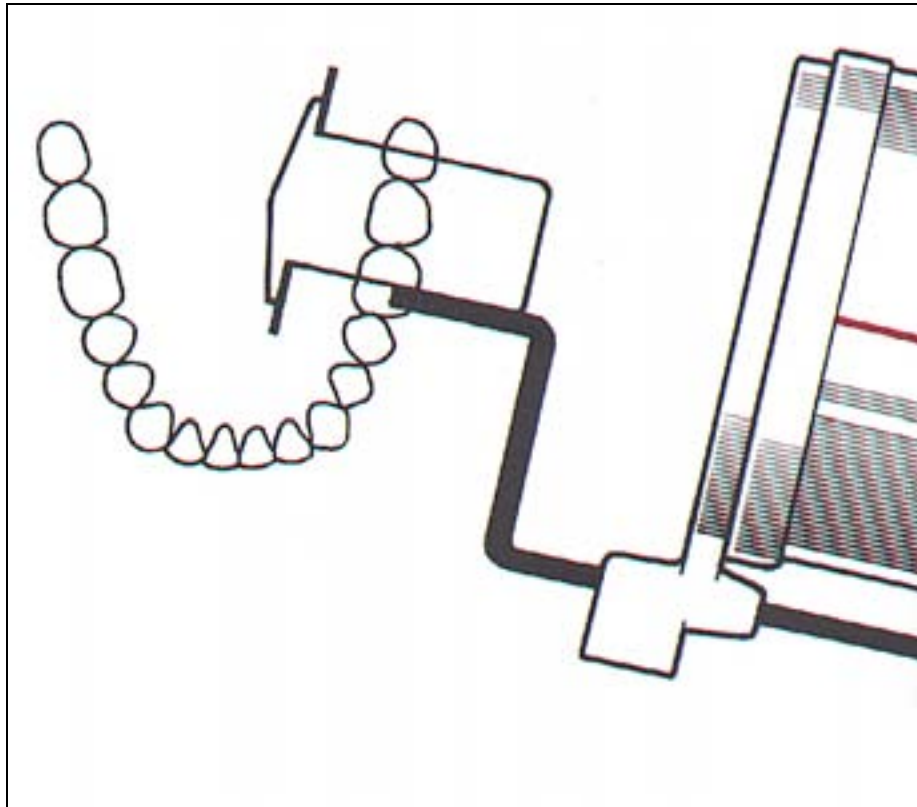


Fig. 4.19. Colocación del haz de rayos con respecto a los molares mandibulares.



Fig. 4.20. RX preoperatoria del espécimen 39 a 0° horizontal.



Fig. 4.21. RX preoperatoria del espécimen 39 a 15° horizontal.

4.3.3. Obtención de las imágenes digitalizadas (RV) preoperatorias (Figs. 4.22 y 4.23).

El captador digital se sujetó al soporte radiográfico mediante elásticos.

Se siguió el mismo proceso que con las radiografías preoperatorias convencionales, resultando el mismo número de imágenes.

También se midió la longitud máxima de cada elemento muestral, calibrando el aparato para cada proyección. Una grapa de 9'3 mm de ancho y 4'5 mm de alto se fijó con cinta adhesiva a la parte superior del sensor, de modo que aparecía en la imagen de cada proyección. El calibrado consistió en marcar en la pantalla mediante dos puntos la longitud correspondiente al alto de la grapa, determinada de antemano con la ayuda de un pie de rey. A continuación se procedió a realizar la medición deseada, que el ordenador ejecutó según el calibrado anterior.

Las imágenes se guardaron en el disco duro del ordenador y posteriormente se trasladaron a diskettes TDK MF-HD³² como tipo TIFF-LZW.



4.22. RV preoperatoria del espécimen 39 a 0° horizontal.

³² TDK Recording Media Europe, S.A., Bascharage, Luxembourg.



4.26. RV preoperatoria del espécimen 39 a 15° horizontal.

4.3.4. Realización de conductometrías electrónicas en los especímenes preparados con los tres soportes experimentales citados.

4.3.4.1. Confección de la cavidad de acceso.

Para realizar la apertura cameral se utilizó una fresa redonda diamantada de turbina 801/014³³.

Las restauraciones coronarias metálicas se eliminaron con el fin de evitar que la lima empleada para practicar la medición pudiera tocarlas, ya que en este caso la medición hubiese resultado incorrecta.

4.3.4.2. Localización de los conductos.

Cada conducto fue localizado con la ayuda de un explorador. A continuación los conductos fueron ligeramente trabajados con una lima n° 10 a una longitud de ensayo estimada radiográficamente.

³³ Komet, Lemgo, Alemania.

4.3.4.3. Selección de la lima de medición.

Se realizó un estudio piloto con el objeto de determinar la lima (n° 08, 10, 15 ó 20) con la cual se pudo realizar una medición más exacta, tanto para el método radiográfico convencional, como para el de captación digital de la imagen.

Se obtuvieron imágenes RX y RV de la conductometría de un diente recto con la ayuda de 4 limas K-Flexofile Colorinox³⁴ (n° 08, 10, 15 y 20), a una distancia preestablecida. Las mediciones de las limas sobre la imagen fueron llevadas a cabo por 6 operadores, valiéndose para ello de reglas milimetradas de endodoncia, que no conocieron la longitud real de las limas (Tablas 4.4, 4.5 y 4.6).

La tabla 4.6 representa la media y desviación estándar entre la medida real y la media de las medidas de los 6 observadores.

A nivel RX, las limas del n° 15 y 20 son las que produjeron unas diferencias medias más bajas con las desviaciones más bajas.

A nivel RV, las limas del n° 10, 15 y 20 produjeron medidas prácticamente exactas a las reales, si bien la lima del n° 15 fue la de menor desviación estándar.

En vista de estos resultados, en nuestro procedimiento experimental empleamos limas del n° 15.

³⁴ Les Fils d'Auguste Maillefer S.A., Ballaigues, Suiza.

N ° L I M A	MEDIDA REAL (mm)	MEDICIONES DE LOS OPERADORES (mm)					
		1	2	3	4	5	6
08	12	12	11	11'5	12	12	12
10	12	11	11	11'5	12	12	11
15	14	14	14	14'5	14'5	14	15
20	13	13	13	13'5	13'5	13	14

Fig. 4.4. Tabla comparativa de las mediciones reales de conductimetría con las obtenidas por los operadores mediante radiografía convencional.

N ° L I M A	MEDIDA REAL (mm)	MEDICIONES DE LOS OPERADORES (mm)					
		1	2	3	4	5	6
08	14	15'3	15'0	13'0	15'8	14'9	15'7
10	16	17'0	15'0	15'5	16'0	17'0	15'5
15	16	16'3	16'0	15'8	16'2	16'0	16'0
20	13	13'5	13'0	13'0	12'5	13'0	13'0

Fig. 4.5. Tabla comparativa de las mediciones reales de conductimetría con las obtenidas por los operadores mediante radiología con captación digital de la imagen.

LIMAS	RX		RV	
	Media	DE	Media	DE
Nº 8	-0'41	0'6	0'95	1'.33
Nº 10	0'41	0'6	0	0'76
Nº 15	0'33	0'51	0'05	0'14
Nº 20	0'33	0'51	0	0'28

Tabla 4.6. Media y desviación estándar entre la medida real y la media de las medidas de los 6 observadores.

4.3.4.4. Procedimiento operativo del Apit.

4.3.4.4.1. Preparación de las muestras.

Como medio conductor (Fig. 4.24) para llevar a cabo las mediciones se empleó lo siguiente:

- Para reproducir *in vitro* las condiciones clínicas de medición electrónica de la longitud canalicular, se mantuvo a los especímenes del soporte 1 con su porción radicular sumergida en un recipiente con solución salina fisiológica, a fin de simular la impedancia entre la mucosa alveolar y el tejido periodontal profundo. El clip labial del Apit se colgó en un borde del recipiente y se mantuvo siempre en contacto con el líquido.
- Las mandíbulas pertenecientes al soporte 2 se sumergieron igualmente en una cubeta que contuvo suero fisiológico, de modo que la porción coronaria de los dientes quedó por encima del líquido, y de la misma forma que en el soporte anterior se colocó el clip labial.
- En el caso de las mandíbulas de cadáver no se precisó de ningún medio conductor artificial, pues las tres poseyeron tejido blando al cual se pinzó el clip labial.

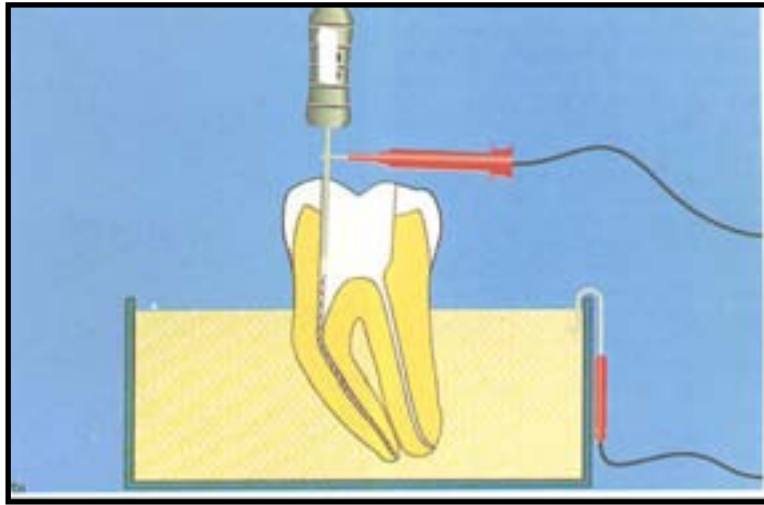


Fig. 4.24. Dispositivo experimental que reprodujo las condiciones clínicas existentes durante el tratamiento endodóncico.

4.3.4.4.2. Se insertó la clavija del cordón de prueba en el enchufe del aparato.

4.3.4.4.3. Se introdujo el terminal negro del cordón de extensión del clip instrumental en el enchufe negro del cordón de prueba.

4.3.4.4.4. Se insertó el clip labial en el enchufe rojo del cordón de prueba.

4.3.4.4.5. Después de colocar el interruptor de potencia en posición *ON* y comprobar la batería, la aguja indicadora osciló y se colocó cerca de la línea de ajuste (ADJ.).

4.3.4.4.6. Se colocó una lima n° 15 en el clip instrumental del cordón de extensión, empujando la terminación posterior del clip instrumental con el pulgar.

4.3.4.4.8. Irrigación canalicular con hipoclorito de sodio al 2'5%.

El irrigante no excedió los orificios de entrada de los conductos para evitar su mezcla con el de otros conductos.

4.3.4.4.9. Colocación del clip labial para recibir las señales eléctricas del foramen apical.

4.3.4.4.10. Se insertó la lima fijada al clip instrumental hasta la mitad del conducto.

Si cuando se colocó la lima la aguja indicadora se movió momentáneamente hacia el mínimo, significó que la conductividad eléctrica fue muy pobre y se comprobaron todas las conexiones.

4.3.4.4.11. En este momento, se apretó el botón de ajuste (ADJ.) durante 1”.

La aguja indicadora osciló hacia la derecha y se colocó cerca de la línea de ajuste (ADJ.).

Este procedimiento introdujo la condición del conducto radicular en el aparato.

En dientes multirradiculares, el ajuste a cero se llevó a cabo independientemente para cada conducto.

4.3.4.4.12. Se movió la lima lenta y gradualmente en dirección apical.

Según avanzó la lima en el interior del conducto, fue posible comprobar el aumento de impedancia en el visor analógico.

La aguja indicadora sólo comenzó a moverse cuando el extremo de la lima se encontró a 2-3 mm del foramen apical.

Una señal acústica intermitente empezó a sonar cuando la aguja estuvo a nivel del número 3 del dial (zona coloreada de verde). Según el Manual de

Instrucciones del Apit, en este momento el extremo de la lima se encontraría a 0'7 mm del foramen apical.

La señal acústica anterior se transformó en continua cuando la aguja se aproximó a la marca roja del dial (*APEX*). Fue en este momento cuando se detuvo e inmovilizó la lima.

El movimiento de la aguja en la zona amarilla del panel indicó una sobreinstrumentación que tuvo que ser corregida.

4.3.5. Fijación de la lima al diente mediante la aplicación de cianoacrilato Super Glue-3³⁵ en el interior de la apertura cameral.

Durante el fraguado del cianoacrilato, la posición de la lima se mantuvo invariable observando el dial del Apit.

4.3.6. Radiografías convencionales de las conductometrías anteriores (Figs. 4.25 y 4.26).

Se llevaron a cabo del mismo modo y con las mismas condiciones de número que las radiografías preoperatorias.

En ellas se midió la longitud radiográfica máxima de cada espécimen y la distancia existente desde el extremo de la lima hasta el ápice radiográfico (L-ARX). En el caso de las limas que excedieron el ápice radiográfico, a la medida se le adjuntó un signo "+"; a la medida de las limas que no llegaron hasta el ápice radiográfico se les aplicó un signo "-".

4.3.7. Obtención de imágenes radiovisiográficas de las conductometrías (Figs. 4.27 y 4.28).

Con idéntico número y procedimiento al de las imágenes obtenidas preoperatoriamente.

Se practicaron las mismas mediciones que con las radiografías de conductometría convencionales, aplicando a los resultados los mismos signos "+" ó "-" (L-ARV).

³⁵ Loctite España, S.A., Madrid, España.



4.25. RX de conductometría del espécimen 40 a 0°.



4.26. RX de conductometría del espécimen 40 a 15°.



4.27. RV de conductimetría del espécimen 39 a 0°.



4.28. RV de conductimetría del espécimen 39 a 15°.

4.3.8. Se seccionó el mango de la lima por su base con discos de pieza de mano Separators³⁶ de 22'0x0'6 mm, con objeto de evitar interferencias y posibles movimientos de la lima en el momento de la exodoncia.

4.3.9. Extracción de los especímenes pertenecientes a los soportes 2 y 3 de sus respectivas mandíbulas.

En este momento, para evitar la pérdida de elementos muestrales pertenecientes a los soportes 2 y 3 debido a su fractura, se realizó una osteotomía completa del hueso alveolar con fresa redonda 141/027³⁷ de pieza de mano, y posteriormente se procedió a la luxación del diente mediante un botador recto.

4.3.10. Desgaste apical selectivo.

El modo óptimo de llevar a cabo esta comprobación consistió en realizar un desgaste apical en un plano tal, que nos permitió eliminar el tejido que impidió la visión directa del tramo más apical del conducto. Este proceso hubo de ser lento y cuidadoso a fin de respetar las paredes internas del conducto opuestas a la parte que se eliminó.

Este desgaste permitió observar la relación del extremo de la lima con el foramen apical y con el ápice anatómico, puntos claramente discernibles y con distancias susceptibles de ser medidas.

4.3.11. Comprobación de la posición de la lima con la ayuda de un microscopio óptico de superficie Nikon (Figs. 4.29 y 4.30).

En ellas se midió la distancia existente desde el extremo de la lima hasta el ápice anatómico (L-AA). En el caso de las limas que excedieron el ápice anatómico, a la medida se le adjuntó un signo "+"; a la medida de las limas que no llegaron hasta el ápice anatómico se les aplicó un signo "-".

También se midió la distancia entre la punta de la lima y el foramen apical (L-FA), aplicando signos "+" y "-" con el criterio anterior, pero teniendo como punto de referencia el foramen apical.

Estas fueron las medidas de validación anatómicas directas (AD).

³⁶ Major Prodotti Dentari S.R.L., Moncalieri, Italy.

³⁷ Komet, Lemgo, Alemania.

Las medidas que quedaron a $\pm 0'5$ mm del foramen apical, se consideraron clínicamente aceptables.

Las fotografías de los especímenes se tomaron con el mismo microscopio también a máximo aumento: ratio (4'9) x 2 del objetivo x 4 de cámara = 39'2 aumentos.



4.29. Fotografía microscópica a 39'2 aumentos.



4.30. Fotografía microscópica.

4.3.12. Reproducibilidad de las técnicas de medición.

En este estudio se realizaron mediciones con pie de rey, directamente en la pantalla del sistema RV, y con un microscopio. Para calcular cuál fue el error intraoperador, se efectuaron 3 mediciones repetidas sobre un mismo espécimen, para un total de 10 especímenes escogidos aleatoriamente (Tablas 4.7, 4.9 y 4.11).

Los parámetros medidos fueron la longitud dentaria máxima con la ayuda de un pie de rey y con RV, y la distancia L-AA con ayuda del microscopio.

Las mediciones fueron realizadas por un solo operador el cual no conoció el número de espécimen que estuvo midiendo en ese momento. Cada una de las tres mensuraciones se llevaron a cabo en días diferentes.

Para un mismo parámetro fijo, consideramos las 3 medidas repetidas y el rango de las mismas (la diferencia máxima entre las 2 medidas más discordantes; esta diferencia vale 0 cuando las 3 medidas son iguales).

Las tablas 4.8, 4.10 y 4.12 muestran el número absoluto y el porcentaje de casos con rango 0 mm, 0'1 mm y más de 0'1 mm.

Según la tabla 4.8, las medidas efectuadas con el pie de rey fueron altamente reproducibles. En todos los casos la variación de la media no superó los 0'1 mm en valor absoluto. En aquellos especímenes donde existió alguna variación (0'1 mm), supuso un promedio (por defecto o por exceso) de sólo el 0'43%.

En el caso de las medidas RV, si bien en 6 especímenes el rango superó los 0'1 mm, en sólo 2 de ellos superó los 0'5 mm. Además, para estos 6 casos, el porcentaje de error relativo fue del 1'91%. Pudo considerarse que existió reproducibilidad de las mediciones (Tabla 4.10).

Para las medidas obtenidas con microscopio, en el 70% de los especímenes fueron coincidentes o el rango no superó los 0'01 mm. Sin embargo, existieron 3 medidas con rango superior a 0'01 mm y que, en términos de error relativo supone un 10%. La mayoría de los casos entra en unos límites aceptables de reproducibilidad, pero los que se exceden, lo hacen de forma importante. Globalmente el error relativo fue del 3'3%, indicador de una reproducibilidad moderada (Tabla 4.12).

Nº ESPECIMEN	1ª MEDICIÓN	2ª MEDICIÓN	3ª MEDICIÓN
2	20'0	20'0	19'9
5	21'4	21'5	21'4
13	24'7	24'6	24'6
16	20'4	20'4	20'4
25	27'0	27'0	27'0
31	25'5	25'5	25'6
36	20'0	20'0	20'0
38	23'0	23'0	23'0
56	24'4	24'4	24'3
60	19'5	19'5	19'5

4.7. Error en la medición de la longitud dentaria máxima con la ayuda de un pie de rey.

Rango	Nº abs (%)	% relativo
Total.....	10 (100%)	0'21%
0	5 (50%)	0%
0'1 mm	5 (50%)	0'43%
> 0'1 mm	0 (0%)	0%

4.8. Reproducibilidad de las mediciones con pie de rey.

Nº ESPECIMEN	1ª MEDICIÓN	2ª MEDICIÓN	3ª MEDICIÓN
2	21'1	21'0	21'3
5	24'1	24'0	24'2
13	26'1	26'1	26'1
16	23'2	23'3	23'3
25	29'0	28'0	28'5
31	24'2	24'2	24'2
36	21'4	21'4	21'2
38	25'4	25'4	25'8
56	24'9	24'9	24'9
60	18'9	18'3	18'7

4.9. Error en la medición de la longitud dentaria máxima con la ayuda de RV.

Rango	Nº abs (%)	% relativo
Total.....	10 (100%)	1'19%
0	3 (30%)	0%
0'1 mm	1 (10%)	0'43%
> 0'1 mm	6 (60%)	1'91%

4.10. Reproducibilidad de las medidas RV.

Nº ESPECIMEN	1ª MEDICIÓN	2ª MEDICIÓN	3ª MEDICIÓN
2	-0'20	-0'20	-0'20
5	-0'18	-0'18	-0'16
13	-0'90	-0'91	-0'90
16	-0'30	-0'30	-0'30
25	-0'83	-0'80	-0'82
31	-0'66	-0'56	-0'60
36	-1'10	-1'10	-1'09
38	-0'79	-0'80	-0'79
56	-1'07	-1'07	-1'07
60	-0'10	-0'10	-0'10

4.11. Error en la medición de la distancia entre el extremo de la lima y el ápice anatómico con la ayuda del microscopio.

Rango	Nº abs. (%)	% relativo
Total.....	10 (100%)	3'3%
0	4 (40%)	0%
0'01 mm	3 (30%)	1'1%
> 0'01 mm	3 (30%)	9'9%

Tabla 4.12. Reproducibilidad de las medidas realizadas con microscopio.

4.3.13. Análisis estadístico de los resultados obtenidos.

La metodología estadística utilizada fue la siguiente:

4.3.13.1. Análisis de la varianza (ANOVA) de mediciones repetidas.

Este método fue empleado para determinar la influencia del soporte de trabajo (1, 2 y 3), del método diagnóstico (radiográfico convencional ó radiovisiográfico, ambos con angulaciones del haz de rayos de 0° y 15°), y de la interacción soporte-método en las longitudes estudiadas.

Puesto que cada diente se midió en un soporte concreto, pero a través de todos los métodos posibles, se trató de un modelo ANOVA con un factor intersujetos (el soporte) y un factor intrasujetos (el método).

Los tests multivariantes de significatividad empleados en el ANOVA fueron el de Pillais, Hotellings y Wilks.

4.3.13.2. Test “t” para muestras relacionadas.

Este método estudia si las medias de las longitudes con dos métodos diferentes son las mismas.

Esta prueba se utilizó para complementar el ANOVA en caso de interacción significativa y para facilitar la interpretación de los resultados.

4.3.13.3. Para poder aplicar los modelos anteriores, fue necesario contrastar previamente la normalidad de los datos. La prueba empleada para tal objetivo fue el contraste no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov para una muestra.

El resultado fue positivo, es decir, la distribución de las variables implicadas fue normal. Este hecho, unido a un tamaño muestral suficiente, permitió la aplicación del ANOVA.

4.3.13.4. Test Chi² de asociación.

Contrasta el grado de dependencia entre dos variables de tipo categórico.

4.3.13.5. Test no paramétrico de Kruskal-Wallis.

Este modelo se encargó de analizar los promedios de una variable en distintas muestras independientes.

Se aplicó cuando la variable no siguió una distribución normal o cuando el tamaño muestral fue limitado.

El nivel de significatividad empleado fue del 5% ($\alpha=0'05$).

RESULTADOS

5.1. COMPARACIÓN DE TODAS LAS MEDICIONES CON LAS MEDIDAS DE VALIDACIÓN ANATÓMICAS. INFLUENCIA DEL SOPORTE Y DEL MÉTODO (TÉCNICA E INCLINACIÓN).

En este aspecto se pretendió determinar qué combinación de método (técnica y ángulo) y de soporte proporcionó las mejores aproximaciones de las longitudes preoperatorias, conductometrías y distancias lima-foramen (L-FA) a las medidas de validación anatómicas (AD).

5.1.1. Longitudes preoperatorias (Tablas 5.1, 5.2, 5.3, 5.7, 5.8 y 5.9).

Observando la tabla 5.13 y la figura 5.1, no se encontraron diferencias, a nivel visual, entre las proyecciones de 0° y 15° dentro de un mismo tipo de método (RX ó RV).

En los dientes del soporte 1, los distintos valores se alejaron de las medidas de validación, si bien, la técnica RX ofreció los resultados más aceptables.

En los especímenes del soporte 2, las medidas RV se aproximaron bastante más a las AD.

En el caso de los dientes del soporte 3, las medidas RV fueron muy similares a las de validación.

En una primera lectura, se advirtió la existencia de una clara interacción soporte-método (las líneas no fueron paralelas). No pudo decirse que un método concreto proporcionase sistemáticamente los mejores promedios en todos los soportes. La calidad de la medida dependió de la combinación soporte-método empleada.

Fue necesario contrastar estadísticamente la influencia de estos factores, y los resultados de los tests-t realizados fueron (Tabla 5.14):

- No hubo diferencias significativas según la proyección de 0° ó 15°, ni en la técnica RX ni la RV. Este hecho se repite en todos los soportes. Se observó que los valores-p de RX 0°/RV 15°, y RV 0°/RV 15° fueron todos mayores de 0'05 para la totalidad de los soportes.
- Existieron diferencias significativas entre las longitudes RX y RV en todos los soportes, ya que los valores-p de RX 0°/RV 0°, y RX 15°/RV 15° fueron todos menores de 0'05.

- Sólo en el soporte 3, la medida obtenida mediante RV pudo aceptarse como idéntica a la AD. Los valores-p de AD/RV 0°, y AD/RV 15° fueron mayores de 0'05.

Seguidamente se desarrolló un análisis ANOVA (Tabla 5.15). Fue la forma idónea de trabajar con todos los factores implicados. Se realizaron contrastes sobre el soporte, el método y la interacción.

Cada combinación de soporte y método proporcionó unas longitudes propias y específicas, que hubo que analizar a partir de los tests-t previamente realizados.

5.1.2. Longitudes de conductimetría (Tablas 5.4, 5.5, 5.6, 5.10, 5.11 y 5.12).

En el soporte 1 no hubo diferencias entre las longitudes obtenidas por técnica RX y RV (Tabla 5.16 y fig. 5.2).

En los soportes 2 y 3 se observó que con la técnica RV las medias estuvieron más próximas a las AD (Tabla 5.16 y fig. 5.2).

Las medidas obtenidas fueron significativamente iguales a las de validación (Tabla 5.17), tanto a 0° (valor-p 0'262) como a 15° (valor-p 0'325).

No hubo diferencias según la proyección (0° ó 15°) ni en la técnica RX ni en la RV. Existió una excepción, ya que en el soporte 2, la técnica RX ofreció mediciones significativamente diferentes a 0° y 15° (valor-p 0'049).

Por existir interacción (Tabla 5.17), hubo que centrarse en los valores particulares de cada combinación de técnica y soporte (Tabla 5.18). Los tests-t anteriores mostraron entre qué pares concretos se manifestaron esas diferencias.

5.1.3. Distancias L-A (Tablas 5.19, 5.20, 5.21, 5.22, 5.23, 5.24, 5.25, 5.26 y 5.27; fig. 5.3).

En el soporte 1 todas las técnicas y proyecciones proporcionaron promedios similares. No hubo diferencias significativas en las distancias medidas según el método.

En el soporte 2 no influyó la proyección, ni RX ni RV. Sin embargo, hubo diferencias entre la técnica RX y RV bajo una proyección concreta (ambos valores-p fueron $<0'001$). También existieron diferencias significativas entre las distancias L-AR y las distancias L-AA (valor-p $<0'001$ para RX 0° ; valor-p $0'009$ para RV 0° ; valor-p $<0'001$ para RX 15° ; valor-p $0'025$ para RV 15°).

En el soporte 3 no influyó la proyección dentro de una técnica específica. Sí que hubo diferencias entre la técnica RX y RV bajo un ángulo concreto (valores-p $0'275$ y $1'0$). Además, sólo la técnica RX midió distancias significativamente iguales que las de validación (valores-p $0'488$ y $0'580$).

De nuevo la existencia de interacción nos aconsejó utilizar los tests-t, ya que cada combinación específica de técnica y soporte dio unos resultados. No se pudo hablar de tendencias generales (Tabla 5.27).

5.2. ESTIMACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL PROCEDIMIENTO. REGLA DE CLASIFICACIÓN.

La calidad de la conductimetría electrónica se conoció analizando microscópicamente la posición de la lima con respecto al foramen apical, pero este tipo de no sería posible realizarla en una situación clínica real.

A nivel teórico pudimos considerar el siguiente esquema para la estimación de la calidad de la conductimetría: la distancia L-ARX ó L-ARV a 0° fue un buen estimador de la distancia L-AA. Si, a su vez, la distancia L-AA fue un buen estimador de la distancia L-FA, por transitividad pudimos concluir que la distancia L-ARX ó L-ARV fue un buen estimador de la distancia L-FA (Tablas 5.28, 5.29 y 5.30).

De los datos obtenidos anteriormente, pudimos deducir que las distancias L-ARX a 0° no difirieron significativamente en el soporte 3 de las distancias L-AA. Además, L-ARV a 0° tampoco difirieron significativamente de L-AA en el soporte 1. Finalmente, para el soporte 2, las diferencias fueron significativas, pero el método RV fue el más adecuado.

La relación existente entre L-AA y L-FA quedaron patentes en la tabla 5.31 y fig. 5.4. Se apreció que la distancia L-A fue inferior a L-FA, con independencia del soporte (Tabla 5.32).

La diferencia media entre ambas mediciones se mantuvo similar para los tres soportes (en la fig. 5.4 las líneas fueron paralelas). Este resultado permitió conjeturar que una medición estuvo muy relacionada linealmente con las restantes. Para estimar esta relación, se calculó la correlación lineal existente entre ambas distancias y para cada soporte, obteniendo los valores 0'68, 0'79 y 0'82, respectivamente.

Las conclusiones hasta ahora fueron que L-AR se aproximó a L-AA, y que L-FA estuvo muy correlada con L-AA, existiendo un sesgo (Fig. 5.4).

Uniendo estos dos resultados y teniendo en cuenta que las únicas mediciones que realmente se pueden llevar a cabo sobre un paciente real son el cálculo de L-A, podríamos atacar el problema de forma directa analizando la relación existente entre esta variable y L-FA. Así se planteó un modelo de regresión lineal con L-FA como variable dependiente y una variable independiente L-TEC que fue la distancia L-A medida por una técnica concreta (RX ó RV en cada uno de los tres soportes):

$$\mathbf{L-FA = \alpha + \beta L-TEC}$$

Si realmente L-FA y L-TEC estuvieron relacionadas linealmente (cuando una aumentara, la otra también lo haría a ritmo lineal; o cuando una aumentara, la otra decrecería linealmente), entonces podríamos calcular los coeficientes α y β que mejor se ajustaran a los datos. La recta estimada nos serviría para obtener estimaciones de L-FA a partir de datos de L-TEC, es decir, que conocida L-TEC, podríamos estimar L-FA.

La tabla 5.33 resumió los datos obtenidos tras aplicar el método de regresión lineal comentada para cada soporte, considerando como variables independientes L-ARX y L-ARV. La columna etiquetada con R^2 representa la proporción de varianza de la variable dependiente explicada por la regresión. Es un parámetro que oscila entre 0 y 1. Vale 0 cuando los datos no se ajustan absolutamente nada a un modelo lineal, y vale 1 cuando se ajustan perfectamente a un modelo lineal. En la tabla 5.33 se observaron

valores muy bajos, con lo cual el modelo de regresión no fue un buen predictor de la distancia L-FA.

Fue obvio que no hubo ninguna contradicción en que los promedios de L-FA y L-AR fueran bastante similares y, sin embargo, no hubiera correlación lineal entre las mismas. La media de una variable es un parámetro de posición que nos indica simplemente alrededor de qué valor se sitúan los datos, mientras que la correlación lineal afecta al comportamiento conjunto de las dos variables.

5.3. CALIDAD REAL DEL PROCEDIMIENTO ELECTRÓNICO.

La valoración real de la calidad obtenida en el procedimiento, se estimó a partir de L-FA. Este índice permitió saber con exactitud la calidad del proceso de la conductometría en función de la siguiente regla: el proceso se consideró correcto cuando L-FA fue menor o igual que 0'5 mm en valor absoluto, e incorrecto cuando L-FA fue mayor que 0'5 mm en valor absoluto.

Los datos mostraron que un 72'8% de las conductometrías electrónicas proporcionaron buenos resultados, es decir, que quedaron a $\pm 0'5$ mm del foramen apical. Las conductometrías restantes (27'2%), se consideraron incorrectas, ya que el 17'3% dió resultados $< -0'5$, y el 9'9% $> 0'5$.

Los descriptivos básicos del índice L-FA quedaron representados en las tablas 5.34 y 5.35, además de la proporción de conductometrías correctas e incorrectas.

Se realizaron dos contrastes (Chi^2 y Kruskal-Wallis) para ver la dependencia existente entre la calidad del procedimiento y los factores soporte y tipo dentario. No existieron diferencias significativas, ya que todos los soportes y tipos proporcionaron los mismos resultados (valores-p 0'602 y 0'677).

5.4. CALIDAD DEL PROCEDIMIENTO ELECTRÓNICO SEGÚN RX (Tablas 5.36 y 5.37).

De forma similar al apartado anterior se valoró la calidad de las mediciones L-ARX (el estudio se llevó a cabo sobre las medidas a 0°).

La medida base de comparación fue L-AA.

Se consideraron tres resultados (Tablas 5.32 y 5.33):

- medida correcta (a $\pm 0'5$ mm de la medida base): 50'6%;
- medida incorrecta inferior a la base ($<-0'5$ mm): 37'3%; y,
- medida incorrecta superior a la base ($>0'5$ mm): 12%.

Se realizó el contraste de Kruskal-Wallis para ver la dependencia existente entre la calidad de la medición y los factores soporte y tipo dentario, viendo que no existieron diferencias significativas para el tipo dentario (valor-p 0'9666), pero sí para el soporte (valor-p 0'0053). En concreto, para el soporte 2 se apreciaron unas discrepancias entre la media RX y la base superiores a las observadas en el resto de los soportes. En general, para el soporte 2, las mediciones RX fueron inferiores a las reales (62'1%).

5.5. CALIDAD DEL PROCEDIMIENTO ELECTRÓNICO SEGÚN RV (Tablas 5.38 y 5.39).

De igual forma al apartado anterior se valoró la calidad de las mediciones L-ARV (el estudio se llevó a cabo sobre las medidas a 0°).

La medida base de comparación fue L-AA.

Se consideraron tres resultados (Tablas 5.34 y 5.35):

- medida correcta (a $\pm 0'5$ mm de la medida base): 61'4%;
- medida incorrecta inferior a la base ($<-0'5$ mm): 18'1%; y,
- medida incorrecta superior a la base ($>0'5$ mm): 20'5%.

Se realizó el contraste de Kruskal-Wallis para ver la dependencia existente entre la calidad de la medición y los factores soporte y tipo dentario, obteniendo que no existieron diferencias significativas para el tipo dentario (valor-p 0'1533), pero sí para el soporte (valor-p 0'0002). En concreto, para el soporte 2 las mediciones realizadas fueron inferiores a la medición real en mayor proporción que para el resto de los soportes; por el contrario, en el soporte 3 las mediciones RV fueron superiores a la base con mucha frecuencia.

ESPE CIME N		<i>RX</i>	<i>RV</i>	AD
1		23'0	22'7	21'0
2		20'7	21'1	20'0
3		20'9	21'5	20'0
4		21'4	21'8	19'2
5		23'0	24'1	21'4
6		21'1	21'9	20'0
7		23'2	24'7	22'0
8		24'4	25'4	23'2
9		26'8	27'6	25'0
10		25'7	27'2	24'0
11		26'0	27'0	24'8
12		24'9	26'7	23'6
13		26'7	26'1	24'7
14		24'7	25'5	23'2
15		20'7	21'1	19'7
16		22'3	23'2	20'4
17	MV	22'4	23'1	21'0
	ML	22'4	23'1	21'0
	D	24'1	24'7	20'8
18	MV	23'1	24'0	21'7
	ML	23'1	24'0	21'7
	D	26'0	26'3	21'7
19	MV	22'0	23'7	20'1
	ML	22'0	23'7	20'1
	D	23'5	24'4	20'3
20	MV	20'5	20'9	19'3
	ML	20'5	20'9	19'3
	D	21'4	22'0	17'4

Tabla 5.1. Longitudes preoperatorias máximas en mm del soporte 1 a 0° horizontal, obtenidas mediante imágenes RX y RV. Comparación con la medida AD.

ESPECI MEN		<i>RX</i>	<i>RV</i>	AD
21	MV	19'3	21'7	23'0
	ML	19'3	21'7	23'0
	D	20'0	20'8	21'0
22	MV	23'0	21'4	23'0
	ML	23'0	21'4	23'0
	D	24'0	23'3	22'2
23		27'0	25'6	24'7
24		26'9	24'3	23'3
25		29'8	29'0	27'0
26		27'3	24'6	22'8
27		21'3	17'9	18'2
28		20'8	20'2	18'0
29		25'2	23'2	21'8
30		29'0	27'4	25'5
31		24'7	24'2	22'4
32		27'7	25'8	25'8
33	MV	23'8	22'2	21'0
	ML	23'8	22'3	21'2
	D	24'6	22'7	21'8
34		31'0	29'4	26'2
35		21'0	21'3	19'7
36		21'7	21'4	20'0
37		28'3	26'6	25'4
38		26'0	25'4	23'0
39	MV	23'0	21'2	21'4
	ML	23'0	21'2	21'4
	DV	24'5	21'6	20'0
	DL	24'5	21'6	20'3
40		26'0	24'3	23'0

Tabla 5.2. Longitudes preoperatorias máximas en mm del soporte 2 a 0° horizontal obtenidas mediante imágenes RX y RV. Comparación con la medida AD.

ESPECI MEN		<i>RX</i>	<i>RV</i>	AD
41		28'0	24'0	26'0
42		27'5	24'6	24'0
43		25'0	21'9	21'5
44		25'0	22'8	22'0
45		27'5	26'5	25'0
46		27'7	25'8	26'0
47		24'5	23'0	23'2
48	MV	25'3	22'8	23'2
	ML	25'3	22'8	23'2
	D	24'2	23'0	21'0
49		26'0	23'1	23'6
50		26'5	25'6	23'0
51		31'0	28'1	27'0
52		23'6	21'4	20'6
53		23'0	21'9	20'0
54		31'4	29'7	27'4
55		27'5	24'9	23'8
56		28'0	24'9	24'4
57		20'8	21'1	21'0
58		16'5	16'5	16'0
59	MV	22'0	18'2	20'0
	ML	22'0	18'7	20'0
	D	23'7	21'2	22'0
60		20'9	18'9	19'5

Tabla 5.3. Longitudes preoperatorias máximas en mm del soporte 3 a 0° horizontal obtenidas mediante imágenes RX y RV. Comparación con la medida AD.

ESPECI MEN		<i>RX</i>	<i>RV</i>	AD
1		24'0	22'7	21'0
2		21'8	21'1	20'0
3		21'0	21'5	20'0
4		22'1	21'8	19'2
5		23'7	24'1	21'4
6		21'8	21'9	20'0
7		23'6	24'7	22'0
8		25'1	25'4	23'2
9		27'6	27'6	25'0
10		26'3	27'2	24'0
11		27'2	27'0	24'8
12		25'4	26'7	23'6
13		27'9	26'1	24'7
14		25'1	25'5	23'2
15		21'9	21'1	19'7
16		23'0	23'2	20'4
17	M V	23'9	23'1	21'0
	ML	23'9	23'1	21'0
	D	25'0	24'7	20'8
18	MV	24'0	24'0	21'7
	ML	24'0	24'0	21'7
	D	27'6	26'3	21'7
19	MV	23'0	23'7	20'1
	ML	23'0	23'7	20'1
	D	24'8	24'4	20'3
20	MV	21'3	20'9	19'3
	ML	21'3	20'9	19'3
	D	21'9	22'0	17'4

Tabla 5.4. Longitudes de conductimetría electrónica en mm del soporte 1 a 0° horizontal obtenidas mediante imágenes RX y RV. Comparación con la medida AD.

ESPECI MEN		<i>RX</i>	<i>RV</i>	AD
21	MV	20'5	21'7	23'0
	ML	20'5	21'7	23'0
	D	20'5	20'8	21'0
22	MV	23'1	21'4	23'0
	ML	23'1	21'4	23'0
	D	24'4	23'3	22'2
23		26'6	25'6	24'7
24		26'4	24'3	23'3
25		30'7	29'0	27'0
26		26'8	24'6	22'8
27		19'9	17'9	18'2
28		20'4	20'2	18'0
29		24'4	23'2	21'8
30		29'0	27'4	25'5
31		24'7	24'2	22'4
32		27'7	25'8	25'8
33	M V	22'0	22'2	21'0
	ML	22'0	22'2	21'0
	D	23'0	21'7	21'8
34		30'0	29'4	26'2
35		21'0	21'3	19'7
36		21'7	21'4	20'0
37		28'2	26'6	25'4
38		26'0	25'4	23'0
39	M V	23'2	21'2	21'4
	ML	23'2	21'4	21'7
	DV	24'3	22'6	20'0
	DL	24'3	22'6	20'1
40		25'2	24'3	23'0

Tabla 5.5. Longitudes de conductometría electrónica en mm del soporte 2 a 0° horizontal obtenidas mediante imágenes RX y RV. Comparación con la medida AD.

ESPECI MEN		<i>RX</i>	<i>RV</i>	AD
41		28'0	24'0	26'0
42		27'8	24'6	24'0
43		25'0	21'9	21'5
44		24'8	22'8	22'0
45		27'1	26'5	25'0
46		27'6	25'8	26'0
47		25'4	23'0	23'2
48	M V	24'2	22'8	23'2
	ML	24'2	22'8	23'2
	D	24'2	23'0	19'0
49		26'4	23'1	23'6
50		26'7	25'6	23'0
51		31'0	28'1	27'0
52		23'5	21'4	20'6
53		23'0	21'9	20'0
54		31'5	29'9	27'4
55		27'5	24'9	23'8
56		28'0	24'9	24'4
57		20'8	21'1	21'0
58		17'0	16'5	16'0
59	M V	21'4	18'2	20'0
	ML	21'4	18'2	20'0
	D	23'7	21'2	22'0
60		20'9	18'9	19'5

Tabla 5.6. Longitudes de conductometría electrónica en mm del soporte 3 a 0° horizontal obtenidas mediante imágenes RX y RV. Comparación con la medida AD.

ESPECIMEN		<i>RX</i>	<i>RV</i>	AD
1		22'3	22'7	21'0
2		21'1	21'1	20'0
3		21'4	21'5	20'0
4		20'3	21'8	19'2
5		23'0	24'1	21'4
6		20'6	21'9	20'0
7		23'0	24'7	22'0
8		24'3	25'4	23'2
9		26'7	27'6	25'0
10		25'4	27'2	24'0
11		26'0	27'0	24'8
12		25'0	26'7	23'6
13		26'0	26'1	24'7
14		24'7	25'5	23'2
15		20'7	21'1	19'7
16		22'0	23'2	20'4
17		22'4	23'1	21'0
	ML	22'4	23'1	21'0
	D	24'1	24'7	20'8
18	MV	22'7	24'0	21'7
	ML	22'7	24'0	21'7
	D	25'3	26'3	21'7
19	MV	22'3	23'7	20'1
	ML	22'3	23'7	20'1
	D	23'4	24'4	20'3
20	MV	20'7	20'9	19'3
	ML	20'7	20'9	19'3
	D	21'8	22'0	17'4

Tabla 5.7. Longitudes preoperatorias máximas en mm del soporte 1 a 15° horizontal obtenidas mediante imágenes RX y RV. Comparación con la medida AD.

ESPECIMEN		<i>RX</i>	<i>RV</i>	AD
21	MV	23'4	21'7	23'0
	ML	23'4	21'7	23'0
	D	22'8	20'8	21'0
22	MV	22'3	21'4	23'0
	ML	22'3	21'4	23'0
	D	22'5	23'3	22'2
23		26'4	25'6	24'7
24		26'4	24'3	23'3
25		29'4	29'0	27'0
26		25'0	24'6	22'8
27		19'6	17'9	18'2
28		20'7	20'2	18'0
29		25'4	23'2	21'8
30		29'3	27'4	25'5
31		25'3	24'2	22'4
32		27'4	25'8	25'8
33	M V	23'0	22'2	21'0
	ML	23'0	22'2	21'0
	D	23'4	21'7	21'8
34		31'0	29'4	26'2
35		22'0	21'3	19'7
36		23'0	21'4	20'0
37		30'0	26'6	25'4
38		26'7	25'4	23'0
39	M V	23'0	21'2	21'4
	ML	23'0	21'4	21'4
	DV	24'5	22'9	20'0
	DL	24'5	22'6	20'0
40		25'5	24'3	23'0

Tabla 5.8. Longitudes preoperatorias máximas en mm del soporte 2 a 15° horizontal obtenidas mediante imágenes RX y RV. Comparación con la medida AD.

ESPECIMEN		<i>RX</i>	<i>RV</i>	AD
41		27'5	24'0	26'0
42		27'6	24'6	24'0
43		24'6	21'9	21'5
44		25'5	22'8	22'0
45		28'0	26'5	25'0
46		27'4	25'8	26'0
47		24'4	23'0	23'2
48	MV	25'0	22'8	23'2
	ML	25'0	22'8	23'2
	D	23'0	23'0	19'0
49		26'0	23'1	23'6
50		26'0	25'6	23'0
51		30'5	28'1	27'0
52		23'7	21'4	20'6
53		23'7	21'9	20'0
54		30'6	29'9	27'4
55		27'6	24'9	23'8
56		28'0	24'9	24'4
57		20'8	21'1	21'0
58		17'0	16'5	16'0
59	M V	21'4	18'2	20'0
	M L	21'4	18'2	20'0
	D	23'2	21'2	22'0
60		21'0	18'9	19'5

Tabla 5.9. Longitudes preoperatorias máximas en mm del soporte 3 a 15° horizontal obtenidas mediante imágenes RX y RV. Comparación con la medida AD.

ESPECIMEN		<i>RX</i>	<i>RV</i>	AD
1		23'1	22'7	21'0
2		21'5	21'1	20'0
3		21'8	21'5	20'0
4		22'0	21'8	19'2
5		23'7	24'1	21'4
6		21'1	21'9	20'0
7		23'5	24'7	22'0
8		24'8	25'4	23'2
9		27'7	27'6	25'0
10		26'3	27'2	24'0
11		27'3	27'0	24'8
12		26'4	26'7	23'6
13		28'9	26'1	24'7
14		26'4	25'5	23'2
15		21'9	21'1	19'7
16		23'1	23'2	20'4
17	M V	23'4	23'1	21'0
	ML	23'4	23'1	21'0
	D	25'3	24'7	20'8
18	MV	23'9	24'0	21'7
	ML	23'9	24'0	21'7
	D	26'4	26'3	21'7
19	MV	23'0	23'7	20'1
	ML	23'0	23'7	20'1
	D	24'4	24'4	20'3
20	MV	21'5	20'9	19'3
	ML	21'5	20'9	19'3
	D	22'8	22'0	17'4

Tabla 5.10. Longitudes de conductimetría electrónica en mm del soporte 1 a 15° horizontal obtenidas mediante imágenes RX y RV. Comparación con la medida AD.

ESPECIMEN		<i>RX</i>	<i>RV</i>	AD
21	MV	23'6	21'7	23'0
	ML	23'6	21'7	23'0
	D	23'7	20'8	21'0
22	MV	22'5	21'4	23'0
	ML	22'5	21'4	23'0
	D	23'0	23'3	22'2
23		27'5	25'6	24'7
24		26'4	24'3	23'3
25		30'1	29'0	27'0
26		26'0	24'6	22'8
27		20'2	17'9	18'2
28		20'5	20'2	18'0
29		24'3	23'2	21'8
30		30'0	27'4	25'5
31		25'8	24'2	22'4
32		27'4	25'8	25'8
33	M V	22'5	22'2	21'0
	ML	22'5	22'2	21'0
	D	22'8	21'7	21'8
34		30'0	29'4	26'2
35		22'0	21'3	19'7
36		23'0	21'4	20'0
37		28'7	26'6	25'4
38		26'6	25'4	23'0
39	M V	23'2	21'2	21'4
	ML	23'2	21'4	21'4
	DV	24'3	22'7	20'0
	DL	24'3	22'6	20'3
40		25'0	24'3	23'0

Tabla 5.11. Longitudes de conductometría electrónica en mm del soporte 2 a 15° horizontal obtenidas mediante imágenes RX y RV. Comparación con la medida AD.

ESPECIMEN		<i>RX</i>	<i>RV</i>	AD
41		27'8	24'0	26'0
42		27'6	24'6	24'0
43		24'8	21'9	21'5
44		25'0	22'8	22'0
45		27'5	26'5	25'0
46		27'4	25'8	26'0
47		25'5	23'0	23'2
48	MV	24'0	22'8	23'2
	ML	24'0	22'8	23'2
	D	22'9	23'0	19'0
49		27'0	23'1	23'6
50		26'7	25'6	23'0
51		31'0	28'1	27'0
52		23'7	21'4	20'6
53		23'4	21'9	20'0
54		31'0	29'9	27'4
55		27'5	24'9	23'8
56		27'5	24'9	24'4
57		20'8	21'1	21'0
58		17'2	16'5	16'0
59	M V	21'3	18'2	20'0
	ML	21'3	18'2	20'0
	D	23'3	21'2	22'0
60		20'8	18'9	19'5

Tabla 5.12. Longitudes de conductimetría electrónica en mm del soporte 3 a 15° horizontal obtenidas mediante imágenes RX y RV. Comparación con la medida AD.

	TOTAL	SOPORTE		
		1	2	3
TOTAL.....	81	28	29	26
MEDIDA REAL				
DIRECTA				
Media.....	22.04	21.31	22.38	22.45
DE.....	2.32	1.91	2.26	2.65
Mínimo.....	16.00	17.40	18.00	16.00
Máximo.....	27.40	25.00	27.00	27.40
LONG. PREOPERATORIA				
RADIOGRÁFICA				
A 0°				
Media.....	24'09	23'09	24'47	24'75
DE.....	2'95	1'95	3'10	3'47
Mínimo.....	16'50	20'50	19'30	16'50
Máximo.....	31'40	26'80	31'00	31'40
LONG. PREOPERATORIA				
RADIOVISIOGRÁFICA				
A 0°				
Media.....	23'29	23'87	23'23	22'74
DE.....	2'64	2'05	2'67	3'09
Mínimo.....	16'50	20'90	17'90	16'50
Máximo.....	29'70	27'60	29'40	29'70
LONG. PREOPERATORIA				
RADIOGRÁFICA				
A 15°				
Media.....	24'07	22'97	24'63	24'63
DE.....	2'78	1'85	2'79	3'31
Mínimo.....	17'00	20'30	19'60	17'00
Máximo.....	31'00	26'70	31'00	30'60
LONG. PREOPERATORIA				
RADIOVISIOGRÁFICA				
A 15°				
Media.....	23'31	23'87	23'28	22'73
DE.....	2'64	2'05	2'65	3'13
Mínimo.....	16'50	20'90	17'90	16'50
Máximo.....	29'90	27'60	29'40	29'90

Tabla 5.13. Medias de las variables correspondientes a las medidas preoperatorias.

	SOPORTE 1	SOPORTE 2	SOPORTE 3
RX 0° / RX 15°	0'127	0'564	0'228
RV 0° / RV 15°	1'000	0'479	0'587
RX 0° / RV 0°	<0'001	<0'001	<0'001
RX 15° / RV 15°	<0'001	<0'001	<0'001
AD / RX 0°	<0'001	<0'001	<0'001
AD / RV 0°	<0'001	<0'001	0'227
AD / RX 15°	<0'001	<0'001	<0'001
AD / RV 15°	<0'001	<0'001	0'262

Tabla 5.14. Resultados de los tests-t con las longitudes preoperatorias.

	Valor-p
SOPORTE	0'679
MÉTODO	<0'001
INTERACCIÓN	<0'001

Tabla 5.15. Análisis ANOVA de las mediciones preoperatorias.

	TOTAL	SOPORTE		
		1	2	3
TOTAL.....	81	28	29	26
MEDIDA REAL				
DIRECTA				
Media.....	22'04	21'31	22'38	22'45
DE.....	2'32	1'91	2'26	2'65
Mínimo.....	16'00	17'40	18'00	16'00
Máximo.....	27'40	25'00	27'00	27'40
LONG. CONDUCTOMETRIA				
RX A 0°				
Media.....	24'27	23'97	24'23	24'62
DE.....	2'90	2'03	3'02	3'56
Mínimo.....	17'00	21'00	19'90	17'00
Máximo.....	31'50	27'90	30'70	31'50
LONG. CONDUCTOMETRIA				
RV A 0°				
Media.....	23'30	23'87	23'27	22'73
DE.....	2'65	2'05	2'65	3'13
Mínimo.....	16'50	20'90	17'90	16'50
Máximo.....	29'90	27'60	29'40	29'90
LONG. CONDUCTOMETRIA				
RX A 15°				
Media.....	24'40	24'00	24'66	24'55
DE.....	2'80	2'11	2'73	3'51
Mínimo.....	17'20	21'10	20'20	17'20
Máximo.....	31'00	28'90	30'10	31'00
LONG. CONDUCTOMETRIA				
RV A 15°				
Media.....	23'29	23'87	23'27	22'70
DE.....	2'66	2'05	2'65	3'17
Mínimo.....	16'50	20'90	17'90	16'50
Máximo.....	29'90	27'60	29'40	29'90

Tabla 5.16. Medias de las variables correspondientes a las medidas de conductometría.

	SOPORTE 1	SOPORTE 2	SOPORTE 3
RX 0° / RX 15°	0'795	0'049	0'344
RV 0° / RV 15°	1'000	0'326	0'161
RX 0° / RV 0°	0'482	<0'001	<0'001
RX 15° / RV 15°	0'382	<0'001	<0'001
AD / RX 0°	<0'001	<0'001	<0'001
AD / RV 0°	<0'001	<0'001	0'262
AD / RX 15°	<0'001	<0'001	<0'001
AD / RV 15°	<0'001	<0'001	0'325

Tabla 5.17. Resultados de los tests-t con las longitudes de conductometría.

	Valor-p
SOPORTE	0'966
MÉTODO	<0'001
INTERACCIÓN	<0'001

Tabla 5.18. Análisis ANOVA de las mediciones de conductometría.

		<i>L-ARX</i>	<i>L-ARV</i>	L-AA
1		-0'5	-0'2	-0'02
2		-0'1	-0'3	-0'20
3		-1'0	-0'8	-0'97
4		-1'5	-1'8	-0'86
5		-0'1	-0'5	-0'18
6		-0'3	-0'5	-0'81
7		-0'4	0	-0'37
8		-0'4	-0'6	-0'54
9		-1'0	-0'8	+0'06
10		-1'4	-1'3	-1'13
11		-0'6	-0'2	-0'90
12		-0'2	-0'3	-0'22
13		0	-0'6	-0'90
14		-0'7	-0'2	-0'71
15		-0'2	-0'2	-0'40
16		-0'4	-0'3	-0'30
17	MV	0	-0'7	-1'06
	ML	0	-0'7	-1'16
	D	-1'0	-0'5	-1'12
18	MV	-3'3	-1'5	-0'83
	ML	-3'3	-1'5	-0'76
	D	0	-0'2	-1'12
19	MV	0	-0'6	-0'38
	ML	0	-0'6	-0'32
	D	-0'8	-0'5	-1'13
20	MV	-2'1	-1'1	-1'11
	ML	-2'1	-1'1	-0'89
	D	-1'2	-1'2	-0'76

Tabla 5.19. Distancia en mm desde el extremo de la lima hasta el ápice radiográfico (*L-ARX* y *L-ARV*) en los especímenes del soporte 1 a 0°. Comparación con la distancia anatómica medida desde el extremo de la lima hasta el ápice anatómico (*L-AA*).

		<i>L-ARX</i>	<i>L-ARV</i>	L-AA
21	MV	-2'8	-1'2	-0'55
	ML	-2'8	-1'2	-0'55
	D	-2'7	-1'4	-1'00
22	MV	+0'8	0	-0'45
	ML	+0'8	0	-0'07
	D	-0'5	-0'7	-0'39
23		-1'5	-0'6	-0'61
24		-1'0	-0'7	-0'24
25		-2'0	-1'5	-0'83
26		-1'7	-1'2	-0'66
27		-0'4	-1'0	-0'48
28		-1'0	-0'9	-0'41
29		-0'8	-0'7	+0'07
30		-1'0	-0'7	-0'81
31		-2'0	-0'7	-0'66
32		-2'5	-0'9	-1'08
33	M V	-2'5	-0'6	-0'94
	ML	-1'2	-0'6	-0'77
	D	-2'6	-2'0	-0'90
34		-3'0	-1'0	-0'86
35		-1'3	-1'3	-0'51
36		-2'3	-2'0	-1'10
37		-1'2	-0'8	-0'82
38		-1'7	0	-0'79
39	M V	-0'4	-0'4	-0'87
	ML	-0'4	-0'4	-0'07
	DV	0	0	+0'10
	DL	0	0	+0'09
40		-1'8	-1'5	-0'81

Tabla 5.20. Distancias L-ARX y L-ARV en mm en los especímenes del soporte 2 a 0°. Comparación con la distancia L-AA.

		<i>L-ARX</i>	<i>L-ARV</i>	L-AA
41		+1'0	+1'5	+0'55
42		+1'4	+1'3	+0'90
43		+1'7	+2'7	+0'13
44		-0'7	0	+0'07
45		+0'9	+1'6	+0'46
46		-1'0	+0'5	-0'87
47		+1'1	+0'4	-0'26
48	MV	-0'6	0	-1'02
	ML	-0'6	0	-0'59
	D	0	-0'5	-1'04
49		0	+0'5	+0'02
50		0	+0'3	+0'09
51		0	0	+0'18
52		0	0	+0'25
53		-1'0	-0'6	-0'94
54		-2'0	-2'0	-1'08
55		-0'9	+0'5	-0'29
56		-1'5	-1'2	-1'07
57		-1'5	-0'7	-1'12
58		+0'1	+0'2	+0'24
59	M V	-1'2	+0'5	-0'25
	ML	-1'2	+0'5	-0'11
	D	-1'5	-0'4	-0'14
60		-1'1	-0'4	-0'10

Tabla 5.21. Distancias L-ARX y L-ARV en mm en los especímenes del soporte 3 a 0°. Comparación con la distancia L-AA.

		<i>L-ARX</i>	<i>L-ARV</i>	L-AA
1		-0'2	-0'2	-0'01
2		-0'2	-0'2	-0'19
3		-1'1	-0'7	-0'95
4		-1'5	-0'9	-0'86
5		-0'2	-0'7	-0'18
6		-0'3	-0'7	-0'80
7		-0'5	-0'5	-0'38
8		-0'5	-0'5	-0'53
9		-0'9	-0'4	+0'05
10		-1'4	-1'2	-1'12
11		-0'5	-0'3	-0'90
12		-0'2	-0'5	-0'22
13		-0'3	-0'7	-0'89
14		-0'4	-0'2	-0'71
15		-0'2	-0'2	-0'39
16		-0'5	-0'7	-0'30
17	MV	-0'2	-0'5	-1'06
	ML	-0'2	-0'5	-1'16
	D	-1'0	-0'3	-1'12
18	MV	-2'3	-1'5	-0'83
	ML	-2'3	-1'5	-0'76
	D	0	0	-1'12
19	MV	-0'6	-0'4	-0'38
	ML	-0'2	-0'4	-0'31
	D	-0'7	-0'6	-1'11
20	MV	-2'1	-0'9	-1'11
	ML	-2'1	-0'9	-0'89
	D	-1'2	-0'7	-0'76

Tabla 5.22. Distancias L-ARX y L-ARV en mm en los especímenes del soporte 1 a 15°. Comparación con la distancia L-AA.

		<i>L-ARX</i>	<i>L-ARV</i>	L-AA
21	MV	-2'8	-0'8	-0'55
	ML	-2'8	-0'8	-0'55
	D	-3'1	-1'0	-0'99
22	MV	0	-0'3	-0'45
	ML	0	-0'3	-0'07
	D	-1'0	-0'4	-0'39
23		-1'5	-0'9	-0'61
24		-0'9	-0'6	-0'24
25		-1'6	-1'3	-0'83
26		-1'7	-1'1	-0'66
27		-0'6	-0'8	-0'48
28		-0'6	-0'8	-0'41
29		-0'7	-0'6	+0'07
30		-1'0	-1'1	-0'81
31		-2'2	-1'3	-0'66
32		-1'8	0	-1'08
33	M V	-3'0	-0'9	-0'93
	ML	-1'8	-0'9	-0'78
	D	-2'4	-1'8	-0'89
34		-3'0	-1'1	-0'86
35		-1'0	-1'1	-0'51
36		-2'3	-1'7	-1'11
37		-1'0	-1'0	-0'82
38		-1'3	0	-0'79
39	M V	-0'4	-0'3	-0'87
	ML	-0'4	-0'3	-0'07
	DV	0	0	+0'10
	DL	0	0	+0'09
40		-1'0	-1'1	-0'81

Tabla 5.23. Distancias L-ARX y L-ARV en mm en los especímenes del soporte 2 a 15°. Comparación con la distancia L-AA.

		<i>L-ARX</i>	<i>L-ARV</i>	L-AA
41		+1'0	+0'5	+0'55
42		+1'1	+1'4	+0'89
43		+2'5	+2'0	+0'13
44		-0'6	+0'5	+0'07
45		+0'7	+1'4	+0'46
46		-0'8	0	-0'87
47		+1'1	+1'8	-0'26
48	MV	-0'7	0	-1'02
	ML	-0'7	0	-0'59
	D	0	-0'9	-1'05
49		0	+0'8	+0'02
50		0	+0'6	+0'09
51		0	0	+0'18
52		0	0	+0'25
53		-1'0	-0'9	-0'94
54		-2'0	-1'8	-1'08
55		-0'8	+0'4	-0'30
56		-1'5	-1'3	-1'07
57		-2'0	-0'4	-1'12
58		+0'1	+0'4	-0'02
59	MV	-1'2	-0'7	-0'25
	ML	-1'2	-0'7	-0'11
	D	-1'5	-1'0	-0'14
60		-1'1	-0'5	-0'10

Tabla 5.24. Distancias L-ARX y L-ARV en mm en los especímenes del soporte 3 a 15°. Comparación con la distancia L-AA.

	SOPORTES: 1 2 3			
TOTAL.....	81	28	29	24
DISTANCIA				
LIMA-APICE ANAT.				
A 0°				
Media.....	-.52	-.68	-.59	-.25
DE.....	.47	.38	.35	.59
Mínimo.....	-1.16	-1.16	-1.10	-1.12
Máximo.....	.90	.06	.10	.90
DISTANCIA				
LIMA-APICE RAD.				
RADIOGRÁFICAMENTE				
A 0°				
Media.....	-.87	-.81	-1.36	-.36
DE.....	1.08	.93	1.07	1.01
Mínimo.....	-3.30	-3.30	-3.00	-2.00
Máximo.....	1.70	.00	.80	1.70
DISTANCIA				
LIMA-APICE RAD.				
DIGITALMENTE				
A 0°				
Media.....	-.47	-.67	-.83	.20
DE.....	.80	.46	.56	.96
Mínimo.....	-2.00	-1.80	-2.00	-2.00
Máximo.....	2.70	.00	.00	2.70
DISTANCIA				
LIMA-APICE ANAT.				
A 15°				
Media.....	-.52	-.68	-.58	-.26
DE.....	.47	.38	.35	.58
Mínimo.....	-1.16	-1.16	-1.11	-1.12
Máximo.....	.89	.05	.10	.89
DISTANCIA				
LIMA-APICE RAD.				
RADIOGRÁFICAMENTE				
A 15°				
Media.....	-.87	-.78	-1.38	-.36
DE.....	1.01	.71	.99	1.09
Mínimo.....	-3.10	-2.30	-3.10	-2.00
Máximo.....	2.50	.00	.00	2.50
DISTANCIA				
LIMA-APICE RAD.				
DIGITALMENTE				
A 15°				
Media.....	-.46	-.60	-.77	.07
DE.....	.73	.37	.49	.97
Mínimo.....	-1.80	-1.50	-1.80	-1.80
Máximo.....	2.00	.00	.00	2.00

Tabla 5.25. Medias de las variables correspondientes a las distancias L-A.

	SOPORTE 1	SOPORTE 2	SOPORTE 3
L-AA 0° / L-AA 15°	0'510	0'663	0'275
L-ARX 0° / L-ARX 15°	0'644	0'849	1'000
L-ARV 0° / L-ARV 15°	0'176	0'324	0'278
L-ARX 0° / L-ARV 0°	0'282	<0'001	<0'001
L-ARX 15° / L-ARV 15°	0'053	<0'001	<0'001
L-A0° / L-ARX 0°	0'468	<0'001	0'488
L-AA 0° / L-ARV 0°	0'910	0'009	0'005
L-AA 15° / L-ARX 15°	0'441	<0'001	0'580
L-AA 15° / L-ARV 15°	0'361	0'025	0'042

Tabla 5.26. Resultados de los tests-t con las distancias L-A.

	Valor-p
SOPORTE	<0'001
MÉTODO	<0'001
INTERACCIÓN	<0'001

Tabla 5.27. Análisis ANOVA de las distancias L-A.

ESPECIMEN		<i>L-FA</i>
1		+0'14
2		-0'16
3		-0'38
4		-0'19
5		+0'59
6		-0'07
7		-0'16
8		-0'28
9		+0'64
10		-0'38
11		-0'36
12		-0'19
13		-0'15
14		+0'43
15		+0'21
16		-0'26
17	MV	-0'97
	ML	-1'05
	D	-0'52
18	MV	-0'66
	ML	-0'61
	D	-0'14
19	MV	+0'08
	ML	-0'18
	D	-0'30
20	MV	-0'67
	ML	-0'64
	D	-0'29

Tabla 5.28. Distancia en mm desde el extremo de la lima hasta el foramen apical (L-FA) en los especímenes del soporte 1.

ESPECIMEN		<i>L-FA</i>
21	MV	-0'09
	ML	0
	D	-0'29
22	MV	-0'26
	ML	+0'14
	D	-0'23
23		-0'04
24		+0'72
25		-0'32
26		-0'59
27		-0'14
28		-0'04
29		+0'17
30		-0'32
31		-0'04
32		-0'47
33	M V	-0'66
	ML	-0'65
	D	-0'71
34		-0'39
35		-0'39
36		-0'73
37		-0'11
38		-0'17
39	M V	-0'27
	ML	+0'11
	DV	+0'40
	DL	+0'45
40		-0'22

Tabla 5.29. Distancia L-FA en mm en los especímenes del soporte 2.

ESPECIMEN		<i>L-FA</i>
41		+0'55
42		+0'97
43		+0'14
44		+0'36
45		+0'94
46		-0'36
47		-0'26
48	MV	-0'46
	ML	-0'37
	D	-0'46
49		+0'12
50		+0'86
51		+0'75
52		+0'44
53		-0'72
54		-0'31
55		+0'10
56		-0'94
57		+0'26
58		+0'30
59	M V	-0'24
	ML	-0'08
	D	-0'01
60		0

Tabla 5.30. Distancia L-FA en mm en los especímenes del soporte 3.

	TOTAL	SOPORTE		
		1	2	3
TOTAL.....	81	28	29	24
DISTANCIA				
LIMA-APICE				
ANAT. A 0°				
Media.....	-.52	-.68	-.59	-.25
DE.....	.47	.38	.35	.59
Mínimo.....	-1.16	-1.16	-1.10	-1.12
Máximo.....	.90	.06	.10	.90
DISTANCIA				
LIMA-FORAMEN				
APICAL				
Media.....	-.12	-.23	-.18	.07
DE.....	.44	.40	.35	.52
Mínimo.....	-1.05	-1.05	-.73	-.94
Máximo.....	.97	.64	.72	.97

Tabla 5.31. Diferencias entre L-AA y L-FA según soporte.

	Soporte 1	Soporte 2	Soporte 3
L-AA 0° / L-FA	0'000	0'000	0'000

Tabla 5.32. Análisis ANOVA de las diferencias entre L-AA y L-FA según soporte.

	R²	α (valor-p)	β (valor-p)
L-FA y L-ARX soporte 1	0'11	-0'11 (0'25)	0'14 (0'07)
L-FA y L-ARX soporte 2	0'23	0'03 (0'69)	0'15 (0'007)
L-FA y L-ARX soporte 3	0'29	0'16 (0'1)	0'27 (0'006)
L-FA y L-ARV soporte 1	0'14	-0'008 (0'94)	0'33 (0'04)
L-FA y L-ARV soporte 2	0'28	0'09 (0'33)	0'33 (0'002)
L-FA y L-ARV soporte 3	0'26	0'01 (0'90)	0'27 (0'01)

Tabla 5.33. Análisis de regresión lineal con L-FA como variable dependiente.

	TOTAL		SOPORTE					
			1		2		3	
TOTAL.....	81	100%	28	100%	29	100%	24	100%
CALIDAD								
<-0.5.....	14	17'3%	7	25'0%	5	17'2%	2	8'3%
-0.5 a 0.5.....	59	72'8%	19	67'9%	23	79'3%	17	70'8%
>0.5.....	8	9'9%	2	7'1%	1	3'4%	5	20'8%

Tabla 5.34. Calidad Apit según el soporte experimental.

	TOTAL		TIPO DENTARIO							
			Incisivo		Canino		Premolar		Molar	
TOTAL.....	81	100%	18	100%	12	100%	18	100%	33	100%
CALIDAD										
<-0.5.....	14	17'3%	3	16'7%	0	.0%	1	5'6%	10	30'3%
-0.5 a 0.5.....	59	72'8%	12	66'7%	9	75'0%	15	83'3%	23	69'7%
>0.5.....	8	9'9%	3	16'7%	3	25'0%	2	11'1%	0	.0%

Tabla 5.35. Calidad Apit según el tipo dentario.

	TOTAL		SOPORTE					
			1		2		3	
TOTAL.....	83	100%	28	100%	29	100%	26	100%
DISTANCIA								
<-0.5.....	31	37'3%	6	21'4%	18	62'1%	7	26'9%
-0.5 a 0.5.....	42	50'6%	17	60'7%	9	31'0%	16	61'5%
>0.5.....	10	12'0%	5	17'9%	2	6'9%	3	11'5%

5.36. Calidad método RX según soporte.

	TOTAL		TIPO DENTARIO							
			Incisivo		Canino		Premolar		Molar	
TOTAL.....	83	100%	18	100%	12	100%	18	100%	35	100%
DISTANCIA										
<-0.5.....	31	37'3%	7	38'9%	4	33'3%	7	38'9%	13	37'1%
-0.5 a 0.5.....	42	50'6%	9	50'0%	8	66'7%	9	50'0%	16	45'7%
>0.5.....	10	12'0%	2	11'1%	0	.0%	2	11'1%	6	17'1%

5.37. Calidad método RX según tipo dentario.

	TOTAL		SOPORTE					
			1		2		3	
TOTAL.....	83	100%	28	100%	29	100%	26	100%
DISTANCIA								
<-0.5.....	15	18'1%	4	14'3%	10	34'5%	1	3'8%
-0.5 a 0.5.....	51	61'4%	19	67'9%	18	62'1%	14	53'8%
>0.5.....	17	20'5%	5	17'9%	1	3'4%	11	42'3%

5.38. Calidad método RV según soporte.

	TOTAL		TIPO DENTARIO							
			Incisivo		Canino		Premolar		Molar	
TOTAL.....	83	100%	18	100%	12	100%	18	100%	35	100%
DISTANCIA										
<-0.5.....	15	18'1%	6	33'3%	3	25'0%	1	5'6%	5	14'3%
-0.5 a 0.5.....	51	61'4%	10	55'6%	7	58'3%	12	66'7%	22	62'9%
>0.5.....	17	20'5%	2	11'1%	2	16'7%	5	27'8%	8	22'9%

5.39. Calidad método RV según tipo dentario.

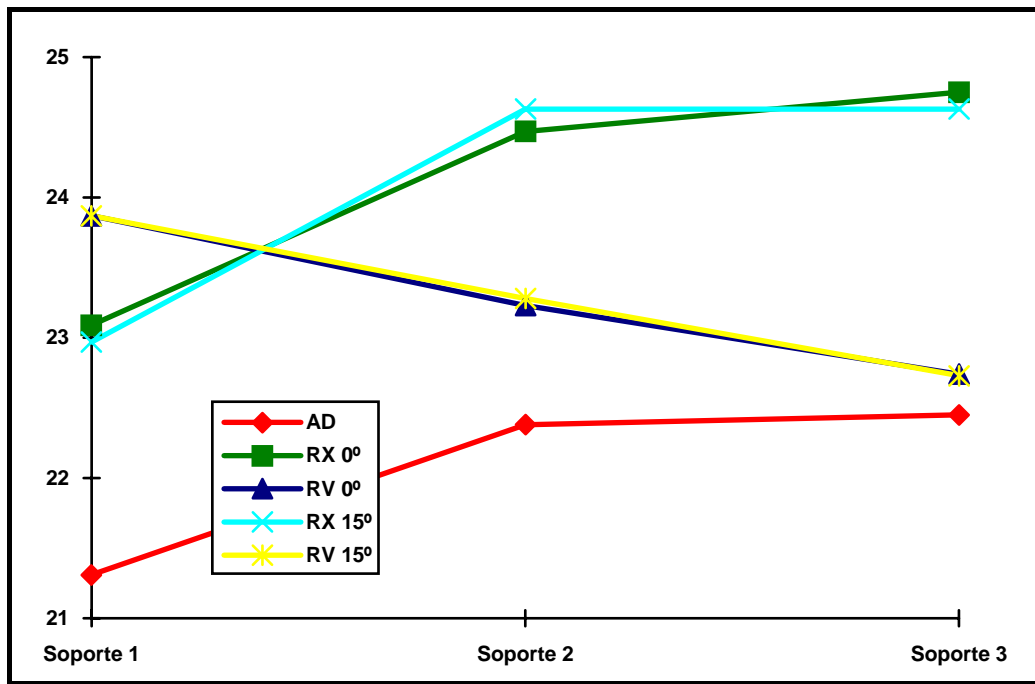


Fig. 5.1. Visualización gráfica de las medias de las variables correspondientes a las medidas preoperatorias.

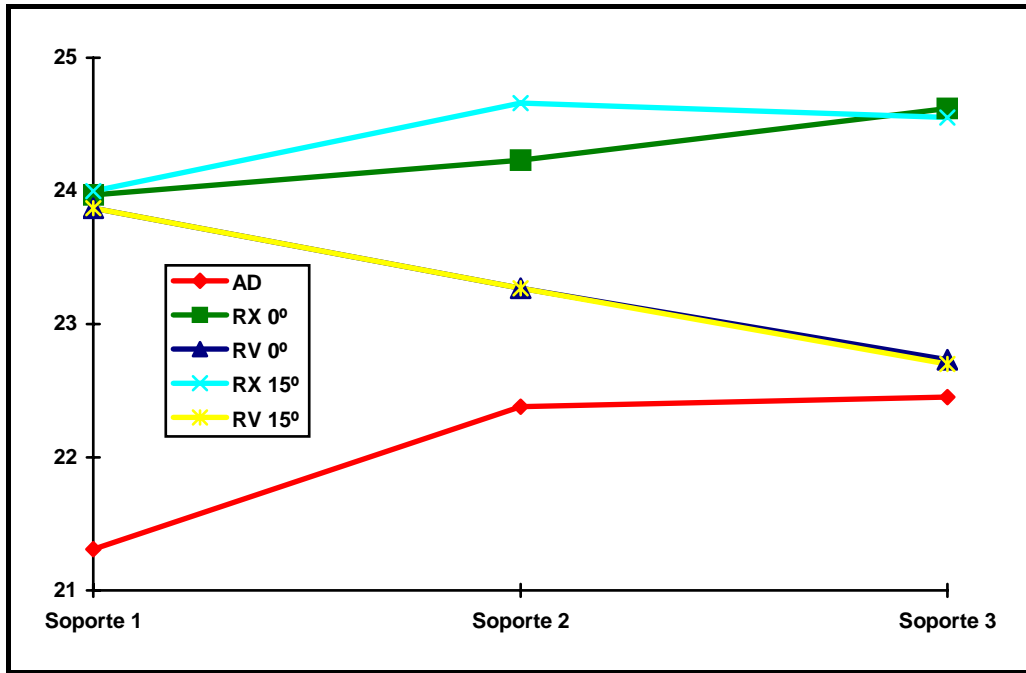


Fig. 5.2. Visualización gráfica de las medias de las variables correspondientes a las medidas de conductometría.

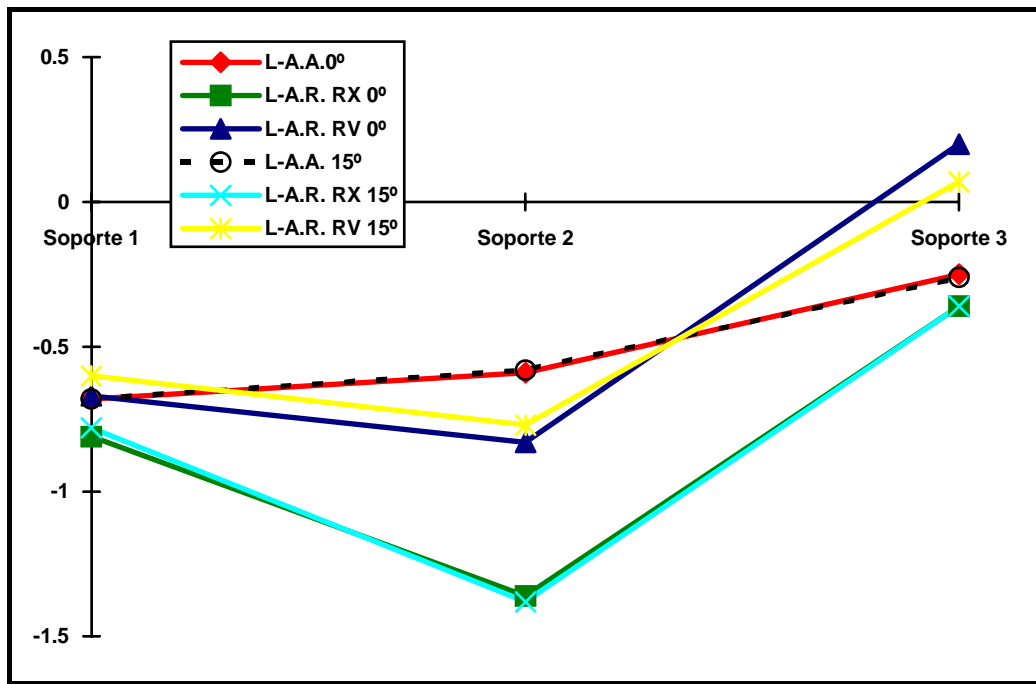


Fig. 5.3. Visualización gráfica de las medias de las variables correspondientes a las distancias L-A.

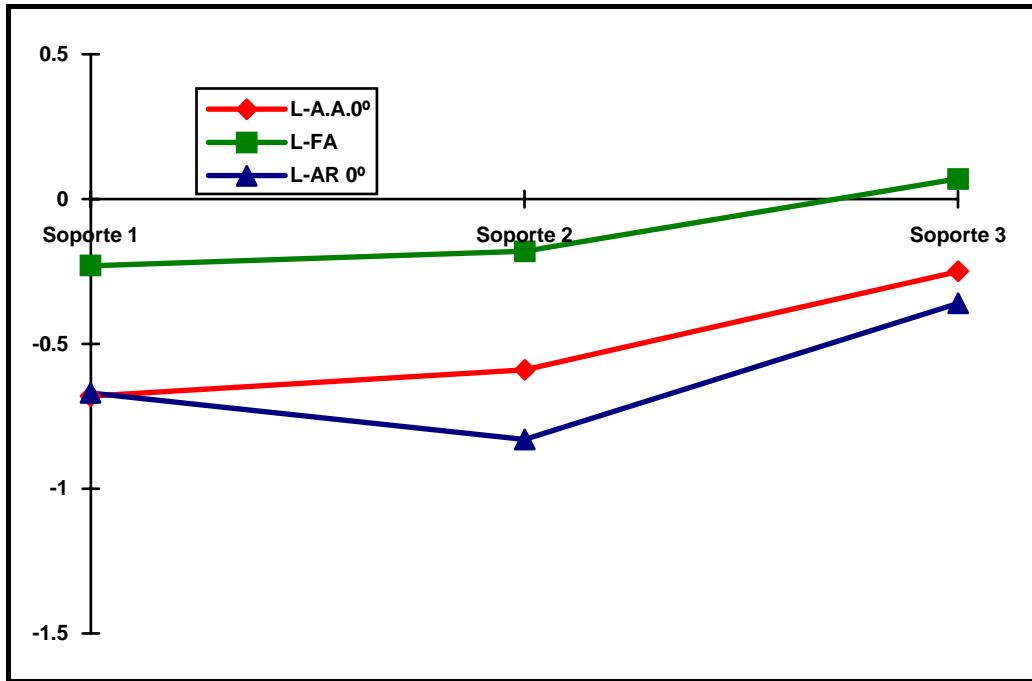


Fig. 5.4. Diferencias entre L-AA y L-FA según soporte.

DISCUSIÓN

Los apartados siguientes constituyen una valoración crítica de toda esta investigación, es decir, respecto de su muestra, de su aparatología y de los resultados obtenidos en ella, y establecen al mismo tiempo una comparativa con otros autores.

Los factores que influyeron en la decisión de investigar este tema fueron en gran parte los diseños variables de los estudios anteriores y la diversidad de resultados obtenidos en ellos.

6.1. RESPECTO AL MATERIAL Y MÉTODO.

6.1.1. Respecto a la muestra.

6.1.1.1. Tipo de muestra.

La elección de la muestra (dientes mandibulares) vino determinada por la posibilidad de obtención del soporte 3, es decir, de mandíbulas de cadáver, ya que por razones anatómicas resultó mucho más sencillo y viable extraer una mandíbula completa que fragmentos maxilares, con el consiguiente destrozo craneal del cadáver.

Se pudo obtener tres mandíbulas de cadáver con 20 especímenes en total (soporte 3), y ésto nos sirvió como punto de referencia para fijar los otros dos soportes (1 y 2) con idéntico número y tipo de elementos muestrales que el soporte 3.

Todos los especímenes cumplieron el requisito de no presentar alteraciones anatómicas radiculares con el fin de no interferir en la medición electrónica.

6.1.1.2. Número de elementos muestrales.

No encontramos criterios fijos y determinantes para establecer el número de especímenes que debían formar parte del estudio, de hecho, existe mucha disparidad en la cantidad de elementos muestrales según distintos autores (Tabla 6.1).

Según nuestra búsqueda bibliográfica, el estudio de Bramante y Berbert (1974) fue el que incluyó más especímenes, mientras que los de Fouad y

Krell (1989), y Fouad et al (1990) fueron los que menos elementos contuvieron.

El presente estudio incluyó 60 especímenes, mientras que la media analizada por las investigaciones antes reseñadas fue de 58'44 especímenes por cada una de ellas.

AUTORES	Nº DE ESPECÍMENES
Inoue (1972)	101
O'Neill (1974)	32
Bramante y Berbert (1974)	224
Seidberg et al (1975)	100
Busch et al (1976)	72
Plant (1976)	32
Inoue y Skinner (1985)	201
Nahmias, Aurelio y Gerstein (1987)	60
Fouad y Krell (1989)	20
Fouad et al (1990)	20
Stein, Corcoran y Zillich (1990)	47
Frank y Torabinejad (1993)	99
Padrós et al (1993)	50
Hembrough et al (1993)	26
Fouad, Rivera y Krell (1993)	60
Mayeda et al (1993)	33
Rivera y Seraji (1994)	30
Pallarés y Faus (1994)	34
Hedrick et al (1994)	20
Ellingsen, Harrington y Hollender (1995)	25
Himel y Cain (1995)	53
Pratten y Mc Donald (1996)	27
Lauper, Lutz y Barbakov (1996)	22
Martínez (1996)	100
Shabahang, Goon y Gluxkin (1997)	26
Almenar et al (1997)	30
Ounsi y Haddad (1998)	37

Tabla 6.1. Número de elementos muestrales según autores.

6.1.2. De la aparatología.

6.1.2.1. Sistema de RadioVisioGrafía Trophy (Tabla 6.2).

Se eligió este sistema por varios motivos:

- superficie activa del sensor (XL) superior a la mayor parte de modelos existentes;
- mayor resolución (12 pl/mm);
- único sensor con protección del C.C.D.;
- porcentaje de reducción de dosis (90%) superior a otros diseños;
- menor tamaño del píxel (39x39 μm);
- obtención instantánea de la imagen;
- ratio señal-ruido elevada (36 db); y,
- vida del sensor prácticamente ilimitada.

PROPIEDAD ES	TROPHY	REGAM	GENDEX	SOREDEX
Antigüedad	1986	1991	1991	1996
Captador con protección contra la radiación	Sí	No	No	No
Dimensiones sensor (mm)	45'0x31'6 (XL)	40x28	42x25	45x35
Espesor sensor (mm)	7	8	5'8	1'4
Área activa sensor (mm ²)	600	449'8	600	630
Resolución (pl/mm)	12	10	8	7
Tamaño píxel (µm)	39x39	45x45	44x44	72x72
Imagen instantánea	Sí	Sí	Sí	No
Compensación automática de exposición	Sí	No	No	No
Ratio señal-ruido (db)	36	26	-----	39
% de reducción de dosis	90	50	-----	89
Compatibilidad con cámara digital	Sí	No	No	No
Longevidad captador	Ilimitada	>83.000	-----	-----

Tabla 6.2. Comparativa RVG con algunos de sus competidores.

Padrós et al (1993) realizó un estudio de conductometrías, comparando la eficacia de la RVG, con la radiografía convencional y el método electrónico, demostrando que el localizador electrónico de ápice Apit fue un instrumento de más fiabilidad que las RX ó RV poco claras. Según estos autores, la doble conductometría con Apit y RX aumentaría el éxito en la terapéutica endodóncica.

Hedrick et al (1994) compararon imágenes radiográficas digitales de Trophy y Regam con las imágenes radiográficas convencionales E-speed para determinar la longitud canalicular. No encontraron diferencias significativas entre las imágenes obtenidas por impresión térmica digital directa y las radiografías convencionales.

Ellingsen, Harrington y Hollender (1995) compararon la radiografía convencional con la RVG de Trophy, obteniendo resultados alentadores con respecto a la radiología digital.

Shearer, Horner y Wilson (1990) también consideraron la RVG como un método capaz de ofrecer conductometrías de calidad similar a las radiográficas.

6.1.2.2. Apit EM-S3 (Tabla 6.3).

Se eligió este localizador electrónico de ápice de doble frecuencia por tres motivos:

- en algunos estudios anteriores se pudo apreciar una precisión equiparable a la técnica radiográfica (Castellucci, Falchetta y Becciani, 1992; Pratten y McDonald, 1996);
- obtención de lecturas de conductometría en conductos estrechos y húmedos;
- por su extremada exactitud en su manejo clínico; y,
- el investigador estuvo más familiarizado con él debido a su utilización clínica diaria.

Cuando se empleó este aparato, no fue preciso secar el conducto previamente ni aplicar sondas especiales, sólo colocar algún líquido conductor dentro del conducto radicular y se pudo aplicar cualquier tipo de lima convencional. Estas características agilizaron el proceso y permitieron la determinación de la longitud de trabajo desde la primera inserción de la lima en el conducto, a pesar de que contuviera líquido o fuera estrecho.

La posibilidad de emplear un localizador electrónico en conductos húmedos es fundamental, porque secar un conducto como exigían hasta

ahora los localizadores eléctricos de una sola frecuencia, es prácticamente imposible de conseguir en un conducto estrecho que aún no se ha comenzado a instrumentar.

Fouad, Rivera y Krell (1993) compararon la fiabilidad de cuatro medidores electrónicos de ápice: Apit, Exact-a-pex, Sono-Explorer Mark III y Neosono D-SE. Concluyeron afirmando la superioridad del Apit frente a los demás, especialmente si el conducto contenía fluidos, no obstante la exactitud disminuyó mucho si el foramen apical fue excesivamente ancho.

Arora y Gulabivala (1995) evaluaron *in vivo* la precisión del Endex y del RCM Mark II. Describieron la supremacía del Endex en presencia de electrólitos.

Modelo	Frecuencia (Hz)	Medición de voltaje (mv)	Medición con canal húmedo
Root Canal Meter	150	800	No
Endodontic Meter	400	40	No
CL Meter ME-02	800	340	No
PIO	200	40	No
Roots	540	500	No
Sono-Explorer Mark II	1.500	10	No
Endocater	400	130	No
Apit	1 y 5	20	Sí

Tabla 6.3. Características de distintos localizadores de ápice.

Ruiz de Temiño y Barasona (1996) hablaron de la tercera generación de localizadores (Apit y Root ZX), que emplearon una doble frecuencia, y que fueron más exactos que los modelos anteriores, ya que:

- permitieron realizar mediciones con conductos húmedos;
- utilizaron cualquier tipo de lima; y,
- no fue necesario eliminar el contenido de los conductos, lo que hizo posible su utilización desde el comienzo de la instrumentación, nada más permeabilizar el conducto.

Según Canalda et al (1995), con el Apit y el Root ZX se obtuvieron conductometrías de precisión semejante a la radiográfica, aún en presencia de electrólitos y residuos diversos en el interior del conducto.

Ante la utilización del Apit se habría actuado con precaución ante la presencia de restauraciones metálicas (coronas, obturaciones,...) que pudieran desencadenar mediciones incorrectas si la lima o el fluido conductor entrara en contacto con ellas, pero ninguna de ellas estuvo presente en los especímenes pertenecientes a este estudio.

Hülsmann (1991) aseguró que las caries afectaron a la lectura de los medidores electrónicos, y recomendó eliminarlas antes de proceder a la medición del conducto. Esto no coincidió con los resultados desprendidos de este estudio, exceptuando aquéllas caries importantes que permitieron la entrada de fluidos al interior de la cámara pulpar.

6.1.2.3. Película radiográfica Kodak DF 58 Ultraspeed.

Se eligió la placa Ultraspeed o “D” por ofrecer una mayor calidad de imagen, ya que la Ektaspeed ó “E” (con un grano más grueso) reduciría considerablemente el tiempo de exposición, pero disminuiría la nitidez de la imagen.

Ellingsen, Harrington y Hollender (1995) también afirmaron la superioridad de las placas Ultraspeed frente a las Ektaspeed.

6.1.2.4. Posicionador dentario.

Para la obtención de imágenes, ya fueran radiográficas convencionales o digitales, partimos de la base de que cada espécimen tuvo que ser posicionado de una forma reproducible y fiel, de este modo pudimos comparar imágenes del mismo espécimen sin variar la geometría de proyección o haciéndolo de un modo preestablecido.

Con este fin nos planteamos la construcción de un artefacto capaz de fijarnos exactamente un espécimen y de medir fielmente la angulación en el plano horizontal del haz de rayos con respecto al diente.

Ya en 1987 Forsberg diseñó un aparato similar en cuanto a su diseño y posicionamiento dentario.

Hedrick et al (1994) montó muestras de mandíbulas de cadáver en una unidad de soporte geoméricamente estandarizada. Este aparato le permitió ajustar la angulación mesial y distal del haz de rayos con respecto al diente.

6.1.2.5. N° de lima empleado para el control radiológico.

Con respecto al n° de lima empleado por los distintos autores, existió una gran variabilidad (Tabla 6.4).

Ellingsen, Harrington y Hollender (1995) compararon la fiabilidad del sistema de RVG con la radiografía convencional a la hora de evaluar la posición de limas n° 8 y 10 con respecto al ápice radiográfico, y concluyeron con una observación más clara en el caso de las radiografías convencionales D-speed.

A pesar de esa gran varianza, el n° 15 se encontró presente en casi todos los estudios revisados.

Antes de llevar a cabo este estudio quisimos averiguar con qué n° de lima se obtuvo una determinación radiográfica y radiovisiográfica más exacta, llegando a la conclusión de que las limas n° 15 y 20 ofrecieron medidas prácticamente iguales a las verdaderas para ambos métodos de diagnóstico por la imagen. Con objeto de producir una menor deformación apical, decidimos emplear el n° 15.

La lima n° 10 se desechó porque a nivel RX ofreció unos datos discordantes con la realidad, a pesar de que fueran aceptables a nivel RV.

AUTOR	Nº DE LIMA EMPLEADO
O'Neill, 1974	10
Inoue y Skinner, 1985	No especifican
Nahmias, Aurelio y Gerstein, 1987	No especifican
Fouad y Krell, 1989	20
McDonald y Hovland, 1990	No especifican
Fouad et al, 1990	10 ó 15 (según conducto)
Stein, Corcoran y Zillich, 1990	15 ó 20 (según conducto)
Castellucci, Falchetta y Becciani, 1992	08, 10 ó 15 (según conducto)
Frank y Torabinejad, 1993	No especifican
Hembrough et al, 1993	15, 20 ó 25 (según conducto)
Mayeda et al, 1993	15, 20, 25, 30 ó 35 (según conducto)
Pallarés y Faus (1994)	10 ó 15 (según conducto)
Hedrick et al (1994)	15
Pratten y McDonald, 1996	15
Almenar et al, 1997	10 ó 15

Tabla 6.4. Nº de lima empleado según diversos autores.

6.1.3. De la metodología.

En este trabajo no se pretendió determinar cuál fue el punto ideal para terminar nuestra preparación endodóncica, sino averiguar la precisión del localizador electrónico de ápice Apit EM-S3 a la hora de precisar la posición del foramen apical.

6.1.3.1. Estudio *in vitro*, realizando conductometrías electrónicas con posterior verificación con radiografía convencional, radiología digital y observación anatómica directa.

A lo largo de muchos años se han sucedido numerosos trabajos sobre el tema que nos ocupa.

Muchos estudios fueron *in vivo* (O'Neill, 1974; Plant, 1976; Negm, 1983; Inoue y Skinner, 1985; Fouad et al, 1990; McDonald y Hovland, 1990; Stein, Corcoran y Zillich, 1990; Frank y Torabinejad, 1993; Padrós et al, 1993; Hembrough et al, 1993; Mayeda et al, 1993; Pallarés y Faus, 1994; Arora y Gulabivala, 1995; Ellingsen, Harrington y Hollender, 1995; Himel y Cain, 1995; Lauper, Lutz y Barbakow, 1996; Shabahang, Goon y Gluxkin, 1997).

En nuestra revisión bibliográfica hemos encontrado casi la misma proporción de trabajos *in vitro* (Aurelio, Nahmias y Gerstein, 1983; Diehl, Gratt y Gould, 1986; Huang, 1987; Nahmias, Aurelio y Gerstein, 1987; Barkhordar et al, 1987; Fouad y Krell, 1989; Shearer, Horner y Wilson, 1990; Castellucci, Falchetta y Becciani, 1992; Fouad, Rivera y Krell, 1993; Rivera y Seraji, 1994; Hedrick et al, 1994; Pratten y McDonald, 1996; Martínez, 1996; Almenar et al, 1997; Ounsi y Haddad, 1998).

Al encontrar una diversidad de trabajos *in vitro/in vivo* tan pareja, decidimos completar un estudio que incluyera apartados *in vitro* (dientes exodonciados y mandíbulas) y algo que se pudiera asemejar a un estudio *in vivo* (mandíbulas de cadáver).

Desde el punto de vista de la metodología, el enfoque de los numerosos autores fue muy diverso (Tabla 6.5).

6.1.3.2. Conservación de los especímenes.

Los especímenes correspondientes a los soportes 1 y 2, se mantuvieron en suero fisiológico antes de su uso para evitar su desecación y mediciones electrónicas incorrectas, al igual que hicieron Fouad et al (1990) y Hembrough et al (1993).

En cuanto a las mandíbulas pertenecientes al soporte 3, fueron conservadas en formol al 10% para impedir la descomposición de tejidos blandos.

Autores como Castellucci, Falchetta y Becciani (1992) en estudio *in vitro* y Shabahang, Goon y Gluxkin (1997) en estudios *in vivo*, tras extraer los dientes los conservaron en formol al 10%.

AUTORES	MÉTODO	
	<i>Conductometría</i>	Verificación
Inoue, 1972	E	RX
Bramante y Berbert, 1974	E+RX	AD
O'Neill, 1974	E	AD
Seidberg et al, 1975	DT+E	RX
Plant y Newman, 1976	E	AD
Busch et al, 1976	E	RX
Chunn, Zardiackas y Menke, 1981	E+RX	AD
Inoue y Skinner, 1985	E	RX
Fouad y Krell, 1989	E	AD
Fouad et al, 1990	E	AD
Mc Donald y Hovland, 1990	E	AD
Stein, Corcoran y Zillich, 1990	E	AD
Castellucci, Falchetta y Becciani, 1992	E+RX	AD
Mayeda et al, 1993	E+RX	AD
Frank y Torabinejad, 1993	E	RX
Padrós et al, 1993	E	RX+RV
Fouad, Rivera y Krell, 1993	E	AD
Hembrough et al, 1993	E	AD
Hedrick et al, 1994	RX+RV	AD
Pallarés y Faus, 1994	E	AD
Himel y Cain, 1995	E	RX
Ellingsen, Harrington y Hollender, 1995	RX+RV	AD
Arora y Gulabivala, 1995	E+RX	AD
Pratten y Mc Donald, 1996	E+RX	AD
Lauper, Lutz y Barbakow, 1996	E	AD
Ounsi y Haddad, 1998	E+RX+DT	AD

Tabla 6.5. Bases metodológicas de diversos autores (E=electrónica; DT=dígito-táctil; AD=anatómica directa).

6.1.3.3. Obtención de imágenes preoperatorias.

El propósito singular del aparato de captación radiográfico (sensor digital o película convencional) es captar el patrón de densidad de los fotones de los rayos X cuando salen de los tejidos objeto. El patrón de dispersión de fotones que emerge de los tejidos, depende de los tejidos y de la fuente de radiación. Una imagen será más precisa si el rayo se origina en una fuente puntual que si se origina en una zona más amplia.

Los generadores de radiaciones clínicas emiten rayos X a partir de una zona amplia y no de un punto singular, esto significa que las imágenes radiográficas están sujetas a una pérdida de detalle y a una distorsión geométrica. La pérdida de detalle y de precisión de la imagen depende de las dimensiones del punto focal. Cuanto mayor sea el punto focal, mayor será la pérdida de detalle. Puesto que los fotones de rayos X no se pueden enfocar hacia una imagen precisa, tal como la luz se puede enfocar a través de la lente de una cámara, la imagen captada por una película convencional o por un sensor digital nunca tendrá la expresión, en cuanto a enfoque, de una fotografía enfocada a través de una lente.

Las imágenes radiográficas siempre estarán sujetas a un cierto grado de distorsión geométrica que limitará la resolución de la imagen que se puede captar. El patrón de dispersión de fotones no puede ser mejorado por el sensor y continuará limitando la calidad y la precisión de la imagen, tanto para el sistema convencional como para el de captación digital.

Un campo que se puede mejorar es la capacidad para captar con precisión el patrón de fotones emergentes. Esto depende del tamaño de las unidades de captación del sensor. Las unidades de captación más pequeñas añaden más resolución y, por consiguiente, más detalle a la imagen. Las unidades de captación de las películas radiográficas convencionales corresponden básicamente al tamaño de grano de la película. Las películas más rápidas poseen granos de mayor tamaño que dan como resultado una pérdida de detalle y de precisión de la imagen. La tendencia actual es la de producir películas convencionales más rápidas para reducir el tiempo de exposición del paciente. Eso da como resultado imágenes con granos de mayor tamaño y menos detalladas.

La tendencia actual con respecto a los sensores de captación digital es la de mejorar la calidad de imagen, por consiguiente, la radiografía convencional

y los sistemas radiológicos por captación digital se aproximan entre sí desde direcciones opuestas sobre un continuo de calidad de imagen.

La calidad de la imagen por captación digital está mejorando y la de la película convencional puede incluso deteriorarse más al aumentar la velocidad de la película, hasta el punto de que Hedrick et al (1994) afirman que ambas son comparables.

Según Soh, Loh y Chong (1993), la ventaja de reducir la exposición del paciente a la radiación puede verse anulada por la necesidad de repetir las exposiciones debido a que los sensores digitales tienen áreas activas pequeñas. Esto no suele suceder con el sensor de Trophy, que tiene una superficie activa de 951 mm².

Actualmente, el precio de los sistemas digitales directos es de tres a cinco veces superior que los radiográficos convencionales. Como en toda nueva tecnología, el coste disminuye a medida que el sistema mejora, lo cual aumenta el atractivo de estos sistemas en la práctica endodóncica.

Resulta adecuado puntualizar algunas observaciones adicionales sobre el uso de estos sistemas. En primer lugar, la eliminación del proceso de revelado constituye una clara ventaja. En segundo lugar, el tiempo que se ahorra por la producción instantánea de la imagen puede quedar anulado por la producción del contraste y del brillo para mejorar el aspecto de la imagen.

6.1.3.3.1. Posicionamiento de los especímenes para la obtención de imágenes radiológicas.

Se empleó un soporte geoméricamente estandarizado para conseguir la misma proyección con la radiografía convencional y con el sistema de captación digital de la imagen.

Constituyó un problema conseguir una posición homogénea de todos los especímenes en el poste posicionador, lo que se resolvió realizando unas marcas en el centro de sus caras vestibular y lingual.

En el caso del soporte 1, los especímenes se colocaron directamente sobre el poste portador. Con el fin de obtener un posicionamiento reproducible y centrado, las marcas de los elementos muestrales se hicieron coincidir con otras existentes en el extremo superior del poste.

El centrado de los especímenes de los soportes 2 y 3 se realizó haciendo coincidir las marcas de sus caras vestibular y lingual con otras situadas sobre la plataforma del poste giratorio. En este caso, se hizo coincidir el plano mandibular con la horizontal verdadera.

El posicionador dentario siempre se colocó y paralelizó sobre un papel milimetrado, de modo que se pudiera paralelizar el cono del rayos X con respecto a las líneas del papel, las cuales ya se encontraron paralelizadas con respecto al soporte.

Con estos sistemas conseguimos obtener mayor reproducibilidad del proceso.

Salvo autores como Hedrick et al (1994), los demás no precisaron la forma de posicionamiento de los especímenes a la hora de obtener imágenes radiológicas.

6.1.3.3.2. Angulación del cono del rayos X.

Para observar si las variaciones de ángulo en el plano horizontal del haz de rayos con respecto al diente tuvieron incidencia en la determinación de la longitud de trabajo, se escogieron dos proyecciones:

- a 0° horizontal;
- a 15° horizontal desde distal.

Con respecto a la segunda proyección, se tuvo en cuenta al elegirla que tuviera una aplicación lo más clínica posible, es decir, que fuera factible practicarla *in vivo*, diferenciando ciertas estructuras (separando raíces), pero sin crear excesivas superposiciones ni distorsiones de estructuras.

Pratten y McDonald (1996) también emplearon estos mismos ángulos en el plano horizontal.

Otras proyecciones han sido también utilizadas, como 0°, 20°, 40° y 90° (Martínez, 1996).

6.1.3.3.3. Mediciones preoperatorias.

Para conseguir unas mediciones fiables y susceptibles de ser reproducidas, fue necesario realizarlas entre dos puntos fácilmente localizables.

En el caso de las imágenes radiológicas decidimos medir entre el punto cuspídeo más alto y el ápice radiográfico; en el caso de las mediciones anatómicas de validación, elegimos la cúspide más alta y el ápice anatómico. En todos los casos hablamos de puntos fácilmente detectables.

6.1.3.4. Conductimetría electrónica.

Al funcionamiento de los localizadores electrónicos de ápices se le permitió tradicionalmente un cierto margen de error aceptable en la localización del ápice. Así, posiciones radiográficas dentro del rango de $\pm 0,5$ mm, con respecto al ápice, fueron consideradas por algunos como el rango aceptable más estricto (Fouad et al, 1990; Ricard et al, 1991; Shabahang, Goon y Gluxkin, 1997). Las mediciones alcanzadas dentro de esta tolerancia fueron consideradas altamente precisas.

Otros estudios se apoyaron en un rango clínico más laxo de $\pm 1,0$ mm con respecto al foramen (Keller, Brown y Newton, 1991). Una razón citada para aceptar un margen de error de $\pm 1,0$ mm fue el amplio rango observado en la forma de la zona apical. Los conductos radiculares no siempre terminaron con una constricción apical o con un foramen apical dentro de la base del cono cementario (Shabahang, Goon y Gluxkin, 1997). Con la falta de estas demarcaciones se aceptó clínicamente una tolerancia de error de $\pm 1,0$ mm.

En este trabajo hemos hablado del foramen apical como punto ideal para finalizar la conductimetría, considerando clínicamente aceptables a aquéllas medidas que se encontraron a $\pm 0,5$ mm del foramen apical.

Basándonos en los dos posibles lugares de ubicación de nuestra terminación, como son la constricción y el foramen apical, debemos ser conscientes de que si dejamos sistemáticamente nuestra preparación a nivel de la constricción apical, corremos el riesgo de que en algunos casos el muñón restante localizado en el cono apical, esté también enfermo y haga fracasar nuestra obturación. Pero si, por el contrario, finalizamos nuestra preparación sistemáticamente a nivel del foramen apical utilizando el ápice radiográfico como punto de referencia, frecuentemente provocaremos sobreobturaciones.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, para este trabajo preferimos tener en cuenta el foramen apical, pero localizado a través de un método electrónico considerado fiable.

6.1.3.4.1. Reproducción de las características de conductividad eléctrica del periodonto.

Aurelio, Nahmias y Gerstein (1983), colocaron las raíces de los especímenes sumergidas en el extremo superior de tubos de poliestireno que contuvieron 2 g de agar en 100 ml de solución tampón. Obtuvieron mediciones electrónicas más largas que las verdaderas debido a que la alta concentración de agar creó un medio totalmente viscoso que dejó huecos en el espacio periapical, lo cual minimizó el contacto entre la lima y el agar y disminuyó la conductividad eléctrica.

Posteriormente Nahmias, Aurelio y Gerstein (1987) utilizaron agar al 0'2% y las medidas les quedaron más cortas de lo real. Esto se explicaría por la filtración del agar al interior del conducto a través del foramen apical, creando una conductividad eléctrica temprana.

Fouad y Krell (1989) creyeron que la concentración ideal del agar para el modelo anterior fue de 0'8-1%.

Ounsi y Haddad (1998) emplearon una solución de cloruro sódico al 0'9%.

En este trabajo para simular la relación constante de los valores de impedancia entre la mucosa alveolar y el tejido periodontal profundo, se usó como medio conductor solución fisiológica, al igual que Castellucci, Falchetta y Becciani, 1992.

El dispositivo utilizado para los elementos de los soportes 1 y 2 tuvo que ser capaz de mantener fijo cada espécimen y de poner en contacto su porción radicular con el suero fisiológico, quedando de este modo su corona por encima del nivel del líquido. Constó de una cubeta que contuvo una esponja embebida en suero fisiológico, en la cual se insertó la raíz del elemento muestral. El gancho labial del localizador se colgó de un borde de la cubeta y se mantuvo en todo momento en contacto con el medio conductor. Este soporte fue similar al empleado por Castellucci, Falchetta y Becciani (1992) y Pratten y McDonald (1996).

En el caso de las mandíbulas de cadáver no se precisó de ningún medio conductor artificial, pues las tres poseyeron tejido blando al cual se pinzó el clip labial.

6.1.3.4.2. Presencia de electrólitos en el interior del conducto.

Analizando la literatura se pudo observar que existió una concordancia entre diversos autores al afirmar la fiabilidad de los localizadores electrónicos en dientes con conductos radiculares secos y con ápices maduros. Muchos de ellos afirmaron empíricamente que la presencia en el conducto de fluidos conductores como el hipoclorito de sodio (O'Neill, 1974; Dahlin, 1979; Fouad y Krell, 1989; Katz, Tamse y Kaufman, 1991), sangre, pus y anestésico local (Farber y Bernstein, 1983), o solución salina (Huang, 1959; Suchde y Talim, 1977; Bramante y Berbert, 1974; Dahlin, 1979; Farber y Bernstein, 1983; Hembrough et al, 1993) podrían comprometer la exactitud de medición del localizador.

Algunos autores procedieron a irrigar el espacio endodóncico con hipoclorito sódico al 5'25% (Suchde y Talim, 1977; Castellucci y Becciani, 1988; Ricard et al, 1991; Hembrough et al, 1993; Mayeda et al, 1993; Ruiz de Temiño y Barasona, 1996; Ounsi y Haddad, 1998), otros al 0'5% (Pallarés y Faus, 1994), otros no dijeron qué concentración emplearon (Negm, 1983; Pratten y McDonald, 1996).

En este trabajo, tras realizar la cavidad de acceso se irrigó el espacio endodóncico con hipoclorito sódico al 2'5%, pues al igual que Castellucci, Falchetta y Becciani (1992), y Fouad, Rivera y Krell (1993), creímos que fue la concentración más aceptable al ser la empleada en la Endodoncia clínica.

6.1.3.4.3. Ubicación del extremo de la lima (punto de referencia apical).

La posición del foramen apical fue determinada cuando la aguja del dial del Apit se encontró a nivel de la marca "APEX" (que correspondió al foramen apical) y la señal acústica se transformó en continua, al igual que otros autores (Castellucci, Falchetta y Becciani, 1992; Padrós et al, 1993; Mayeda et al, 1993; Pratten y McDonald, 1996).

Otros autores prefirieron determinar la posición de la constricción apical en lugar del foramen apical (Frank y Torabinejad, 1993; Ruiz de Temiño y Barasona, 1996).

Creímos más oportuno hablar de foramen apical por ser una estructura más fácilmente discernible a nivel microscópico, y por no estar completamente demostrada la presencia de una constricción apical bien definida en todos los conductos.

6.1.3.4.4. Inmovilización de la lima.

Tras la realización de la conductometría electrónica se procedió al cementado de la lima para impedir su movilidad durante el proceso de la exodoncia y se cortó el mango de cada lima por su base con objeto de manejar más libremente los especímenes a lo largo de la investigación. Del mismo modo se hubiera podido referenciar el tope de goma de la lima y ser extraída, pero de esa forma creímos que se habrían podido introducir cambios en la verdadera ubicación del extremo apical de la lima.

Investigadores como Nahmias, Aurelio y Gerstein (1987), Castellucci, Falchetta y Becciani, (1992), Frank y Torabinejad (1993), Mayeda et al (1993), procedieron al cementado de la lima tras decidir que se encontró en el punto indicado por el medidor electrónico.

Sin embargo, otros autores como Fouad y Krell (1989), Stein Corcoran y Zillich (1990), Hembrough et al (1993), Fouad, Rivera y Krell (1993), Himel y Cain (1995), por el diferente diseño de sus trabajos no fijaron la lima.

6.1.3.5. Comprobación radiográfica y radiovisiográfica de la conductometría electrónica.

La fiabilidad de las RX y de las RV fue otro punto de gran interés.

La precisión de los localizadores electrónicos de ápices ha sido corroborada tradicionalmente por radiografías (Trope, Rabie y Tronstad, 1985; McDonald y Hovland, 1990; Fouad et al, 1990; Mayeda et al, 1993). Casi todos los conductos radiculares salían en orientaciones perpendiculares al trayecto del rayo central y en ángulos agudos. La visualización de la curvatura en la tercera dimensión en radiografías es un reto, en el mejor de los casos. Ésto hace difícil la confirmación radiográfica de instrumentos posicionados electrónicamente como único árbitro de la longitud del conducto.

En un estudio que determinó que los instrumentos quedaron cortos con respecto al ápice radiográfico, los investigadores se sorprendieron al descubrir que más del 43% de las limas, estuvieron en realidad sobreextendidas más allá del foramen (Chunn, Zardiackas y Menke, 1981).

También se obtuvieron imágenes RV con objeto de establecer una comparativa entre los resultados de los dos métodos de diagnóstico por la imagen y los ofrecidos por observación anatómica directa.

Hembrough et al (1994) compararon las imágenes de conductometría generadas por los sistemas radiográficos digitales directos Trophy y Regam con las radiografías convencionales rápidas "E". Compararon el promedio de las longitudes de ajuste estimadas con las longitudes reales determinadas anatómicamente.

Las mediciones llevadas a cabo sobre estas imágenes fueron igualmente reproducibles, ya que se midió desde el extremo de la lima hasta el ápice radiográfico.

6.1.3.6. Comprobación anatómica directa de la posición del extremo de la lima.

A nivel apical, la posición del foramen apical con respecto al ápice anatómico quedó determinada por variaciones individuales múltiples que no se pudieron estandarizar.

El modo óptimo de llevar a cabo esta comprobación consistió en realizar un desgaste apical en un plano tal, que nos permitió eliminar el tejido que impidió la visión directa del tramo más apical del conducto. Este proceso hubo de ser lento y cuidadoso a fin de respetar las paredes internas del conducto opuestas a la parte que se eliminó.

Este desgaste permitió observar la relación del extremo de la lima con el foramen apical y con el ápice anatómico, puntos claramente discernibles y con distancias susceptibles de ser medidas.

El objeto de escoger el ápice anatómico y el foramen apical, fue para poder comparar las mediciones con las obtenidas radiológicamente y poder establecer si la conductometría fue correcta o incorrecta, respectivamente.

6.2. SOBRE LOS RESULTADOS.

Una parte importante de este estudio fueron sus implicaciones en la Endodoncia clínica. Uno se debió preguntar si las diferencias observadas fueron lo suficientemente grandes para ser clínicamente significativas.

6.2.1. Sobre el tratamiento estadístico de los resultados.

En primer lugar se aplicó el contraste no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov para contrastar la normalidad de los datos, es decir, para determinar que la distribución de las variables implicadas fue normal. El resultado fue positivo.

El hecho anterior junto a un tamaño muestral suficiente, permitió la aplicación del análisis de la varianza (ANOVA) de mediciones repetidas, con objeto de determinar la influencia del soporte (1, 2 ó 3) y del método (RX ó RV) y de la interacción soporte-método en las longitudes estudiadas.

Para complementar el ANOVA en caso de interacción significativa se pudo aplicar el test “t” para muestras relacionadas, y determinó si las medias de las longitudes con dos métodos diferentes fueron las mismas

Para analizar los promedios de una variable en distintas muestras independientes se empleó el test no paramétrico de Kruskal-Wallis, siempre que la variable no siguiera una distribución normal o cuando el tamaño muestral fue limitado.

6.2.2. Sobre los resultados (Tabla 6.6).

A lo largo de esta investigación, aceptamos como correctas todas aquéllas conductometrías que quedaron a $\pm 0,5$ mm del foramen apical. La magnitud de esta variabilidad entra dentro de los límites aceptables, ya que en una fase posterior de preparación del conducto también se introducen cambios morfológicos.

6.2.2.1. Conductometría electrónica.

A la hora de comparar resultados con otros autores nos limitamos a hacer referencia sólo a aquéllos que emplearon localizadores electrónicos de ápice de doble frecuencia, pues los otros aparatos anteriores obtuvieron

malos resultados ante condiciones de humedad dentro del conducto (Nahmias, Aurelio y Gerstein, 1987; Fouad y Krell, 1989; McDonald y Hovland, 1990;).

Para determinar el nivel de la constricción apical ningún localizador electrónico ha superado aún a la técnica radiográfica (Canalda et al, 1996), aunque con el Apit se obtuvo una precisión semejante (Kobayashi, 1995) aún en presencia de electrólitos y residuos diversos en el interior del conducto.

Según Ruiz de Temiño y Barasona (1996) la fiabilidad de los localizadores electrónicos de ápice de doble frecuencia para determinar la constricción apical es superior al método radiográfico y si las longitudes de trabajo fueran determinadas electrónicamente antes de realizar las radiografías, se reduciría el número de éstas.

En este estudio obtuvimos un 72'8% de exactitud del Apit a la hora de localizar el foramen apical (con un margen de error de $\pm 0'5$ mms.), resultados equiparables a los obtenidos por Fouad, Rivera y Krell (1993) y Arora y Gulabivala (1995), situados en 75'5% y 71'7%, respectivamente.

Frank y Torabinejad (1993), Shabahang, Goon y Gluxkin (1997) y Ounsi y Haddad (1998) concluyeron con un éxito superior, 89'64%, 96'2% y 84'56%, respectivamente.

Siendo un tema tan dispar y controvertido, tampoco habría que “lanzar las campanas al vuelo” y concluir con resultados perfectos, como así lo demuestra el 100% de éxito obtenido por O'Neill (1974) y Plant (1976).

Las diferencias en los hallazgos de este estudio y otros anteriores, pudieron explicarse por las diferencias en la evaluación de los modelos, tipos de localizadores de ápice y niveles de experiencia de los operadores.

Las ventajas de disponer de un localizador electrónico de ápice fiable emergen de forma clara a nivel clínico, es decir, en pacientes con un reflejo nauseoso elevado, en los tres primeros meses de embarazo, en casos de perforaciones radiculares y para localizar en un diente el foramen apical que no es visible radiográficamente debido a la superposición de dientes incluidos.

Según Castellucci, Falchetta y Becciani (1992), también en casos de apexificación los medidores electrónicos sirven para ir comprobando progresivamente si se produce el cierre apical, aunque Hülsmann y Pieper (1989) opinen lo contrario.

Aunque concluimos con unos resultados esperanzadores acerca del Apit y lo situamos estratégicamente dentro del armamentario endodóncico, también podemos afirmar que no es ninguna panacea radical, puesto no puede detectar la presencia, grado o dirección de curvaturas, y tampoco la presencia de conductos adicionales. En la mayoría de los casos esta información sólo puede ser obtenida a partir de las radiografías convencionales o de los sistemas de captación digital de la imagen.

AUTORES	MÉTODO	EXACTITUD (%)
O'Neill, 1974	Sono-Explorer	100
Plant, 1976	Sono-Explorer	100
Busch, 1976	Sono-Explorer	93'3
Inoue y Skinner, 1985	Sono-Explorer Mark III	57'7
Fouad et al, 1990	Endocater	75
	Exact-a-pex	55
	Rx	53
McDonald y Hovland, 1990	Endocater	93'4
Stein, Corcoran y Zillich, 1990	Neosono-D	95
Castellucci, Falchetta y Becciani, 1992	Apit	89
Frank y Torabinejad, 1993	Endex	89'64
Hembrough et al, 1993	Sono-Explorer Mark III	73'1
	Rx	88'5
Fouad, Rivera y Krell, 1993	Endex	75'5
Pallarés y Faus, 1994	Odontometer	79'3
	Endocater	88'7
Arora y Gulabivala, 1995	Endex	71'7
	RCM Mark II	43'5
Shabahang, Goon y Gluxkin, 1997	Root ZX	96'2
Ounsi y Haddad, 1998	Endex	84'56
	Rx	97'06

Tabla 6.6. Porcentaje de éxito según autores y método empleado.

6.2.2.2. Comprobación RX.

Si hubiéramos obviado las comprobaciones anatómicas directas y sólo hubiéramos visto las RX, tendríamos que haber concluido con un 50'6% de éxito, cuando en realidad fue un 72'8%; del mismo modo obtuvimos un 37'3% de medidas cortas incorrectas, siendo realmente un 17'3%; también obtuvimos un 12% de medidas largas incorrectas, siendo en realidad un 9'9%.

En base a lo anterior podemos decir que el método electrónico comprobado anatómicamente, es decir, en la realidad, fue más exacto que cuando se comprobó mediante radiografías convencionales.

Hembrough et al (1993) encontraron una mayor precisión en las mediciones determinadas radiográficamente (88'5%), en comparación con las mediciones electrónicas (73'1%). Consideraron que las radiografías siguen siendo imprescindibles para calcular las longitudes de trabajo en Endodoncia.

Los localizadores electrónicos de ápice tienen el potencial de reducir el número de radiografías necesarias para la determinación de la longitud de trabajo en Endodoncia; esto implica una disminución en la cantidad de radiación recibida por los pacientes y en la cantidad de tiempo clínico requerido para este procedimiento.

6.2.2.3. Comprobación RV.

El sistema de captación digital de la imagen se acercó más a la realidad electrónica que la RX, puesto que si el éxito real fue del 72'8%, según la RV fue del 61'4%.

Según Hedrick et al (1994) las estimaciones del ajuste de la longitud mediante radiografías convencionales resultaron significativamente más precisas que las imágenes computadorizadas en pantalla de alta resolución Regam, pero discutieron la importancia clínica de esas diferencias.

Almenar et al (1996) compararon longitudes de trabajo obtenidas por métodos directos (mediciones con regla y calibrador sobre una lima) e indirectos (RX y RV a 0°, 15° y 30°). No obtuvieron diferencias significativas entre las mediciones de los métodos directos e indirectos en

las proyecciones de 0° y 15°, sin embargo, en las de 30° los métodos indirectos llegaron a dar medidas 1'5 mms. más cortas que los directos.

En base a todo lo anterior, no creímos que la exactitud del Apit pudiera ser comprobada exactamente mediante una RX ó RV, pero en cualquier caso, la RV se acercaría más a la realidad que la RX, es decir, a la hora de comprobar la ubicación electrónica del ápice preferimos hacerlo con RV que con RX.

En el presente estudio se pretendió simplificar al máximo las condiciones biológicas bucales para obtener unos resultados más fiables y susceptibles de ser reproducidos, sin embargo, sería necesario realizar comparaciones con estudios realizados *in vivo*, para comprobar si serían superponibles las conclusiones obtenidas y se apreciarían unos resultados igualmente claros.

CONCLUSIONES

- En las medidas preoperatorias y bajo cualquier soporte, las técnicas RX y RV difirieron significativamente en sus resultados:
 - en el soporte 1 RV fue mejor que RX (más próxima a AD);
 - en el soporte 2 RV fue mejor que RX;
 - en el soporte 3 RV resultó más exacta que RX. Sólo en este soporte RV pudo considerarse igual a AD.

- En las medidas de conductometría:
 - en los soportes 1 y 2, la medida RV fue la que más se aproximó a AD;
 - en el soporte 3 la medida RV pudo aceptarse idéntica a AD.

- En lo que respecta a las medidas L-ARX, L-ARV y L-AA, sólo en el soporte 1 coincidieron RX y RV. En el soporte 2 RV es mejor. En el soporte 3 RX proporcionó resultados más óptimos.
 - soporte 1: RV fue la que más se aproximó a AD, además, no aparecieron diferencias significativas;
 - soporte 2: RV estuvo más cercana a AD;
 - soporte 3: RX fue significativamente coincidente con AA.

- Ninguna técnica o soporte proporcionó sistemáticamente los mejores resultados. Cada combinación específica de ambos factores produjo unos resultados diferentes.

- La angulación (0° ó 15°) del haz de rayos con respecto a los especímenes, no influyó significativamente en las medidas obtenidas, ya fueran preoperatorias o de conductometría.

- A partir de L-FA pudo concluirse que realmente el método de medición electrónica resultó satisfactorio en un 72'8% de los conductos tratados.

Según la técnica RX el porcentaje anterior se redujo a un 50'6%, y según RV al 61'4%, por lo cual podemos concluir que la RV reproduce más fielmente el hallazgo electrónico que la RX.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMENAR A et al (1997). Evaluation of a digital radiography to estimate working length. *J Endod* 23: 363-5.
- ALTMAN M, GULTUSO J and SEIDBERG BH (1970). apical root canal anatomy of human maxillary central incisors. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 30: 694-9.
- ARORA RK and GULABIVALA K (1995). A *in vivo* evaluation of the Endex and RCM Mark II electronic apex locators in root canals with different contents. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 79: 497-503.
- AURELIO JA, NAHMIAS Y and GERSTEIN H (1983). A model for demonstrating an electrical canal length measuring device. *J Endod* 9: 568-9.
- AZABAL M y KESSLER F (1993). ¿Hasta dónde debe llegar el límite de nuestra preparación? *Endodoncia* 11: 17-21.
- BARKHORDAR RA et al (1987). An evaluation of xeroradiographs and radiographs in length determination in endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 64: 747-50.
- BEACH C, BRAMWELL DJ and MUTTER J (1996). Use of an electronic apex locator on a cardiac pacemaker patient. *J Endod* 22: 182-4.
- BRAMANTE CM and BERBERT A (1974). A critical evaluation of some methods of determining tooth lengths. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 37: 463-73.
- BRAU E (1991). Reflexiones clínicas de la terapéutica endodóntica a partir de un estudio sobre la morfología apical. *Endodoncia* 9: 5-15.
- BURCH JG and HULEN S (1972). The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 34: 262-8.
- BUSCH LR et al (1976). Determination of the accuracy of the Sono-Explorer for establishing endodontic measurement control. *J Endod* 2: 295-7.

CALDWELL J (1976). Change in working length following instrumentation of molar canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 41: 114-8.

CANALDA C et al (1996). Actualización en Endodoncia 1995. *Archivos de Odontoestomatología* 12: 307-21.

CARAMATTI R et al (1986). Localizzazione del forame apicale mediante strumenti elettronici: il Neo-Sono D. *Dental Cadmos* 2: 83-90.

CASTELLUCCI A and BECCIANI R (1988). Motivazione biologiche dell'otturazione canalare. *G It Endo* 2: 16-26.

CASTELLUCCI A, FALCHETTA M and BECCIANI R (1992). Affidabilità *in vitro* di un nuovo localizzatore elettronico del forame apicale. *G It Endo* 6: 109-19.

CHUNN CB, ZARDIACKAS LD and MENKE RA (1981). *In vivo* root canal length determination using the Forameter. *J Endod* 7: 515-20.

CUSTER LW (1916). Exact methods of locating the apical foramen. *J Natl Dent Assoc* 5: 815-9.

DAHLIN J (1979). Electrometric measuring of the apical foramen. *Quintess Int* 10: 13-21.

DIEHL R, GRATT BM and GOULD RG (1986). Radiographic quality control measurements comparing D-speed film, E-speed film, and Xeroradiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 61: 635-40.

DUMMER PMH, MC GINN JH and REES DE (1984). The position and topography of the apical constriction and apical foramen. *Int Endod J* 17: 192-8.

EISENBERG RL (1987). Diagnóstico por la imagen en medicina interna. Barcelona. Ed. Doyma. 1013.

ELLINGSEN MA, HARRINGTON GW and HOLLENDER LG (1995). Radiovisiography versus conventional radiography for

detection of small instruments in endodontic length determination. Part 1. *In vitro* evaluation. J Endod 21: 326-31.

FARBER JP and BERNSTEIN M (1983). The effect of instrumentation on root canal length as measured by an electronic device. J Endod 9: 114-5.

FORNER L, LLENA MC y FAUS V (1993). La radiovisiografía en Endodoncia. Endodoncia 11: 143-9.

FORSBERG J (1987). Radiographic reproduction of endodontic "working length" comparing the paralleling and the bisecting-angle techniques. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 64:353-7.

FOUAD AF and KRELL KV (1989). An *in vitro* comparison of five root canal length measuring instruments. J Endod 15: 573-7.

FOUAD AF et al (1990). A clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. J Endod 16: 446-9.

FOUAD AF, RIVERA EM and KRELL KV (1993). Accuracy of the Endex with variations in canal irrigants and foramen size. J Endod 19: 63-7.

FRANK AL and TORABINEJAD M (1993). A *in vivo* evaluation of Endex electronic apex locator. J Endod 19: 177-9.

GLENNER RA (1975). Eighty years of dental radiography. J Am Dent Assoc 90: 549-53.

GOLDMAN M, PEARSON A and DARZENTA N (1972). Endodontic success-who's reading the radiograph. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 23: 432-5.

GRADY JR and CLAUSEN H (1975). Establishing your point. Clin Am Assoc Endodont 25:.

GREEN D (1960). Stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 13: 728-33.

GROVE CJ (1930). Why root canal should be filled to teeth dentinocemental junction. *J Am Dent Assoc* 17: 293-8.

HASEGAWA K et al (1985). A new method and apparatus for measuring the root canal length. *J Dent Research* 64: 563-8.

HEDRICK RT et al (1994). Radiographic determination of canal length : direct digital radiography versus conventional radiography. *J Endod* 20: 320-6.

HEMBROUGH JH et al (1993). Accuracy of an electronic apex locator : a clinical evaluation in maxillary molars. *J Endod* 19: 242-6.

HILLENBRAND S (1990). Radiología: sobrecarga de las radiaciones en la consulta dental. *Quint (Ed Esp)* 3: 452-60.

HIMEL VT y CAIN C (1995). Evaluación de dos localizadores de ápice electrónicos en una clínica de estudiantes de Odontología. *Endodoncia* 8: 527-30.

HORNER K et al (1990). Radiovisiography: An initial evaluation. *Br Dent J* 168: 244-8.

HUANG L (1987). An experimental study of the principle of electronic root canal measurement. *J Endod* 13: 60-4.

HUANG L et al (1959). Electronic measurement of the length of the root canal. *Bull 4th Milit Med Coll* 8: 29-31.

HÜLSMANN M and PIEPER K (1989). Use of an electronic apex locator in the treatment of teeth with incomplete root formation. *Endod Dent Traumatol* 5: 238-41.

HÜLSMANN M (1991). Determinación endométrica de la longitud de conductos radiculares en endodoncia. Indicaciones, usos y limitaciones. *Quintessence (Ed Esp)* 2: 108-15.

INGLE JI and TAINTOR JF (1987). *Endodoncia*. 3ª Ed. México. Interamericana. 913.

INOUE N (1972). Dental “stethoscope” measures root canal. Dental Survey 48: 38-9.

INOUE N (1973). An audiometric method for determining de length of root canals. J Can Dent Assoc 39: 630-5.

INOUE N and SKINNER DH (1985). A simple and accurate way of measuring root canal length. J Endod 10: 421-7.

JENKINS MO and FARMAN AG (1989). La “radiología del futuro” frente a los métodos tradicionales. Quint Int 2: 74-6.

KATZ A, TAMSE A and KAUFMAN AY (1991). Tooth length determination: a review. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 72: 238-42.

KELLER ME, BROWN CE and NEWTON CW (1991). A clinical evaluation of the Endocater -an electronic apex locator-. J Endod 17: 272-4.

KOBAYASHI C (1995). Electronic canal length measurement. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 79: 226-31.

KOBAYASHI C and SUDA H (1994). New electronic canal measuring device based on the ratio method. J Endod 3: 111-4.

KUTTLER Y (1955). Microscopic investigation of root apexes. J Am Dent Assoc 50: 544-52.

LAUPER R, LUTZ F and BARBAKOW F (1996). A *in vivo* comparison of gradient and absolute impedance electronic apex locator. J Endod 22: 260-3.

LEEB J (1983). Canal orifice enlargement as related to biomechanical preparation. J Endod 9: 463-70.

Manual de instrucciones del sistema RVG-4. Trophy Radiologie, Vincennes, Francia.

Manual de instrucciones del APIT EM-S3. Osada Electric Co., LTD., Tokyo, Japón.

MARTÍNEZ MA (1996). Análisis de factores radiológicos en el diagnóstico endodóncico en premolares. Trabajo de investigación programa de doctorado. 51.

MAYEDA DL et al (1993). *In vivo* measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. J Endod 19: 545-8.

McDONALD NJ and HOVLAND EJ (1990). An evaluation of apex locator Endocater. J Endod 16: 5-8.

MOUYEN F et al (1989). Presentation and physical evaluation of Radiovisiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 68: 238-42.

NAHMIAS Y, AURELIO JA and GERSTEIN H (1987). A *in vitro* model for evaluation of electronic root canal length measuring devices. J Endod 13: 209-14.

NEGM MM (1983). Clinical evaluation of a new method for determining tooth length without radiographs. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 56: 415-20.

O'NEILL LJ (1974). A clinical evaluation of electronic root canal measurement. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 38: 469-73.

OUNSI HF and HADDAD G (1998). *In vitro* evaluation of the reliability of the Endex electronic apex locator. J Endod 24: 120-1.

PADRÓS E et al (1993). Comprobación *in vivo* de la fiabilidad del localizador de ápice de doble frecuencia. Revista Actualidad Odontoestomatológica Española 428: 47-53.

PAGES JC (1985). La medida electrónica de los canales radiculares con ayuda del dentómetro de Dahlin. Estoma 5: 309- 20.

PALLARÉS A and FAUS V (1994). An *in vivo* comparative study of two apex locators. J Endod 12: 576-9.

PALMER MJ, WEINE FS and HEALY HJ (1971). Position of the apical foramen in relation to endodontic therapy. J Can Dent Assoc 37: 305-8.

PASLER FA (1986). Radiología endodóncica. Barcelona. Ed Salvat. 361.

PÉIX M (1993). Diagnóstico en Radiología. Endodoncia 11: 11-3.

PLANT JJ and NEWMAN RF (1976). Clinical evaluation of the Sono-Explorer. J Endod 2: 215-6.

PRATTEN DH and MC DONALD NJ (1996). Comparison of radiographic and electronic working lengths. J Endod 22: 173-6.

RICARD O et al (1991). Clinical evaluation of the accuracy of the Evident RCM Mark II apex locator. J Endod 17: 567-9

RICHARDS AG (1980). The bucal object rule. Dent Radiog Photog 53: 37-41.

RIVERA EM and SERAJI MK (1994). Placement accuracy of electrically conductive gutta-percha. J Endod 20: 342-4.

RUIZ DE TEMIÑO P y BARASONA P (1996). Localizadores electrónicos de ápice de doble frecuencia: aplicaciones clínicas. Endodoncia 14: 107-19.

SAITO T, YAMASHITA Y and YAMAOKA M (1989). Apit, electrical root canal measuring instrument which can measure under moisturized conditions. OSADA product information nº 15.

SAITO T and YAMASHITA Y (1990). Electronic determination of root canal length by a newly developed measuring device. Dent Japan 27: 65-72.

SCHILDER H (1974). Limpieza y tallado del conducto radicular. Dent Clin North Am 18: 267-94.

SEIDBERG et al (1975) Clinical investigation of measuring working lengths of roots canals with and electronic device and with digital-tactile sense. J Am Dent Assoc 90: 379-87.

SHABAHANG S, GOON WWY y GLUXKIN AH (1997). Una evaluación *in vivo* del localizador de ápices Root ZX. J Endod 15: 35-40.

SHEARER AC, HORNER K and WILSON NHF (1990). Radiovisiography for imaging root canals. An *in vitro* comparison with conventional radiography. Quint Int 21: 789-94.

SION A, KAUFMAN AY and KAFFE I (1984). The identification of double canals and double rooted anterior teeth by Walton`s projection. Quintess Int 15: 747.

SOH G, LOH FC and CHONG YH (1993). Radiation dosage of a dental imaging system. Quint Int 24: 189-91.

STABHOLZ A, ROTSTEIN Y and TORABINEJAD M (1995). Effect of preflaring on tactile detection of the apical constriction. J Endod 21: 92-5.

STEIN TJ, CORCORAN JF and ZILLICH RM (1990). The influence of the major and minor foramen diameters on apical electronic probe measurements. J Endod 16: 520-2.

STOCK CJR et al (1996). Atlas en color y texto de Endodoncia. 2ª Ed. Madrid. Mosby/Doyma Libros. 291.

SUCHDE RV and TALIM ST (1977). Electronic ohmmeter. An electronic device for the determination of the root canal length. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 43: 141-50.

SUNADA I (1958). New method for measuring the length of the root canal. J Jpn Stomatol 25: 161-71.

SUZUKI K (1942). Experimental study on intophoresis. J Jpn Stomatol 16: 411-7.

TROPE M, RABIE G and TRONSTAD L (1985). Accuracy of an electronic apex locator under controlled clinical conditions. Endod Dent Traumatol 1: 142-5.

USHIYAMA J (1983). New principle and method for measuring the root canal length. J Endod 9: 97-104.

VANDE VOORDE H and BJORND AHL A (1969). Estimating endodontic “working length” with paralleling radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 27: 106-11.

WALTON RE (1990). Radiología endodóncica. En: *Endodoncia. Principios y práctica clínica*. México. Ed Interamericana. 135-56.

WEINE FS, KEILY RF and LIO PJ (1975). The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod* 1: 8-12.

WEINE FS (1991). Métodos de tratamiento intraconducto, aspectos básicos y avanzados. En: *Terapéutica en Endodoncia*. España. Ed Salvat. 289-387.782.