

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
POSTGRADO DE ENDODONCIA

**IMAGENOLOGÍA EN EL DIAGNÓSTICO DE LAS
LESIONES DE ORIGEN PULPAR**

Trabajo especial de grado presentado
ante la ilustre Universidad Central de
Venezuela por la Odontólogo Liliana
Guerra Gil, para optar al Título
de especialista en Endodoncia.

Caracas, Mayo 2003

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
POSTGRADO DE ENDODONCIA

**IMAGENOLOGÍA EN EL DIAGNÓSTICO DE LAS
LESIONES DE ORIGEN PULPAR**

Autor: Od. Liliana Guerra Gil
Tutor: Od. María Emilia Schemel

Caracas, Mayo 2003

Aprobado en nombre de la
Universidad Central de Venezuela
por el siguiente jurado examinador:

(Coordinador) Nombre

C.I.

Firma

Nombre y apellido

C.I.

Firma

Nombre y apellido

C.I.

Firma

Observaciones:-----

Caracas, Mayo 2003

DEDICATORIA

A Dios, quien siempre me acompaña.

*A mi madre, quien siempre me ha
apoyado en todos los momentos
importantes de mi vida.*

*A mi esposo, por toda su ayuda
y fortaleza incondicional.*

*A mis hijos, Gerardo y GERALY, por
colaborar siempre y tener paciencia.*

AGRADECIMIENTOS

Han sido muchas las personas, que de una u otra manera han participado en la elaboración de este trabajo, sin embargo, muy especialmente deseo agradecer por siempre:

A mi tutora, la Prof. María Emilia Schemel, Od. Especialista en Periodoncia, por su orientación y tiempo dedicado al presente trabajo en pro del logro de esta nueva meta. Gracias por toda su paciencia y enseñanzas, las cuales solo pueden ser impartidas por quien tiene verdadera vocación docente.

A mi coordinadora, la Prof. Mariela Fajardo, MSc. en Biología Oral y Especialista en Endodoncia, a quien admiro profundamente por sus grandes conocimientos en Endodoncia, por ayudarme con sus sabios consejos en la elaboración de mi trabajo.

A la Prof. Olga González Blanco, MSc. en Odontología Restauradora y Oclusión, por sus oportunas enseñanzas en el enriquecimiento de mi trabajo monográfico.

A todos mis compañeros del Postgrado de Endodoncia, por el esfuerzo en conjunto y por siempre poder contar con ustedes cuando más lo necesité.

A la Aviación Militar Venezolana, por darme su voto de confianza y apoyarme en mi crecimiento como profesional.

A la Universidad Central de Venezuela, Institución a quien le debo mi formación profesional.

LISTA DE CONTENIDOS

	Página
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Lista de gráficos.....	ix
Resumen.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	3
1. El diagnóstico por imágenes.....	3
1.1 Generalidades.....	3
1.2 Utilidad de la imagenología diagnóstica.....	7
2. Diferentes métodos para la obtención de imágenes...	12
2.1 Radiología convencional.....	12
2.1.1. Principios básicos de la técnica.....	14
2.1.2. Indicaciones en endodoncia.....	25
2.1.3. Ventajas y desventajas.....	37
2.2 Imágenes radiográficas digitales.....	42
2.2.1. Principios básicos de la técnica.....	46
2.2.2. Indicaciones en endodoncia.....	53
2.2.3. Ventajas y desventajas.....	56
2.3 Tomografía (convencional y computarizada).....	60
2.3.1. Principios básicos de la técnica.....	64

2.3.2. Indicaciones en endodoncia.....	68
2.3.3. Ventajas y desventajas.....	69
2.4 Resonancia magnética.....	71
2.4.1. Principios básicos de la técnica.....	73
2.4.2. Indicaciones en endodoncia.....	76
2.4.3. Ventajas y desventajas.....	77
3. Imagenología en el diagnóstico endodóntico.....	78
III. DISCUSIÓN.....	85
IV. CONCLUSIONES.....	90
V. REFERENCIAS.....	92

LISTA DE GRÁFICOS

Página

Gráfico 1. A, la película (línea BA) se coloca a lo largo de la superficie lingual del diente. El punto donde la película tiene contacto con el diente, el plano de la película y el eje longitudinal del diente (DA) forman un ángulo (BAD). La bisectriz imaginaria divide este ángulo en dos ángulos iguales (BAC y DAC). El rayo central (BD) se dirige perpendicular a la bisectriz imaginaria y completa el tercer lado (BC y CD) de los dos triángulos. B, la técnica de la bisectriz muestra que el rayo se dirige en ángulo recto a la bisectriz imaginaria. C, los dos triángulos imaginarios resultantes son triángulos escalenos y son congruentes. La hipotenusa de cada ángulo está representada por el eje longitudinal del diente y el plano de la película..... 15

Gráfico 2. La imagen en la película es igual la longitud del diente, cuando el rayo central se dirige a 90° con la bisectriz imaginaria. El diente y su imagen radiográfica tienen longitud igual con dos triángulos iguales formados que comparten un lado común (bisectriz imaginaria)..... 15

Gráfico 3. Imágenes radiográficas donde se ilustra uno de los errores más frecuentes de las películas periapicales tomadas con la técnica de la bisectriz, como es la incorrecta angulación vertical. Izquierda: imagen radiográfica acortada. Centro: imagen radiográfica con la angulación correcta. Derecha: imagen radiográfica elongada..... 16

Gráfico 4. Imagen de cono paralelo de 20 cm y de 40 cm..... 17

Gráfico 5. Posiciones de película, dientes y rayo central del haz de rayos X en la técnica de paralelismo; la película y el eje longitudinal del diente están paralelos; el

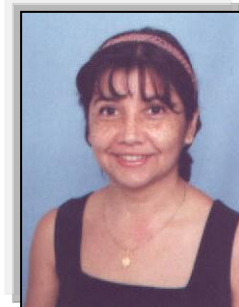
rayo central está perpendicular al diente y la película. Se requiere aumentar la distancia blanco-película (40 cm).....	18
Gráfico 6. Sostenedor de película radiográfica.....	20
Gráfico 7. Porta placas Rinn Endo Ray® (Rinn Corporation, Chicago, USA) de uso en Endodoncia.....	20
Gráfico 8. Posiciones de la película, lengüeta y rayo central en la técnica de aleta mordible.....	21
Gráfico 9. Radiografía panorámica.....	23
Gráfico 10. Equipo utilizado para la toma de radiografía panorámica. Marca Belmont Equipment Corp. Modelo X Caliber CM-C.....	24
Gráfico 11. Radiografía periapical que muestra una lesión a nivel del ápice radiográfico.....	26
Gráfico 12. Radiografía periapical donde gracias a la técnica de trazado con gutapercha podemos ubicar el diente responsable de la lesión.....	27
Gráfico 13. En la proyección directa (A) el rayo central, que pasa directo por una raíz con dos conductos, los sobrepondrá en la radiografía. Si desplazamos el cono horizontalmente hacia mesial o distal lograremos ver los conductos por separado y los podremos identificar teniendo en cuenta que el objeto lingual se moverá en la misma dirección que el cono y el objeto vestibular lo hará en dirección contraria.....	31

Gráfico 14. La identificación de la curvatura vestibular o lingual no es posible con una vista estandarizada, mientras que si cambiamos la angulación horizontal podemos ayudarnos a determinar este hecho común.....	34
Gráfico 15. Radiografía con película de aleta mordible.....	36
Gráfico 16. Radiografía oclusal.....	37
Gráfico 17. Sistema para imagenología intrabucal digital con rayos X.....	45
Gráfico 18. Sensor del aparato de imagenología intrabucal digital.....	47
Gráfico 19. Sistema radiovisiógrafo en dibujo esquemático: (g) generador convencional de rayos X, (T) microprocesador de tiempo de alta precisión para exposiciones muy cortas, (s) sensor anatómicamente adaptado con ángulos y bordes redondeados.....	49
Gráfico 20. Radiografías de sustracción digital.....	52
Gráfico 21. Diferentes planos ordinarios de imagen utilizados en la tomografía.....	61
Gráfico 22. Tipos de movimiento en la tomografía pluridireccional.....	62
Gráfico 23. Movimiento tomográfico lineal, que muestra el movimiento del tubo y la película, el plano de interés a nivel del punto de apoyo en el eje (F).....	65

Grafico 24. Componentes de un equipo completo de tomografía computarizada.....	67
Gráfico 25. Imagen de un resonador magnético.....	72
Gráfico 26. Imagen de resonancia magnética.....	74

RESUMEN

En el diagnóstico de las lesiones de origen pulpar, el clínico se enfrenta a diversas variables que exigen el conocimiento anatómico y fisiológico del complejo dentino-pulpar y del periodonto para poder lograr el éxito clínico, por lo que la imagenología se ha transformado en un requisito imprescindible para lograr este objetivo. Desde el descubrimiento de los rayos X en 1895, se ha avanzado a pasos agigantados en esta área, sin embargo, la mayoría de los estudios realizados en relación a este punto revelan que las radiografías convencionales con técnicas de paralelismo son las más aceptadas para el estudio en endodoncia. Durante la revisión de este trabajo el lector podrá informarse acerca del papel de la imagenología en el diagnóstico de las lesiones de origen pulpar, su utilidad, los diferentes procedimientos por imágenes en relación al diagnóstico e interpretación endodóntica y algunas consideraciones que el lector podrá seguir y que le ayudarán en el momento de la toma de decisión entre la aplicación de una u otra modalidad imagenológica.



IMAGENOLOGÍA EN EL DIAGNÓSTICO DE LESIONES DE ORIGEN PULPAR.

RESUMEN

En el diagnóstico de las lesiones de origen pulpar, el clínico se enfrenta a diversas variables que exigen el conocimiento anatómico y fisiológico del complejo dentino-pulpar y del periodonto para poder lograr el éxito clínico, por lo que la imagenología se ha transformado en un requisito imprescindible para lograr este objetivo. Desde el descubrimiento de los rayos X en 1895, se ha avanzado a pasos agigantados en esta área, sin embargo, la mayoría de los estudios realizados en relación a este punto revelan que las radiografías convencionales con técnicas de paralelismo son las más aceptadas para el estudio en endodoncia. Durante la revisión de este trabajo el lector podrá informarse acerca del papel de la imagenología en el diagnóstico de las lesiones de origen pulpar, su utilidad, los diferentes procedimientos por imágenes en relación al diagnóstico e interpretación endodóntica y algunas consideraciones que el lector podrá seguir y que le ayudarán en el momento de la toma de decisión entre la aplicación de una u otra modalidad imagenológica.

Autor:

Od. Liliana Carolina Guerra Gil

Universidad de Procedencia:

Universidad Central de Venezuela

Tutor:

Prof. María Emilia Schemel Ghruzer

I. INTRODUCCIÓN

Desde el descubrimiento de los rayos X en 1895, la imagenología se ha transformado en un requisito fundamental, tanto para el diagnóstico, como para el tratamiento de lesiones a nivel de las estructuras óseas.

Los tejidos dentarios no son la excepción, razón por la cual los dientes con lesiones de origen pulpar representan un reto para el profesional en el momento de actuar. El éxito en el diagnóstico es uno de esos grandes retos al que nos enfrentamos día a día en nuestra profesión; para alcanzarlo no debemos olvidar la importancia que tiene conocer las estructuras anatómicas e imagen radiográfica normal.

Con el desarrollo de la tecnología, las técnicas radiográficas modernas representan múltiples oportunidades para el logro de nuestros objetivos, ya que estos métodos versátiles proveen soluciones para estandarizar las imágenes, mejorar y realzar las ya presentes, analizar y ampliar los tejidos a estudiar a través de pequeños cortes magnificados o simplemente prescindir del uso de radiación ionizante para utilizar modalidades no invasivas.

Particularmente en el área de endodoncia, las radiografías cobran un valor esencial en el momento de realizar cualquier diagnóstico y/o decisión terapéutica, ya que la mayor parte de las estructuras de nuestro interés no se observan clínicamente y requieren de estudios radiográficos.

No debemos olvidar que la radiología, solo es un medio auxiliar y debemos estar concientes de las limitaciones propias que presentan las diferentes técnicas radiográficas, así como también la experiencia en la interpretación del operador.

El objetivo de este trabajo especial de grado es analizar las diferentes técnicas de imagenología que existen para el diagnóstico de las lesiones de origen pulpar.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

1. EL DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES

1.1. Generalidades

La historia de la radiología dental empieza con el descubrimiento de los rayos X. Fue Wilhelm Conrad Roentgen, un médico bávaro, quien realizando experimentos con electricidad descubrió de manera accidental el 8 de noviembre de 1895 los rayos X.^{3,34}

Él utilizó un tubo al vacío, una corriente eléctrica y pantallas especiales cubiertas con un material fluorescente (platino-cianuro de bario), cuando se exponía a la radiación. En su experimento observó que los rayos se veían como un chorro de luz de color que pasaba de un extremo del tubo al otro, no viajaban fuera del éste y a su vez hacía brillar las pantallas fluorescentes, las cuales se encontraban en el sitio de manera accidental, comprendiendo inmediatamente la importancia de su observación y denominando a partir de entonces a este fenómeno rayos X, el cual era desconocido hasta el momento.^{3,34}

Los *rayos X* son una forma de radiación electromagnética (fotón de alta energía), con una longitud de onda muy corta

(de 0,05 a 1 A°), que se generan en el punto de impacto de una corriente a alta velocidad, sobre el blanco de un tubo de rayos X.³

Poco después del descubrimiento de los rayos X, un odontólogo alemán, Otto Walkhoff, tomó la primera radiografía dental y a partir de él, muchos otros investigadores se dedicaron a realizar estudios radiográficos, contribuyendo con el avance en radiología dental.³⁴

Los paquetes radiográficos dentales originales eran placas fotográficas de vidrio o películas cortadas en piezas pequeñas y envueltas a mano en papel negro y hule. Es así como nace la radiografía dental. Una radiografía es la imagen fotográfica producida en la película por el paso de los rayos X a través de un objeto o cuerpo.³⁴

El estudio radiográfico tiene como objetivo, proporcionar la información necesaria para evaluar, las estructuras dentarias y peridentarias de un paciente y formular junto al estudio clínico un plan de tratamiento adecuado. Además, puede aportar información sobre diferentes patologías que solo son visibles radiográficamente sin evidencia clínica.³

En el diagnóstico por imágenes, el objetivo es hacer que la información importante se destaque del resto y que sea más evidente. Por lo tanto se trata de buscar imágenes de alta calidad de las estructuras a evaluar, con una mínima exposición a la radiación y que a la vez sean percibidas por el ojo humano.^{5,69}

Es necesario recordar que la radiografía proporciona una información limitada porque representa una imagen bidimensional de un objeto tridimensional y por consiguiente cabe esperar que exista superposición y pérdida de detalle.⁵⁹

Existen cuatro factores que pueden influir en la imagen radiológica: (1) el kilovoltaje (kV), que nos ofrece la calidad de la radiografía o el poder de penetración de los rayos, (2) el miliamperaje (mA) o la cantidad de rayos X emitidos, (3) el tiempo de exposición y por último (4) la distancia focal.^{9,35}

Los equipos de radiología dental deben operar entre 70 kV y 90 kV. Cuanto menor sea el kilovoltaje, mayor será la dosis sobre la piel del paciente. Las unidades deben tener una filtración equivalente a 2,5 mm de aluminio para eliminar las radiaciones de baja energía antes de ser absorbidos por el paciente. La

colimación también reduce el nivel de exposición, esto significa, disminuir el haz de rayos X por medio de un diafragma de plomo, para que el haz no sea de más de siete cm sobre la piel del paciente.⁹

Dos reglas fundamentales para la obtención de una óptima radiografía en el examen radiográfico son: (1) que el rayo central pase por la región que debe ser examinada y (2) que la placa esté colocada en posición tal que registre los hallazgos con la menor distorsión posible. La obtención de radiografías satisfactorias de los dientes y de los maxilares es uno de los problemas técnicos más difíciles y comprometedores en radiología.³¹

Para conseguir la menor distorsión posible, se utilizan conos largos de 30-40 cm de longitud de manera que la distancia focal sea mayor entre fuente y película. Los tipos de cono de 20 cm (cortos) producen mayor divergencia de rayos X y más exposición del paciente. Los conos en punta ya no deben utilizarse por la cantidad de radiación dispersa que generan. También debemos recordar que la distancia foco-objeto debe ser la mayor posible y la distancia objeto-película la menor.⁹

Todo examen radiográfico debe proporcionar una radiografía de calidad diagnóstica óptima y que a su vez cumpla con requerimientos tales como el de revelar el área de interés completa en la imagen, de modo que se observen tanto la longitud completa de las raíces de los dientes como por lo menos 2 mm del hueso periapical.^{57,61}

Otro requisito corresponde el tener la menor distorsión posible la cual se logra proyectando de manera correcta el haz de radiación y colocando a su vez de forma adecuada la película en posición.⁶¹

La diferencia entre una imagen radiográfica convencional y una imagen digital, radica en que en la primera, los gránulos de plata que permiten la exposición de la imagen, se encuentran dispersos de manera aleatoria en la emulsión; mientras que en la segunda en lugar de haluros de plata, un detector capta los rayos X y crean una imagen electrónica que se almacena y visualiza como un matriz de intensidades.^{19,65}

1.2. Utilidad de la imagenología diagnóstica

El empleo de la radiografía es fundamental en el diagnóstico de cualquier situación odontológica. En endodoncia, las

radiografías permiten al profesional evaluar las áreas que no se pueden observar a nivel clínico, como raíces, cámara pulpar y regiones periapicales de los dientes.⁴¹

En el ejercicio de la endodoncia, la radiografía es un requisito importante para el diagnóstico de lesiones de origen pulpar, ya que esta proporciona información con mayor cantidad de datos al clínico, como por ejemplo, continuidad de la cortical alveolar, espesor y forma del espacio del ligamento periodontal, longitud dentaria lo más exacta posible, extensión de la cavidad pulpar y conductos radiculares y localización del orificio apical, entre otras.³

Antes de iniciar el tratamiento endodóntico es indispensable obtener radiografía periapical preoperatoria de excelente calidad, en donde el diente se proyecte lo más parecido a su tamaño real, se muestre la o las raíces completas y aproximadamente 2 o 3 mm de tejido perirradicular para poder realizar un diagnóstico y planificación del caso.⁵⁹

En muchas ocasiones puede ser útil una segunda radiografía, modificando la angulación horizontal para visualizar la anatomía del conducto o de los conductos. Como técnica ideal, se debe

utilizar la técnica paralela para asegurar la menor cantidad de distorsión de la imagen. Esto permitirá estandarizar las diferentes imágenes que obtengamos antes del tratamiento y que sean útiles para realizar posteriores comparaciones.⁵⁹

Con la radiografía preoperatoria se obtiene información útil para el diagnóstico endodóntico, esta radiografía nos da una información sobre el tamaño de la cámara pulpar en sentido funcional al eje vertical del diente, la relación de la corona con la raíz y la inclinación de las raíces en comparación con los dientes.⁵⁹

Las diferentes técnicas de localización radiográfica nos permitirán un diagnóstico más exacto; por ejemplo, si queremos localizar perforaciones, escalones, fresas e instrumentos fracturados, podemos utilizar una técnica de localización radiográfica con las radiografías periapicales.¹¹

En general, las radiografías son utilizadas en endodoncia como un método auxiliar en el *diagnóstico* de las alteraciones de los tejidos duros de los dientes y tejidos periapicales, especialmente para valorar: (1) la ubicación, forma, tamaño, dirección de las raíces y conductos radiculares, (2) localizar

conductos y calcular su longitud, (3) evaluar la obturación, (4) localizar cuerpos extraños metálicos, (5) localizar una raíz y/o raíces en cirugía perirradicular y por último (6) valorar el éxito o fracaso a largo plazo del tratamiento endodóntico.^{9,41}

En el año 2001, Santin⁵⁷ refiere que la indicación y justificación de una exploración radiográfica están dadas por la valoración del beneficio que el paciente recibirá de ella a la luz de los síntomas y sospechas significativas de lesión teniendo en cuenta costo, tiempo y riesgo tanto del procedimiento en sí (irradiación y maniobras).

Existen otras técnicas imagenológicas más especializadas en la obtención de imágenes de alta calidad, como la tomografía y la resonancia magnética. De acuerdo a esto, Brooks¹⁴ afirmó que la tomografía es de gran utilidad diagnóstica para evaluar la presencia y extensión diferentes patologías clínicas en cabeza y cuello, como son los tumores, quistes e infecciones, siendo igualmente útil para definir la naturaleza y extensión de las lesiones.

Además, esta técnica permite la obtención de excelentes imágenes para los senos frontales, maxilares, etmoidales y

esfenoidales. La tomografía computarizada es eficaz para la visualización de los tejidos óseos y de los procesos reactivos o neoplásicos de los tejidos blandos que pueden aparecer en los senos, siendo la indicada para el diagnóstico por imágenes de estas estructuras.⁵⁴

En general, la tomografía puede servir para visualizar distintos procesos patológicos y para develar estructuras faciales complejas.⁵⁴ Aunado a esto, también se pueden usar para evaluar la articulación temporo-mandibular. En la actualidad otro uso de esta técnica imagenológica radica en la evaluación de los maxilares de los pacientes aptos para implantes dentales.^{14,43}

Con el advenimiento de la resonancia magnética, los pacientes con materiales ortopédicos, implantes de lentes intraoculares y sistemas de derivación de los ventrículos cerebrales que anteriormente tenían limitaciones en practicarse ciertos estudios imagenológicos, tienen ahora la posibilidad de ser estudiados mediante esta técnica. Sin embargo, debido a que esta técnica duplica en costos al mismo examen tomográfico, su indicación en endodoncia casi no se justifica y por tanto debe reservarse solo para aquellos casos que estén debidamente justificados.^{47,61}

2. DIFERENTES MÉTODOS PARA LA OBTENCIÓN DE IMÁGENES

2.1. Radiología convencional

Las radiografías son esenciales para todas las fases del tratamiento endodóntico, ya que contribuyen a establecer el diagnóstico y ayudan en las distintas etapas del tratamiento permitiendo evaluar el éxito o fracaso del mismo.^{21,26}

Las técnicas radiográficas convencionales más utilizadas en endodoncia son las radiografías periapicales, las de aleta mordible o coroneles, las radiografías oclusales y las panorámicas.⁶¹ Estos diferentes métodos requieren el uso de una película radiográfica y un procesamiento químico ulterior para producir las imágenes diagnósticas.¹²

Gracias al examen con radiografías periapicales podemos obtener una vista de los ápices de las raíces dentarias y de las estructuras que lo rodean. En la actualidad, dentro de este examen se emplean dos técnicas básicas, la técnica de la bisectriz y la técnica del paralelismo.^{11,27} Debido a que el método de la bisectriz tiene la desventaja de producir imágenes más distorsionadas, la mayoría de los clínicos prefieren la técnica del paralelismo, ya que proporcionan imágenes más reales de los

dientes.^{11,27,59,61,65} Sin embargo, en algunos casos las variaciones morfológicas de la boca en los distintos pacientes e incluso la experiencia clínica del operador pudiera determinar la escogencia de otra técnica a utilizar.⁶¹

Forsberg y Halse²⁷ realizaron un estudio in vitro para comparar la eficiencia de las técnicas del ángulo de la bisectriz y del paralelismo en la reproducción radiográfica de las lesiones periapicales simuladas en relación a los ápices dentarios, obteniendo que la técnica de paralelismo provee la más real información en cuanto a la extensión de los procesos patológicos. Cabe destacar, que de acuerdo a estos investigadores la técnica radiográfica va a influir en las dimensiones del objeto que se van a medir en la película.^{27,28}

Otro estudio para comparar la técnica del ángulo de la bisectriz con la técnica del paralelismo, fue realizado por Biggerstaff y Phillips¹⁰ quienes encontraron, que la técnica del paralelismo produce significativamente menor distorsión en la relación corona raíz, siendo el método de elección para evaluar la resorción radicular y la resorción a causa de la terapia ortodóntica.

2.1.1 Principios básicos de la técnica

En el año 1904, la *técnica de la bisectriz*, fue introducida por Price.³⁴ Esta técnica enuncia que el haz de rayos es perpendicular a la bisectriz imaginaria que divide al ángulo que se forma entre el eje mayor del diente y la película.^{9,11,65} La técnica se basa en el principio geométrico simple conocido como la regla de isometría, (Gráficos 1 y 2) en la cual la película se encuentra en contacto con el diente por lo que el haz de radiación debe pasar por esa bisectriz imaginaria.³⁷

Si aplicamos el rayo central con mayor angulación de lo indicado, obtendremos una imagen *acortada* y si por el contrario, la angulación es escasa, el diente se observará *elongado* en la película.⁴ Por estas razones, en esta técnica es necesario tomar en cuenta cinco reglas básicas como son: (1) cubrir con la película el área de interés prescrita, (2) colocarla 3 mm más allá de las superficies incisal u oclusal, (3) centrar el haz de rayos X sobre la película para asegurar que se expongan todas las áreas, (4) dirigir el rayo central perpendicular a la bisectriz imaginaria y por último (5) pasar el rayo central a través de las áreas de contacto entre los dientes.³⁷ Si aplicamos estas reglas obtendremos una excelente radiografía (Gráfico 3)

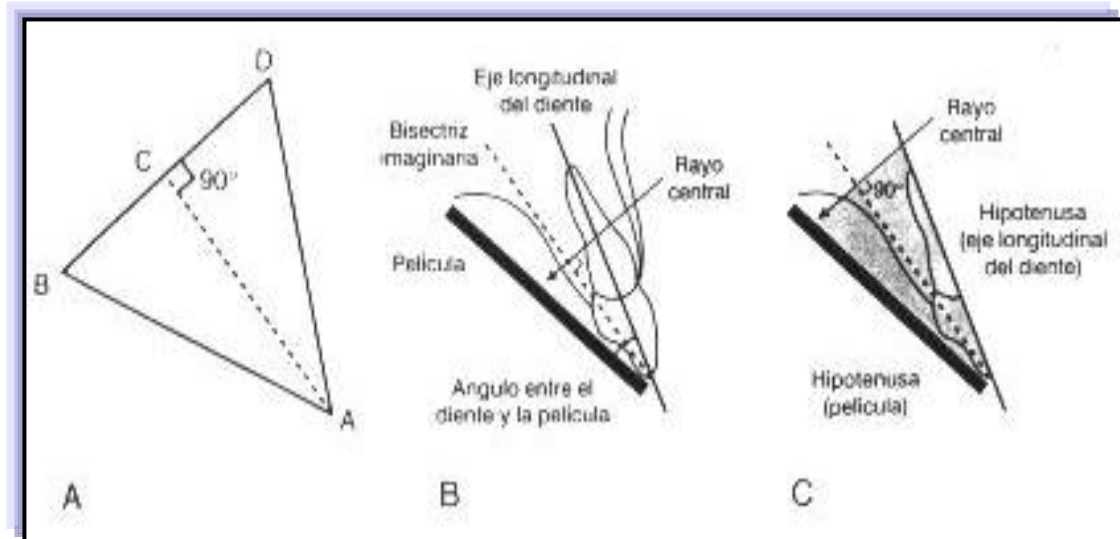


Gráfico 1. A, la película (línea BA) se coloca a lo largo de la superficie lingual del diente. El punto donde la película tiene contacto con el diente, el plano de la película y el eje longitudinal del diente (DA) forman un ángulo (BAD). La bisectriz imaginaria divide este ángulo en dos ángulos iguales (BAC y DAC). El rayo central (BD) se dirige perpendicular a la bisectriz imaginaria y completa el tercer lado (BC y CD) de los dos triángulos. B, la técnica de la bisectriz muestra que el rayo se dirige en ángulo recto a la bisectriz imaginaria. C, los dos triángulos imaginarios resultantes son triángulos escalenos y son congruentes. La hipotenusa de cada ángulo está representada por el eje longitudinal del diente y el plano de la película. Tomado de Haring y Lind, 1997.

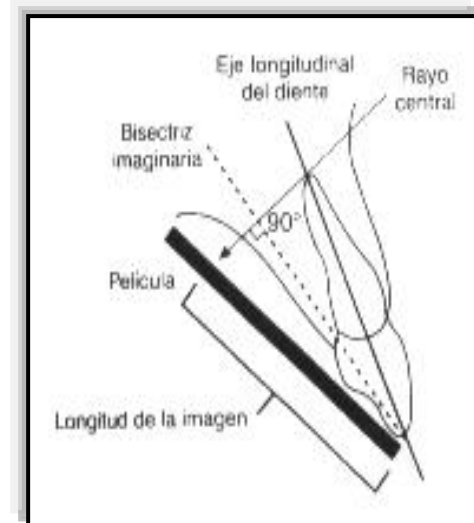


Gráfico 2. La imagen en la película es igual a la longitud del diente, cuando el rayo central se dirige 90° con la bisectriz imaginaria. El diente y su imagen radiográfica tienen longitud igual con dos triángulos iguales formados que comparten un lado común (bisectriz imaginaria). Tomado de Haring y Lind, 1997.

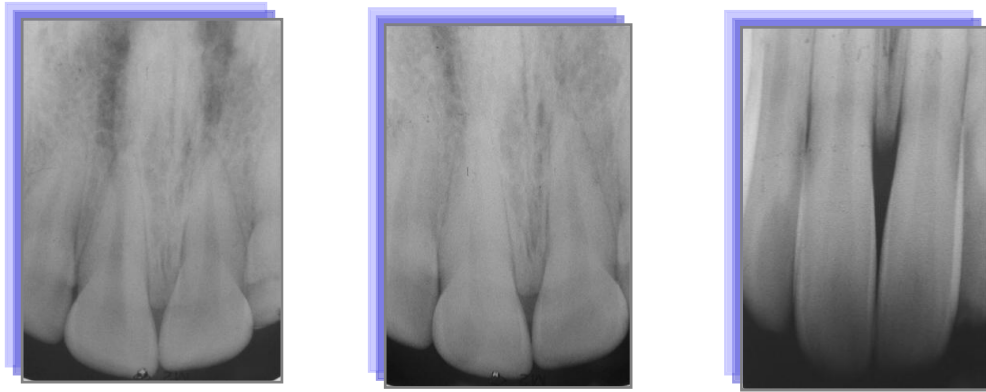


Gráfico 3. Imágenes radiográficas donde se ilustra uno de los errores más frecuentes de las películas periapicales tomadas con la técnica de la bisectriz, como es la incorrecta angulación vertical. Izquierda: imagen radiográfica acortada. Centro: imagen radiografica con la angulación correcta. Derecha: imagen radiográfica elongada.

La *técnica del paralelismo* fue presentada por primera vez, en el año 1896 por Kells. Más adelante, en el año 1920, McCormack la utiliza al plantear que la distancia focal debería ser de 90 cm. Pero este alejamiento no resultó práctico por lo que, veintisiete años más tarde, Fitzgerald, el padre de la radiología dental moderna, la modifica a 40 cm y la populariza.^{4,34} (Gráfico 4)

En la técnica del paralelismo (también llamada técnica de ángulo recto, técnica de cono largo o técnica de Fitzgerald) la colocación de la película será paralela al eje largo del diente y

en ángulo recto a los rayos, así no se acorta ni se alarga la imagen.^{9,63} (Gráfico 5)

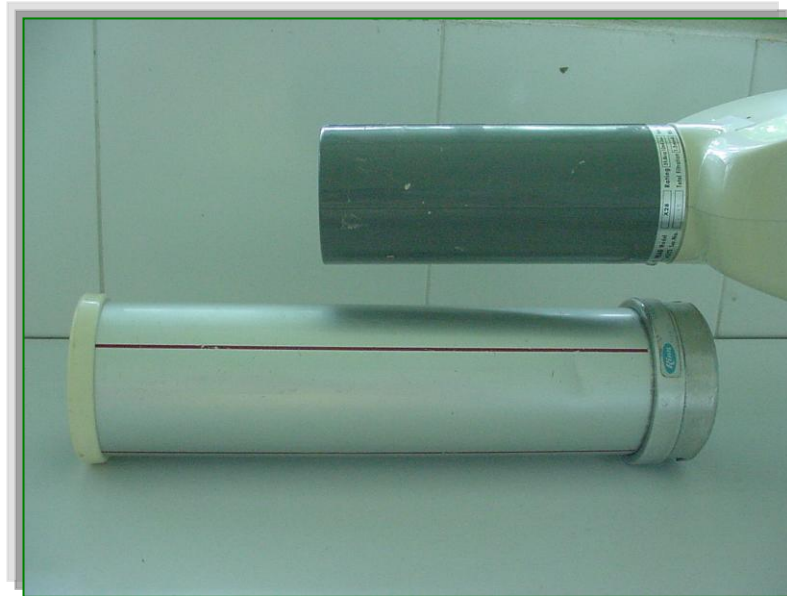


Gráfico 4. Imagen de cono paralelo de 20 cm y de 40 cm.

La técnica de paralelismo tiene como objetivo fundamental obtener una verdadera orientación radiográfica de los dientes con sus estructuras de soporte y con la menor distorsión posible. Para evitar el agrandamiento o magnificación de la imagen como resultado de desplazar la película alejándola del objeto, se aumenta la distancia focal hasta por lo menos 40 cm, utilizando para ello un cono largo, lo que permite que los rayos

que llegan al objeto sean los rayos centrales, paralelos entre sí, eliminándose en gran medida los divergentes, que producen el aumento y la distorsión de la imagen. Estos rayos centrales se deben dirigir perpendicularmente al diente y la película.^{31,36}

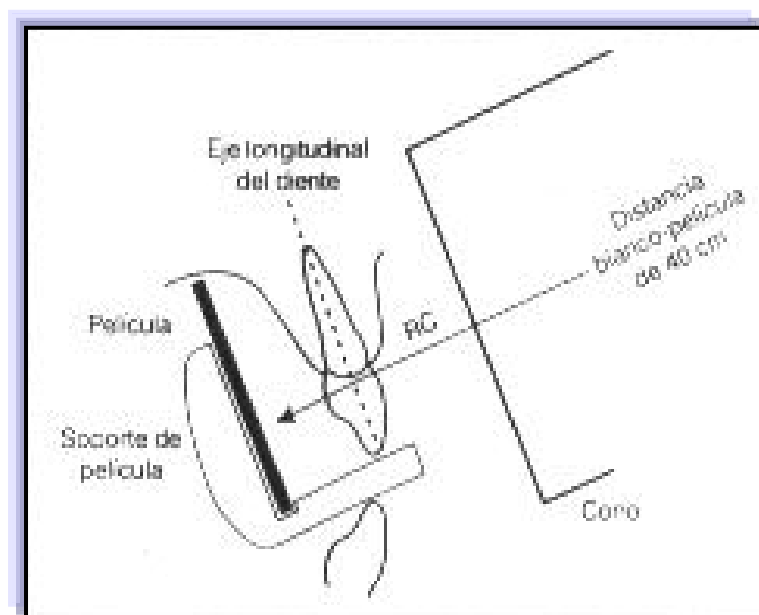


Gráfico 5. Posiciones de película, dientes y rayo central del haz de rayos X en la técnica de paralelismo; la película y el eje longitudinal del diente están paralelos; el rayo central está perpendicular al diente y la película. Se requiere aumentar la distancia blanco-película (40 cm). *Tomado de Haring y Lind, 1997.*

Para disminuir los errores que se puedan presentar en el momento de la aplicación de este método, se pueden utilizar

instrumentos para colocar la placa correctamente en la boca del paciente y mantenerla en posición, con el fin de situar la película paralela a los dientes y proyectar las áreas periapicales en la placa.^{31,61,63}

Estos son los llamados sostenedores de la película radiográfica, que constituyen un complemento importante, ya que estos accesorios posibilitan estandarizar la técnica radiográfica, asegurando una imagen similar en el preoperatorio y en los controles inmediatos o mediatos en endodoncia.⁴ Comercialmente los soportes diseñados para tal fin son los instrumentos XCP® (Rinn Corporation, Elgin, IL), instrumentos de precisión con colimador rectangular, portaplaca desechable Stabe® (Rinn Corporation, Elgin, IL, USA), y una pinza hemostática.^{9,38} (Gráfico 6)

En endodoncia, las radiografías de tratamiento se realizarán, de ser posible, idénticas a las del diagnóstico para poderlas comparar. Para ello debemos utilizar el examen intrabucal periapical, con la técnica del paralelismo y el dispositivo porta placas Rinn Endo Ray® (Rinn Corporation, Chicago, USA) para el tratamiento, ya que facilita la colocación del

dispositivo portaplacas sin necesidad de retirar el aislamiento absoluto.^{9,69} (Gráfico 7)

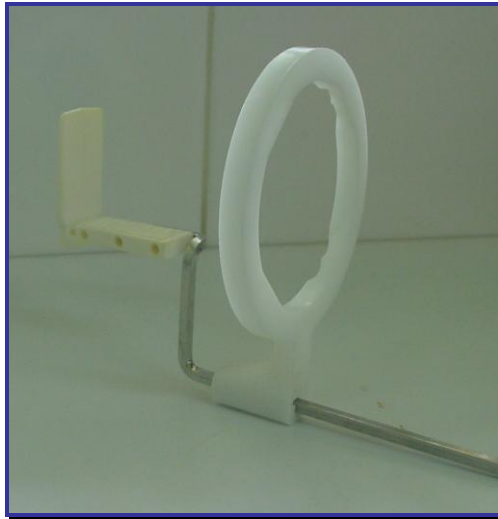


Gráfico N° 6. Sostenedor de película radiográfica



Gráfico 7. Porta placas Rinn Endo Ray® (Rinn Corporation, Chicago, USA) de uso en endodoncia

El segundo de los exámenes intrabucales de uso en endodoncia corresponde al examen con *películas de aleta mordible*, introducido por Raper en 1925, cuyo principio se basa en colocar la película paralela a las coronas de los dientes superiores e inferiores, estabilizándola al morder la aleta y el rayo central se dirige al punto de contacto de los dientes superiores e inferiores, perpendicular a la película y el diente y en un ángulo de 5° a 10° por encima al plano horizontal. Con ésta técnica se obtiene una imagen más real de las coronas clínicas, permitiendo evaluar la cámara pulpar y su anatomía, localización, extensión y ubicación de la entrada de los conductos radiculares.³⁸ (Gráfico 8)

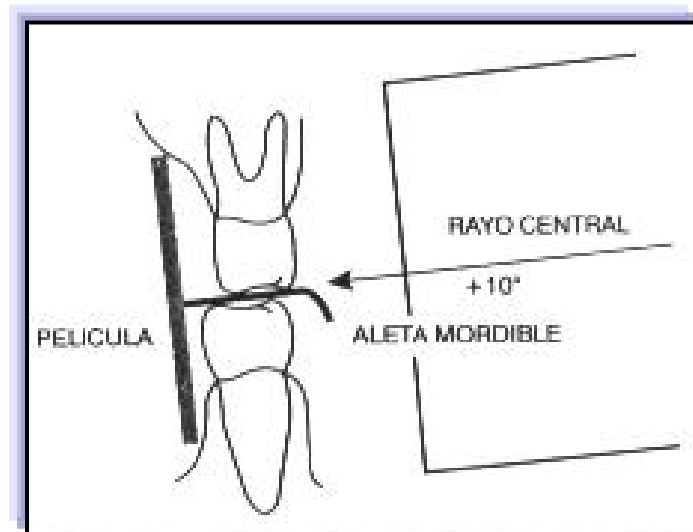


Gráfico 8. Posiciones de la película, lengüeta y rayo central en la técnica de aleta mordible. La película está paralela a las coronas de los dientes superiores e inferiores. El rayo central se dirige hacia abajo (+ 10 grados de angulación vertical). Tomado de Haring y Lind, 1997.

Otro tipo de examen radiográfico intrabucal, utilizado para el diagnóstico de lesiones de origen endodóntico está representado por la *radiografía oclusal*, la cual utiliza un tipo de película cuyas medidas oscilan aproximadamente 7,5 por 5,5 y están empaquetadas de manera semejante a las películas dentales intrabucales.³⁹

La radiografía oclusal, por ser de mayor tamaño ofrece una vista más extensa de los maxilares en comparación con las películas periapicales.³¹ Se llama así porque el paciente *ocluye* o sostiene la película con las caras oclusales de los dientes.³⁹ En esta técnica el rayo central se dirige a través del maxilar a radiografiar, en dirección a la película y con una proyección perpendicular u oblicua, según la necesidad diagnóstica.^{31,39,61}

En casos de lesiones periapicales muy extensas no siempre se podrá obtener una completa información con este tipo de películas intrabucales, en estas situaciones la técnica de elección podría ser la *radiografía panorámica*⁴⁰ (Gráfico 9)

La radiografía panorámica está enmarcada dentro de las técnicas radiográficas extrabucales convencionales que utiliza los principios básicos de la tomografía, ya que tanto la película,

como el tubo de rayos X se mueven alrededor de un eje de rotación que permanece estacionario, el cual está situado en el plano seleccionado del tejido que se quiere radiografiar. Este examen ofrece una vista de toda la región dentoalveolar de ambos maxilares en una sola película. Sin embargo, en las radiografías panorámicas existen algunas diferencias básicas con respecto a la tomografía, las cuales radican principalmente en que las radiografías panorámicas registran secciones curvas de tejido en lugar de planas, ya que los arcos dentales son curvos.^{09,31,40}



Gráfico 9. Radiografía panorámica. Este tipo de película lo podemos usar como auxiliar de las radiografías periapicales cuando deseamos ver vistas más amplias.

En esta técnica, tanto la fuente de radiación como la película están fuera de la boca, en donde la cabeza del paciente se mantiene estática mientras que la película y la fuente de radiación (cabeza del tubo) giran a su alrededor, siendo muy importante que el plano oclusal esté paralelo al piso y el plano medio sagital alineado con la línea vertical central del soporte.⁴⁰ (Gráfico 10)



Gráfico 10. Equipo utilizado para la toma de radiografías panorámicas.
Marca Belmont Equipment Corp. Modelo X-Caliber CM-C.

Durante estos movimientos, todas las estructuras o tejidos de interés que se quieran observar con claridad en estas radiografías deben encontrarse dentro del espacio tridimensional imaginario denominado *pasillo focal*; en consecuencia, los elementos localizados dentro de este pasillo focal tendrán una buena definición y se registrarán en un solo sitio de la película, mientras que los que se encuentran por fuera se observarán borrosas.^{09,16,31,40}

2.1.2 Indicaciones en endodoncia

El uso de la radiografía convencional como medio auxiliar del diagnóstico de lesiones de origen endodóntico es básico. Nadie podrá realizar endodoncia sin valorar continuamente los beneficios del empleo de los rayos X. Las radiografías representan el ojo mágico que, abriendo el telón, nos permite entrar a lo desconocido en pocos minutos.³¹

En endodoncia, la radiografías convencionales son de utilidad para revelar la presencia de una caries que puede comprometer o amenazar la integridad pulpar, el número, dirección, forma, longitud y amplitud de los conductos; la presencia de cuerpos extraños en la cámara pulpar o en el conducto radicular; la resorción de la dentina adyacente a la cámara pulpar, la

naturaleza y extensión ósea periapical, etc. También permiten hacer el estudio previo de todo el sistema de conductos radiculares, ayudándonos a establecer un diagnóstico y a la vez formular un correcto pronóstico y plan de tratamiento.³³

El empleo de las radiografías periapicales antes del tratamiento es muy importante para el estudio de la anatomía dentaria y las posibles lesiones de origen endodóntico que puedan existir. Partiendo del uso de éstas, podemos aplicar diferentes técnicas radiográficas para valorar el órgano dentario.³³ (Gráfico 11)



Gráfico 11. Radiografía periapical que muestra una lesión a nivel del ápice radiográfico.

En endodoncia podemos utilizar diferentes variaciones de la técnica radiográfica periapical para el diagnóstico de lesiones de origen pulpar. Una de ellas corresponde a la *radiografía de trazado con gutapercha*, la cual consiste en la introducción de una punta de gutapercha a través del trayecto fistuloso y la toma de una radiografía para el rastreo de la fístula, en la cual la ubicación del trayecto fistuloso es característica del diente sobre el que se origina el trayecto de drenaje.⁶⁰ (Gráfico 12)



Gráfico 12. Radiografía periapical donde gracias a la técnica de trazado con gutapercha podemos ubicar el diente responsable de la lesión

También podemos inyectar medios de contraste a través del estroma y seguidamente tomamos la radiografía correspondiente, para observar el trayecto fistuloso y su origen; en esta ocasión se denominará radiografía de trazado y habitualmente este procedimiento no requiere anestesia.⁶⁰

Sin embargo, debemos recordar que los trayectos fistulosos localizados en la mucosa bucal pueden corresponder a trayectos fistulosos de etiología no dentaria. También en la radiografía de trazado se puede apreciar la relación entre la profundidad de la bolsa y la raíz o el ápice y por consiguiente, podemos observar la cantidad del hueso alveolar del diente con afectación periodontal.⁶⁰

Otra modificación que podemos hacer con las radiografías periapicales para obtener información diagnóstica en endodoncia es la alteración de la proyección del haz de radiación.^{24,25} En este sentido, Berastegui ⁹ refiere, que gracias a la *proyección directa u ortorradial*, podemos obtener información sobre el sistema de conductos (longitud aproximada, curvaturas radicales, posición del foramen apical e imágenes radiolúcidas o radiopacas asociadas o no con lesiones pulpares o

tratamientos pre-existentes). Además podemos evaluar radiolucidez lateral y lesiones periodontales.

Desafortunadamente, aunque obtengamos imágenes sin distorsión, en muchas ocasiones se nos puede presentar el inconveniente de la superposición de las estructuras anatómicas adyacentes o características patológicas que representarán dificultades para la interpretación. En este sentido, una variación en la dirección del haz de radiación puede ser beneficiosa, ya que nos proveerá información adicional que no siempre es visible en las radiografías estandarizadas, como por ejemplo, disociar estructuras anatómicas radiolúcidas que simulen lesiones periapicales, determinar el número, localización, forma, tamaño y dirección de las raíces y conductos de cada diente, identificar raíces y conductos superpuestos, establecer la posición de las curvaturas radicales y permitir localizar cuerpos extraños en casos de lesiones traumáticas.^{24,25}

Para obtener esta información se realizan alteraciones en la angulación del haz de radiación y se desplazan el objeto según nuestro interés tanto en el plano vertical como en el horizontal, alterando la angulación vertical y horizontal respectivamente.^{24,25}

Los cambios de *angulación vertical* son útiles en muchos aspectos de la endodoncia, debido que al aumentarla, las raíces o cuerpos que se encuentren más cercanos a la fuente de radiación se van a observar acortadas, mientras que los que se encuentren más alejados de la misma se van a presentar elongados. Por ejemplo en el caso de un molar superior en donde se tome una radiografía con aumento de la angulación vertical, las raíces vestibulares se van a observar acortadas, en tanto, que la palatina se evidenciará elongada. Esta técnica nos permite disociar raíces que se encuentren superpuestas en sentido vestíbulo-palatino o vestíbulo-lingual.²⁴

Así mismo, tenemos que lesiones de origen pulpar como procesos periapicales pueden ser diagnosticados erróneamente, simulando incremento en su tamaño o por el contrario una disminución del mismo, dependiendo de los ajustes del rayo central sobre la película, diagnosticando de este modo falsos positivos o falsos negativos. Así, el aumento de la angulación vertical puede indicar, por ejemplo, la reducción del tamaño de una lesión o su completa curación en dientes que presenten aún una patosis periapical.^{7,27}

Con respecto a la *angulación horizontal*, si realizamos una proyección ortorradial, al pasar el rayo central por una raíz con dos conductos, éstos aparecerán superpuestos en la radiografía, pero si hacemos variaciones en esta angulación y desplazamos el cono hacia mesial (proyección mesio-radial) o hacia distal (proyección disto radial), manteniendo el mismo punto de incidencia podremos ver los conductos por separados e identificarlos. Esto se logra gracias a la llamada *regla del objeto bucal*, propuesta en el año 1916 por Clark.^{11,24,44} (Gráfico 13)

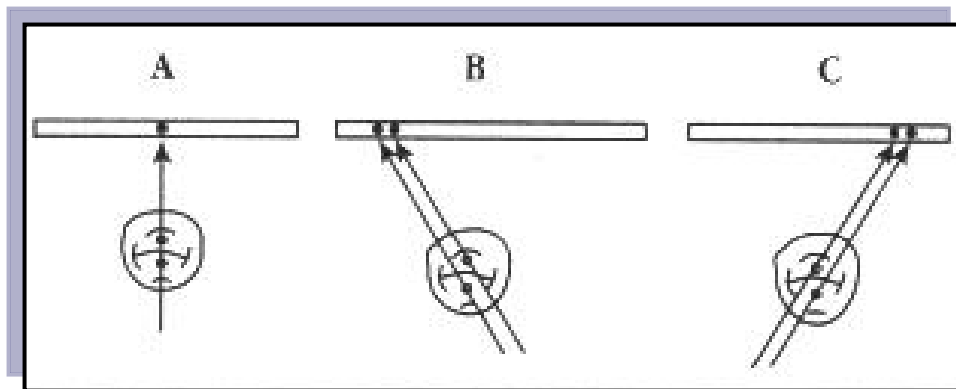


Gráfico 13. En la proyección directa (A) el rayo central, que pasa directo por una raíz con dos conductos, los sobrepondrá en la radiografía. Si desplazamos el cono horizontalmente hacia mesial o distal lograremos ver los conductos por separado, y los podremos identificar teniendo en cuenta que el objeto lingual se moverá en la misma dirección que el cono, y el objeto vestibular lo hará en dirección contraria. Tomado de Blánquez y Miñana, 1999

El conocimiento y la habilidad para aplicar la regla del objeto bucal, ha permitido a los endodoncistas distinguir entre las estructuras normales y las radiolucencias asociadas con la patosis radicular de los dientes, determinar la posición vestibular o lingual de las fracturas radiculares, las perforaciones y procesos de resorción y por último diferenciar rasgos anatómicos de radiolucencias periapicales e identificar hacia donde va la curvatura apical de las raíces.^{9,11,24,25} También nos permite localizar estructuras anatómicas como el seno del maxilar y el conducto mandibular en relación al ápice durante la cirugía perirradicular, así como disociar estructuras anatómicas, tales como el proceso cigomático que se superpongan en nuestro objetivo radiográfico.^{11,32}

Esta técnica tiene solamente una desventaja, que es el someter al paciente a una mayor dosis de radiación, debido a que se realizan un mayor número de proyecciones radiográficas. Sin embargo, con la utilización de películas ultrarápidas se puede disminuir el tiempo de exposición y minimizar este problema.⁴⁴

Klein *et al.*⁴⁵ realizaron un estudio in vitro, con el objeto de determinar la angulación horizontal óptima del aparato de

rayos X para diagnosticar conductos dobles (como variación anatómica) en incisivos inferiores. Para este estudio utilizaron 200 incisivos inferiores a los que radiografiaron con la técnica de cono largo paralelo variando la angulación horizontal de 0° a +/- 50° en intervalos de 10°, posterior al análisis radiográfico, se concluyó que la angulaciones horizontales entre 20° y de 30° fueron las mejores en el momento de identificar conductos dobles comparados con la proyección ortorradial.

Khabbaz y Serefoglou⁴⁴ proponen, el uso de la regla del objeto bucal como un método para localizar conductos calcificados, debido a que al variar la angulación con diferentes proyecciones radiográficas se podrá obtener una tercera dimensión de la raíz, sin embargo, este procedimiento estará basado en el conocimiento de la anatomía dentaria.

En el año 1980, Bramante, Berbert y Bernardineli, citados por Fava y Dummer²⁴ explicaron que gracias a la *técnica del registro triangular* se podían detectar tanto las posiciones exactas de las curvaturas radicales, como los procedimientos iatrogénicos, tales como, escalones, instrumentos fracturados, perforaciones y creación de falsas vías durante la preparación de los conductos y el espacio para perno. También sirve para observar resorciones.

Para esta técnica se deben emplear tres radiografías, una usando la angulación estándar (u ortorradial) y las otras dos usadas en angulación mesial y distal. Cuando la curvatura apical está en posición vestibular, observaremos que esta se moverá en la dirección opuesta al ángulo de radiación, mientras que si la curvatura es hacia lingual, ésta se moverá en el mismo sentido del ángulo de radiación.^{11,24,25} (Gráfico 14)

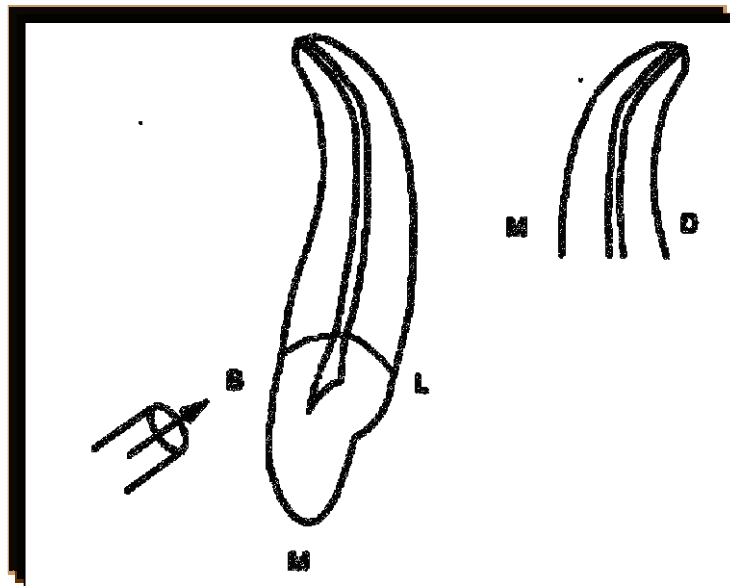


Gráfico 14. La identificación de la curvatura vestibular o lingual no es posible con una vista estandarizada, mientras que si cambiamos la angulación horizontal podemos ayudarnos a determinar este hecho común. La curvatura vestibular se mueve en la dirección opuesta al ángulo de radiación; la curvatura lingual se mueve en la misma de la angulación. En este ejemplo, una angulación mesial produce una imagen del ápice radicular hacia distal – el ápice radicular entonces va a estar hacia vestibular. *Tomado de Fava y Dummer, 1997.*

Blánquez y Miñana¹¹ explicaron, como ejemplo de esta técnica, que si un conducto se mueve con o en la misma dirección que el tubo de rayos X, entonces el conducto es lingual a las raíces de los molares, pero si el conducto se mueve en dirección opuesta al cono, entonces estará en posición vestibular.

Con respecto a las *películas de aleta mordible*, podemos proveer una vista para detección de lesiones cariosas de las caras proximales de los dientes, muchas de las cuales no pueden ser detectadas con un explorador. Este examen también revela el tamaño de la cámara pulpar, la extensión de la penetración de las caries proximales en relación con ella y la posición del orificio de entrada del conducto (Gráfico 15). Ofrece una adecuada localización de la cresta interdientaria y es un medio para determinar la presencia o ausencia de cambios destructivos que puedan comprometerla, aunado a que es más económico que el examen periapical completo y reduce la cantidad de radiación a que está sometido el paciente. Este examen puede servir como auxiliar a las radiografías periapicales en el diagnóstico lesiones de origen endodóntico, cuando tenemos dudas sobre la cámara pulpar.^{31,38}



Gráfico 15. Radiografía con película de aleta mordible

La *radiografía oclusal* se indica en endodoncia cuando necesitamos evaluar y localizar la extensión de lesiones, tales como: quistes, tumores y procesos infecciosos de gran tamaño. También es útil para localizar cuerpos extraños, evaluar los límites del seno maxilar y fracturas de los maxilares.³⁹ Otra indicación de esta técnica reside en que proporciona información excelente del ancho buco lingual del hueso alveolar.¹¹ (Gráfico 16)

Por último, entre las radiografías extrabucales, tenemos el examen con *radiografías panorámicas*. Entre sus indicaciones endodónticas se incluyen el diagnóstico de grandes lesiones que no se observan en radiografías periapicales u oclusales, la

evaluación de traumatismos y planificación del tratamiento. También se indican en la evaluación de anomalías y el seguimiento de casos quirúrgicos.^{31,40,41}



Gráfico 16. Radiografía oclusal

2.1.3 Ventajas y desventajas

Dado que la radiografía convencional sólo ofrece datos en dos planos, no debe considerarse como la última y definitiva prueba al considerar un problema clínico. La mayor limitación de la radiografía convencional es que en ella sólo se observan dos dimensiones y falta la tercera dimensión vestíbulo- lingual. Ésta no se observará en una sola radiografía y para ello se debe

recurrir a diferentes técnicas donde se vería la angulación horizontal o vertical.^{9,33}

Otra limitación de la radiografía convencional corresponde a la falta de información en cuanto al estado bacteriológico o patológico de un problema endodóntico. Un proceso periodóntico periapical producido por un traumatismo, por ejemplo, producirá radiográficamente la misma imagen que una zona de infección, sin aportar datos sobre su composición histológica.^{9,33} Además, puede ser muy difícil detectar en una radiografía pequeños cambios histológicos o de cicatrización.⁵

Fava y Giorgi²⁵ establecen, que en las técnicas donde se altera la angulación vertical u horizontal, la aplicación práctica dependerá de la experiencia del operador ya que las radiografías tomadas con errores en su angulación podrán resultar en una *ilusión de la imagen*, llevando a interpretaciones incorrectas.

En relación a este punto, Haring y Lind³⁷ establecen, que puede haber distorsión de la imagen cuando se utiliza un cono corto que a su vez produce divergencia de los rayos X y como consecuencia se produce magnificación de la imagen. De igual

manera, estos errores pueden producir exposición innecesaria para el paciente.

En cuanto a la sobre-exposición del paciente, tenemos que con la técnica de la bisectriz el dedo del paciente queda innecesariamente irradiado, aunado a que esta técnica tiene otras desventajas como: ser susceptible a los movimientos del paciente, la película se puede doblar a causa de mucha presión digital ejercida por el mismo en el momento de la toma y no existen referencias físicas en la colocación del cono.^{13,24}

Siguiendo este orden de ideas, podemos decir que el empleo de la técnica de la bisectriz se debe restringir en endodoncia debido a la distorsión que produce de la imagen. Además, las radiografías intraoperatorias y las de control inmediato y mediato, se deben realizar en condiciones técnicas similares a las del estudio preoperatorio. La técnica de la bisectriz no garantiza la similitud de esas condiciones. Otro detalle a tomar en cuenta es la presencia de los elementos relacionados con el aislamiento absoluto utilizado en la especialidad, lo que modifica la posición del paquete radiográfico en relación al diente a tratar.⁴

En el 2003, Basrani, Blank y Cañete³ expresan, que pese a que las radiografías intrabucales representan un elemento valioso para el endodoncista, tienen como limitación el no permitir, de forma aislada el establecer un diagnóstico y pronóstico adecuado, puesto que necesitan de la evaluación clínica y controles previos a la toma radiográfica. Para estos investigadores, la radiografía sugiere, más no determina una patología, en consecuencia, no se puede considerar como la evidencia final al realizar el diagnóstico.

De las radiografías convencionales las *radiografías oclusales* brindan una vista más extensa de la zona a evaluar. Estas radiografías ofrecen una información adicional en cuanto a la extensión y desplazamiento de fracturas que toman el maxilar inferior y el superior. También ayudan a localizar cuerpos extraños, dientes no erupcionados, raíces retenidas y cálculos en las glándulas salivales submaxilar y sublingual y sus conductos.³⁰ Pero al contrario, tienen la desventaja de que rara vez se observan claramente las corticales, desventaja que se hace mayor si se trata del maxilar superior.¹¹

Por último, la *radiografía panorámica* tiene la ventaja de mayor cobertura, si la comparamos con los exámenes

periapicales o las oclusales.⁴² Sin embargo, las radiografías panorámicas tienen la desventaja que producen sombras que pueden provocar confusiones en el momento de la interpretación de la película, debido a la superposición de estructuras de un lado sobre el otro. Otro inconveniente de esta técnica es la poca definición y detalle radiográfico; en consecuencia, no se deben utilizar para diagnosticar caries, lesiones periapicales, enfermedad periodontal, ya que no sustituye las películas intrabucales.^{31,40}

Hubar y Cresson⁴² realizaron un estudio para analizar la utilidad de las radiografías panorámicas más el periapical completo para determinar la incidencia de anomalías y patologías en los diagnósticos odontológicos, en donde encontraron que en 3 de cada 4000 juegos de radiografías periapicales existían anomalías o patologías y la evaluación de las 4000 radiografías panorámicas reveló una totalidad de 9 anomalías y patologías situadas completamente fuera del área cubierta por los periapicales que se tomaron de rutina; por lo que concluyeron que aún cuando el acompañar un periapical completo con la radiografía panorámica, puede revelar las patologías o anomalías fuera del área que cubren las radiografías periapicales, el reducido número de estos casos

cuestiona la utilidad de llevar a cabo este procedimiento de manera rutinaria.

De acuerdo a esto, la tendencia actual en las escuelas de odontología es utilizar criterios de selección individuales para determinar el tipo y número de radiografías que debemos seleccionar para cada paciente.⁴²

En un estudio realizado por Torabinejad *et al.*⁶⁴ se determinó la cantidad de radiación absorbida por varios órganos a través de la colocación de dosímetros de fluoruro de litio en lugares anatómicamente seleccionados y sobre un simulador humano, los cuales fueron expuestos a una radiación de 70 y 90 kV durante la toma simulada de la radiografía endodóntica. La dosis promedio de exposición fue determinada por cada lugar anatómico. Los resultados mostraron que las dosis recibidas por los pacientes en las radiografías endodónticas son bajas cuando se comparan con otros procedimientos radiográficos.

2.2 Imágenes radiográficas digitales

Durante mucho tiempo la placa radiográfica se presentó como el medio más importante para adquirir y archivar las imágenes diagnósticas. Sin embargo, con la era electrónica, se

introdujeron equipos más especializados en las diferentes fases del procedimiento de adquisición de la imagen: como sensores especiales para la adquisición de imágenes y dispositivos de almacenamiento para su archivo.⁶⁶

La imagen radiográfica convencional requiere el uso de una película de rayos X y un procesamiento químico ulterior para producir la imagen visible. Por esta razón, uno de los objetivos de la investigación ha sido el reemplazo de esta tecnología, sustituyendo la película radiográfica por un dispositivo o sensor electrónico, que va a actuar como receptor de radiación y que a su vez, al estar conectado a otros componentes, da como resultado la formación de una imagen digitalizada, la cual es presentada en un monitor de computadora, a través de un programa preestablecido por este sistema.¹²

Una imagen digital es la que se obtiene de la transformación de una imagen analógica convencional al sistema de números binarios, permitiendo procesar los datos digitales adecuadamente y mostrarlos de forma que parezcan una imagen convencional.²⁹

En 1980, Mouyen *et al.*⁵⁰ desarrollaron el sistema original de radiovisiografía (RVG) que consiste en la digitalización de una imagen obtenida con radiación ionizante, teniendo como innovación el no necesitar de una película como receptor de imagen y eliminando por ende el procesado de la misma; denominándose a ésta, imagen digital directa. Todos estos sistemas han ido evolucionando para ofrecer alternativas cada vez más sofisticadas, las cuales permiten mejorar la imagen; un ejemplo de ellos es el sistema Digora®. (Gráfico17)

Sin embargo, existen otros tipos de imágenes digitales, como corresponde a la radiografía por sustracción (RDS), la cual fue creada con la finalidad de facilitar la visualización de pequeños cambios óseos y/o dentarios. A este tipo de imágenes se le denominan imágenes digitales indirectas.⁵

La diferencia fundamental entre la radiografía convencional y la radiografía digital es la forma como se captura la imagen y la completa eliminación de los químicos para el procesado, en el caso de la radiovisiografía; además, permite manipular la imagen a través del programa de computación.¹³

Digora®

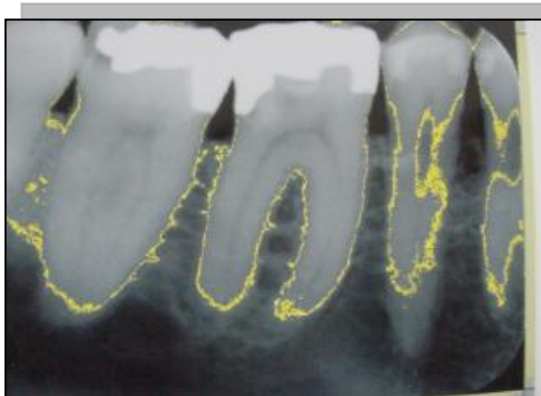
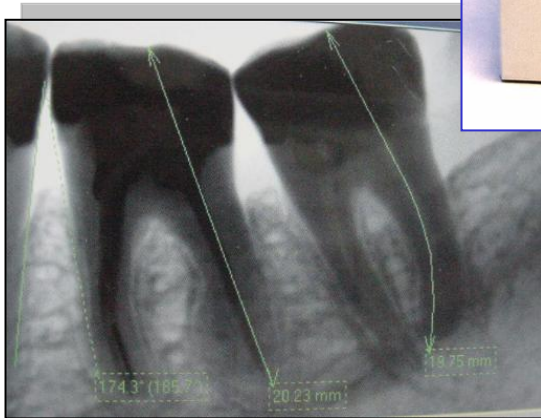


Gráfico 17. Sistema para imagenología intrabucal digital con rayos X.
Tomado del folleto comercial Digora ®. Soredex Orion Corporation, 1998.

2.2.1 Principios básicos de la técnica

La *imagen digital* es aquella que se forma de acuerdo al siguiente proceso: cuando la energía electromagnética de rayos X interacciona con los píxeles del sensor, se crea una carga electromagnética que puede ser almacenada por éstos, los cuales actúan en parte del mismo modo que un condensador. La carga total desarrollada y almacenada es directamente proporcional a la energía que incide sobre él.^{01,29,66}

Tras la exposición del sensor a la radiación, las cargas almacenadas por los píxeles individuales son eliminadas secuencialmente por medios electrónicos, lo que genera una señal analógica de salida (Gráfico 18). Gracias al convertidor analógico a digital, se cambia la señal analógica que sale por el sensor, en una representación numérica basada en el lenguaje binario, el cual a su vez puede ser reconocido por el ordenador, quien almacena la información y estipula el grado del tono de gris, entre el blanco y el negro.^{01,29,66}

Puesto que los ordenadores solo funcionan con información digital, esta información debe ser representada en lenguaje binario, el cual utiliza dos dígitos 0 y 1. Estos son denominados bits de longitud. El bit es la unidad de computación, mientras que

el byte sería el conjunto de ocho bits que tienen las mismas posibilidades entre 0 y 1. Estas unidades en las unidades digitales se llaman píxel, a los que se les adjudica un valor numérico. Cada píxel puede presentar 256 niveles de gris, desde 0 que representa el negro hasta 255 que representa el blanco.^{01,29,66}

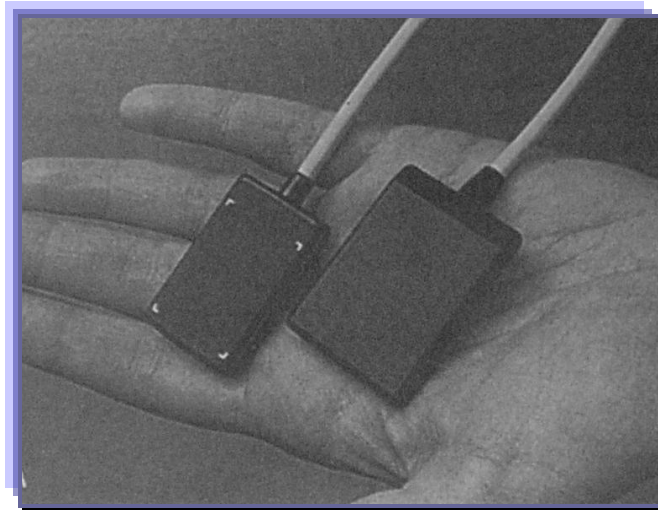


Gráfico 18. Sensor del aparato de imagenología intrabucal digital

La imagen digital observa como diferentes tonos de grises en relación con la cantidad de luz emitida desde la pantalla del monitor. Para proporcionar información diagnóstica suficiente, una imagen digital debe presentar ciertas características, como son una resolución espacial y

de tonalidades de gris también suficientes. Una imagen digital presenta una gama de 256 tonos de gris (valores de 0 a 255,8 bit por píxel). El ojo humano es capaz de discernir aproximadamente 100 tonos de gris, con lo que el número de 256 tonalidades de gris es suficiente.^{50,66}

Como se mencionó anteriormente, el primer equipo llamado radiovisiografo (RVG) fue presentado por Mouyen *et al.*⁵⁰ y tal como su nombre lo sugiere, éste sistema está formado por tres componentes principales, como son: radio- visio y grafo que unidos definen su nombre. (Gráfico 19)

El componente *radio* consiste en un sensor de alta resolución que reemplaza a la película radiográfica. Este sensor tiene un área sensitiva de $17 \times 26 \text{ mm}^2$ y está conformado por una pantalla de centelleo, un instrumento de fibra óptica y un generador de imagen con acoplador de carga, que tiene solo una superficie que es activa y está conectado a la unidad de procesamiento.⁵⁰

El componente *visio* consiste en un monitor de video y una unidad de procesamiento, la cual almacena y digitaliza la imagen transmitida durante la exposición y los convierte punto

por punto en 256 discretos niveles de grises. La unidad puede magnificar hasta cuatro veces el tamaño de la imagen y tiene la capacidad de llevar a cabo un tratamiento más completo de la misma (realce, conversión de lo negativo a lo positivo, aumento del contraste y modo zoom de aumento de la imagen). Además, puede exhibir múltiples imágenes de manera simultánea.⁵⁰

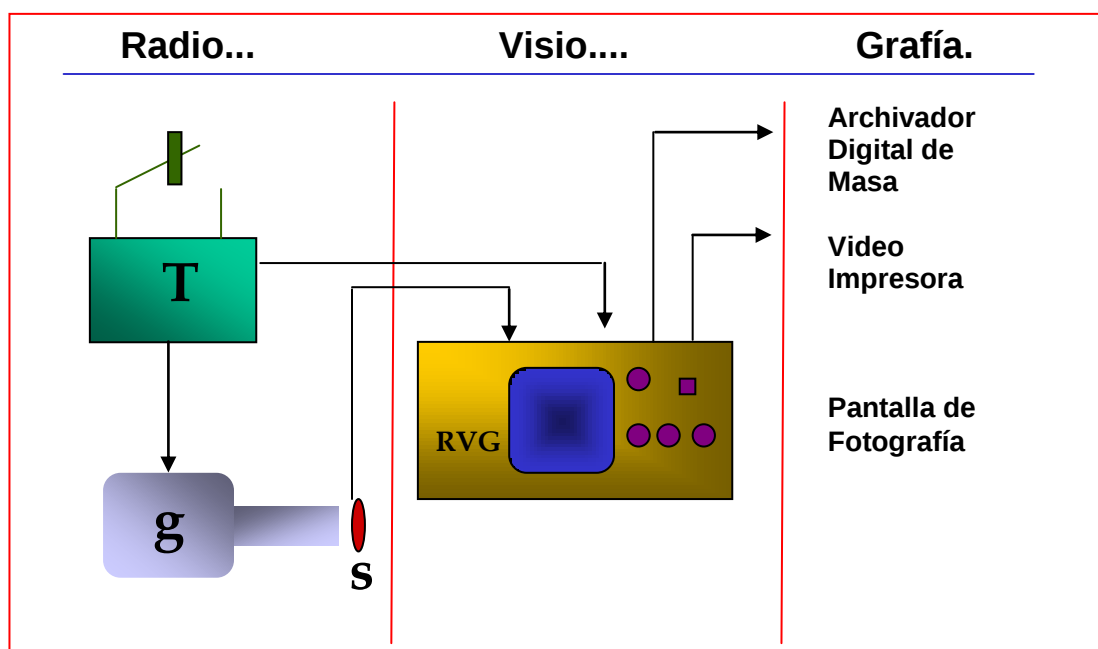


Gráfico 19. Sistema radiovisiógrafo en dibujo esquemático: (g) generador convencional de rayos X, (T) microprocesador de tiempo de alta precisión para exposiciones muy cortas, (s) sensor anatómicamente adaptado con ángulos y bordes redondeados. *Tomado de Mouyen et al. 1989.*

El componente *grafo* corresponde a una unidad de almacenamiento que puede ser conectada a una impresora de alta resolución y que a su vez proporciona una copia de la imagen de la pantalla.⁵⁰

En el año 1991, Benz y Mouyen⁸ explicaron que en el mercado existían varias generaciones del sistema RVG, en donde la primera generación se basaba en un sistema digital básico sin microprocesador. La segunda generación, poseía una unidad procesadora con un programa que permitía mayor flexibilidad en el procesamiento de la imagen, pero que tenía el inconveniente de poca memoria para utilizar completamente el poder de resolución. En la tercera generación, se modificó el diseño electrónico para incrementar la sensibilidad y la dinámica de dosis del sensor y el programa para mejorar el realce de la imagen.

La cuarta generación del sistema de radiovisiografía, se llevó al mercado en el año 1992, presentándose con ventajas como un mayor poder de resolución, diseño más anatómico del sensor, sistema de milimetraje de la imagen, pseudocolor y cámara de video intrabucal y fue superada por la quinta generación la cual

permitía el archivo completo de las imágenes radiográficas a través de una computadora personal.¹

Otro tipo de imágenes digitales corresponde a la radiografía digital por sustracción (RDS), cuyo principio se basa en tomar dos radiografías convencionales (expuestas en momentos diferentes) con una angulación exacta, con la misma posición, idénticos factores radiográficos y con el mismo proceso de revelado para que no se produzcan diferencias de densidad y/o contraste. Se colocan ambas en un procesador de imágenes y se le somete a la técnica de sustracción. Todas las estructuras que no se han modificado en ambas radiografías, electrónicamente serán canceladas y se sustraerán de la pantalla de la computadora. Gracias a este procedimiento, se podrá ver con claridad el área que se ha modificado.^{5,29} (Gráfico 20)

Desde el punto de vista técnico la claridad de la imagen digital se ve influida por los *ruidos*, la resolución y la sensibilidad del sensor o placa de imagen. Esencialmente un sistema digital tiene que combinar esos parámetros en sus aspectos positivos para aumentar la calidad de la imagen.⁵⁵

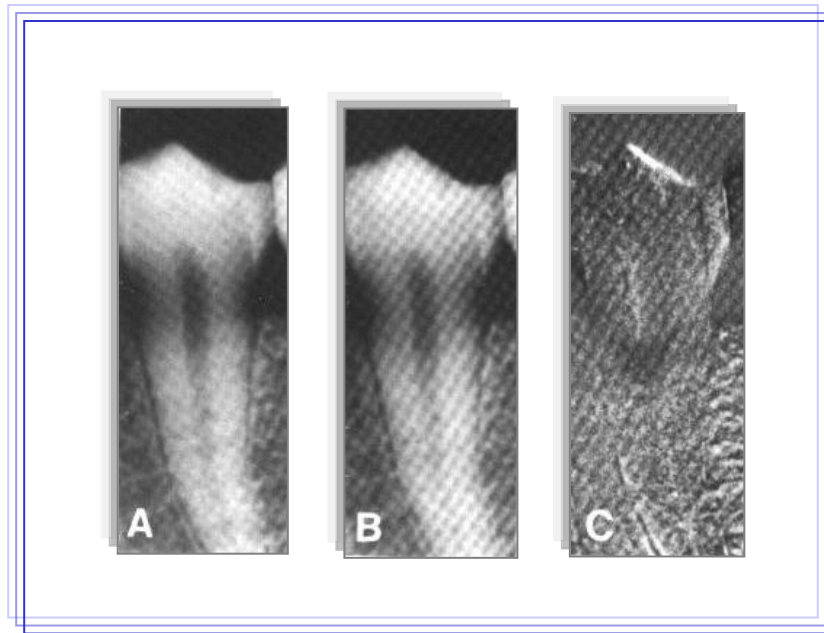


Gráfico 20. Radiografías de sustracción digital. Las radiografías de sustracción digital requieren dos imágenes, **A** y **B**, que se exponen con la misma geometría. En este caso existe pérdida de hueso alveolar en la imagen **B**, demasiado sutil para verla. Sin embargo, la imagen sustraída **C** muestra las diferencias entre **A** y **B**, y la pérdida ósea se ve ahora como una estructura oscura superpuesta sobre la pulpa. Tomado de Frederiksen, 1995.

Técnicamente, se denomina *ruido* a todas las interferencias que puedan existir en la toma y procesamiento de las radiografías convencionales antes de ser sometidas a técnicas como la de sustracción. En cambio, la resolución depende de la cantidad y tamaño de los puntos aislados de imagen (píxeles) de un sensor. Los diferentes niveles de grises de cada píxel pueden mejorarse para ser reconocidos por el ojo humano.^{50,56}

2.2.2 Indicaciones en endodoncia

Shearer, Horner y Wilson⁶² realizaron un estudio, para comparar in vitro las imágenes obtenidas a través del RVG con la radiografía convencional para la *observación de los conductos*. Para ello observaron la longitud de una lima y la evaluaron con tres métodos: la radiografía convencional (RV), la radiovisiografía (RVG) y la radiovisiografía con imagen mejorada, obteniendo como resultado la no existencia de diferencias significativas entre la radiografía convencional y el RVG, ni tampoco entre la radiografía convencional y la imagen del RVG mejorada. Sin embargo, cabe destacar que los investigadores notaron que una modificación excesiva en el grado de contraste, al mejorar la imagen, producía una pérdida de los detalles.

Barbat y Messer² realizaron un estudio, para comparar la habilidad de las radiografías convencionales con las imágenes directas digitales en la *detección de lesiones periapicales* creadas artificialmente en cadáveres humanos, encontrando que no hubo diferencias significativas entre las radiografías convencionales y las radiografías digitales en cuanto a la escala de grises para las lesiones creadas. Sin embargo, para la identificación del estadio preoperatorio la imagen invertida y la imagen a color fueron significativamente más agudas.

Yokota *et al.*⁷⁰ compararon el uso del RVG con la radiografía convencional en la detección de lesiones periapicales en estadios tempranos, creadas artificialmente de forma mecánica en secciones de maxilares de cadáveres humanos, las cuales fueron evaluadas por tres endodoncistas. Ellos concluyeron que las radiografías convencionales resultaron ser más exactas en el diagnóstico cuando no hay lesión. Pero por el contrario el RVG era superior en el diagnóstico de lesiones que abarquen lámina dura y hueso medular, pero sin diferencia entre ambas técnicas cuando las lesiones solo abarcan hueso cortical.

De igual manera, Ohki, Okano y Nakamura⁵² expresaron que la imagen digital de alta resolución, de los aparatos digitales y los monitores de video no sería necesaria, si la imagen es utilizada solamente con fines diagnósticos en sustitución de las radiografías intrabucales convencionales.

La radiografía digital por sustracción (RDS) también se puede aplicar en el diagnóstico endodóntico; ya que para el profesional resulta un gran desafío el evaluar de manera objetiva las pequeñísimas diferencias en la densidad radiográfica de las lesiones endodónticas, que puedan aparecer en etapas

tempranas en nuestros estudios imagenológicos, y que no son captadas por el ojo humano.⁵³

En el año 1991, Ørstavik⁵³ realizó un estudio que incluyó la RSD, en donde evaluó el efecto de los diferentes selladores endodónticos en el proceso de curación de la periodontitis apical, por medio de mediciones automáticas realizadas en computadora, detectando cambios tempranos en la densidad radiográfica, los cuales fueron observados a tan solo tres semanas después de haber completado el tratamiento endodóntico.

Sin embargo, Nicopoulou *et al.*⁵¹ en un estudio realizado para comparar las propiedades diagnósticas de las radiografías en la detección de los cambios a nivel de hueso alveolar, mediante el empleo de películas ultra-speed y ektaspeed antes y después de su conversión en imágenes de sustracción digital, obtuvieron que, después de la digitalización y procesamiento de las imágenes, la información diagnóstica pareció ser igual en las radiografías obtenidas con ambas películas.

2.2.3 Ventajas y desventajas

Diversos autores refieren, que la adquisición directa de las imágenes radiográficas proporciona muchas ventajas sobre los sistemas convencionales a base de películas, ya que estos sistemas digitales no requieren procesamiento químico.^{12,26,55} Esto elimina la incomodidad y los errores frecuentes asociados con el procesamiento de películas y ahorra tiempo.⁵⁵ Además, puede almacenarse y obtenerse una copia impresa (imagen en papel) de cada sitio, en cuestión de segundos, contra los varios minutos que tarda el revelado convencional de películas. De igual forma, podemos publicar la imagen obtenida en internet y realizar interconsultas con especialistas en otras áreas.^{46,55}

Las imágenes producidas por el RVG tienen la ventaja de obtenerse más rápido y de utilizar menor dosis de radiación (0,1 seg, es decir, 80% menos), por lo que podría tener un valor particular en endodoncia, ya que además, permite aplicar las técnicas radiológicas de la bisectriz y el paralelismo; pero la resolución del RVG ha sido inferior a la resolución de las radiografías convencionales y es posible que esto pueda reducir la eficacia del RVG en la proyección de pequeñas estructuras, tales como pequeños conductos en la región apical.^{29,50,62}

Debido a que las imágenes están en formato digital, se utilizan técnicas de manipulación de la imagen para mejorar o analizar la información. Esto se logra a través de los diferentes programas que traen los equipos de radiovisiografía. Gracias a la manipulación de las imágenes digitales podemos lograr modificar y mejorar la imagen previamente presentada. De este modo, las imágenes presentadas en escala de grises son transformadas a través de 256 tonos de gris (el ojo humano solo capta 32 tonos). La imagen invertida permite la conversión al modo negativo y la imagen de intensidades de color sustituye los diferentes colores por la escala de valores de gris.²

Otra ventaja que ofrece este tipo de técnica es que posee un captador intrabucal garantizado de por vida y sin pérdida de la calidad de la imagen. Además estos sistemas hacen posible la mejor comunicación con el paciente, ya que facilita explicar el diagnóstico, comparar imágenes y exponer los tratamientos.^{26,29,55}

Gracias a la mayor eficiencia de los sensores electrónicos en comparación con las películas, éstos no necesitan ser retirados de la cavidad bucal después de cada exposición, para realizar

una nueva exposición, tal como se hace con las radiografías convencionales. Esto permite obtener mayor cantidad de exposiciones en menor tiempo.^{12,46,66}

Van der Stelt ⁶⁶ estableció, que el procesamiento de la imagen no añade información a la propia imagen, pero hace que la información contenida en los datos de la imagen sea más accesible al ojo humano. De acuerdo a esto, Bushong¹⁷ expresó, que en la radiografía digital el contraste era mayor y que se detectaban con más facilidad los objetos de bajo contraste.

La *telerradiología* representa también un buen ejemplo de las ventajas ofrecidas por la imagen digital. La transmisión de una imagen electrónica a través de la línea telefónica o de internet es mucho más rápida que el envío tradicional de la radiografía por correo. La copia enviada es idéntica al original y el tiempo de transmisión es mucho menor que el que requiere el correo, siendo posible la consulta con un colega casi de forma inmediata. De igual forma, las imágenes se pueden comprimir para acortar el tiempo de transmisión o reducir su ocupación de archivos sin la pérdida de información, siendo éste un procedimiento reversible.^{58,66}

Otra ventaja que ofrecen los sistemas digitales, corresponde al mejoramiento de las imágenes previas mediante la modificación a través de la computadora, para que de esta manera puedan ser interpretadas más fácilmente por el ojo humano.^{50,68} En este sentido, tenemos que la radiografía por sustracción intenta resolver muchos de los inconvenientes de la radiografía convencional.⁵

La radiografía por sustracción tiene la ventaja de permitir detectar pequeños cambios que se pueden haber producido, disminuyendo la cantidad de distracciones en el fondo de la información, y permitiendo al ojo humano focalizar la diferencia actual entre dos imágenes, eliminando todas las estructuras anatómicas que no varíen y resaltando los cambios en la información.⁵

Entre las principales desventajas de estos sistemas, se mencionan su alto costo y una potencial reducción en la calidad de las imágenes comparadas con las obtenidas en las radiografías.^{26,50} En cuanto al sistema digital indirecto, una limitación sería que proporcionan una representación bidimensional de la anatomía de una lesión que es tridimensional.⁵⁶

2.3 Tomografía (convencional y computarizada)

En los estudios de las películas simples, todas las estructuras del paciente se superponen en la imagen radiográfica, por lo que se idearon varias técnicas radiográficas con el propósito de demostrar las áreas individuales del cuerpo, diferenciadas de otras estructuras anatómicas circundantes.⁴³

Por muchos años se utilizaron diferentes términos para denominarlas, pero fue en 1962, que la International Commission on Radiologic Units and Measurements adoptó el término de tomografía para referirse a todos los tipos de técnicas radiográficas de secciones del cuerpo.⁴³

La *tomografía* se puede describir como una técnica radiográfica, en donde se realiza un *corte delgado* radiográfico (2 a 4 mm de grosor) de una estructura específica. La estructura puede *cortarse* a lo largo de cualquier eje deseado; si se seleccionan dos ejes en ángulo recto entre sí, podrá obtenerse una vista tridimensional. Por ejemplo, es posible ordenar cortes en el plano coronal y sagital.⁴⁶ (Gráfico 21)

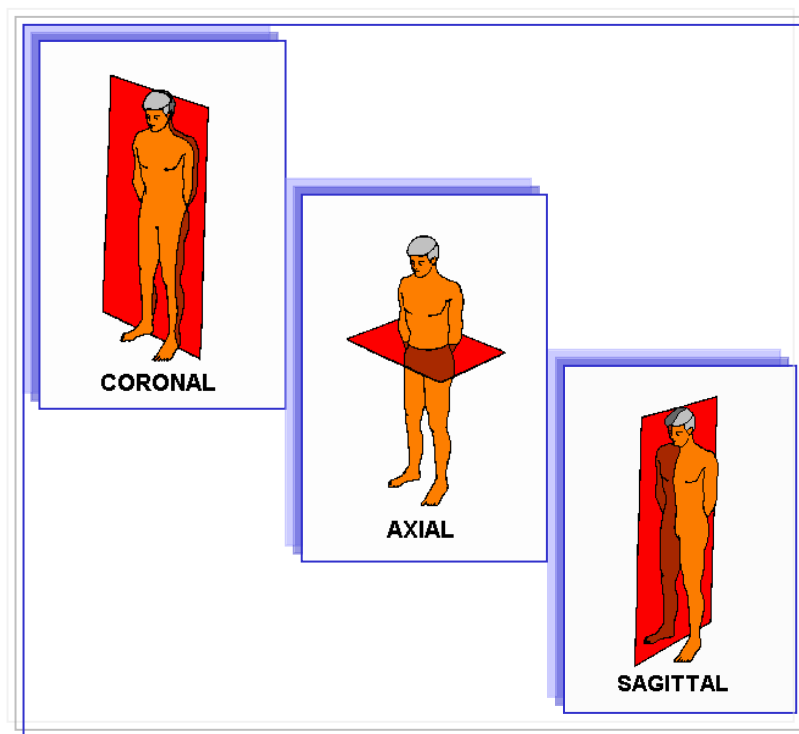


Gráfico 21. Diferentes planos ordinarios de imagen utilizados en la tomografía. Tomado de <http://www.grupomedico.com.ve>.

La *tomografía convencional* con película, es una técnica radiográfica especial en la cual se registra una sola capa o estrato del organismo sin superposición de las estructuras que se encuentran por encima o por debajo de este estrato.¹⁶

El objeto de la tomografía consiste en causar borrosidad de las imágenes de estructuras no localizadas en el punto de interés focal. Los movimientos tomográficos son de cinco tipos: lineal,

circular, espiral, elíptico e hipocicloidal. Mientras más complejo sea el movimiento, mayor borrosidad se obtendrá de estructuras vecinas y por ende la nitidez será mucho mayor.¹⁶ (Gráfico 22)

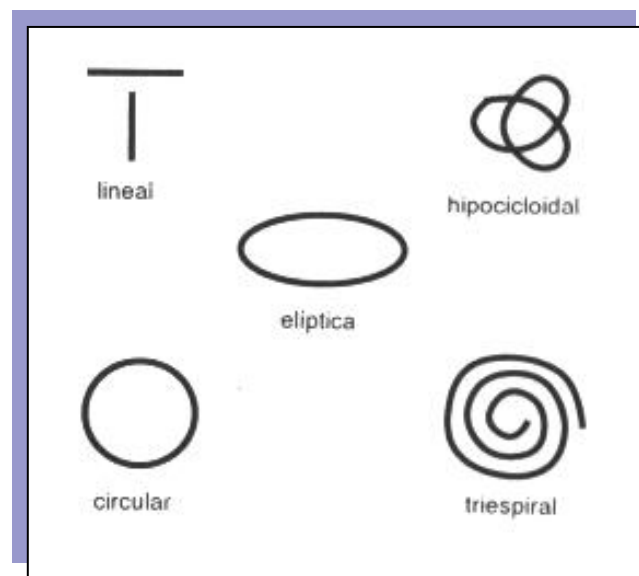


Gráfico 22. Tipos de movimiento en la tomografía pluridireccional. *Tomado de Kassebaum et al. 1993.*

La *tomografía computarizada (TC)* es una técnica radiográfica que mezcla el concepto de la tomografía convencional con la síntesis de la imagen por computadora. Las mediciones de atenuación de los rayos X se hacen en un círculo de 360°

alrededor de la parte del cuerpo por explorar. Con estas mediciones se alimenta la computadora, que construye una imagen a partir de ellas; después se muestra ésta en un monitor de video, se reformatea en otros planos en dos ó tres dimensiones, se ajusta para una visión óptima del hueso o tejido blando, se almacena en una cinta magnética que se puede transmitir a otras instalaciones médicas o imprimirse en película para verla en negatoscopios tradicionales.¹⁴

El principio matemático en que se basa la tomografía computarizada fue introducido inicialmente en el año 1917, por Radon, citado por Brooks,¹⁴ quien demostró que se podía crear la imagen de una estructura tridimensional utilizando un grupo infinito de todas sus proyecciones bidimensionales.^{14,54}

Desde que se introdujo la primera unidad de tomografía computarizada, se han producido numerosas innovaciones. Los equipos de escáner permiten acomodar el cuerpo entero y las imágenes tardan segundos en vez de minutos. Ha habido cuatro generaciones reconocidas de escáner de tomografía computarizada y dos modificaciones innovadoras que justifican la designación de una quinta generación.⁵⁴

2.3.1 Principios básicos de la técnica

Las *técnicas tomográficas convencionales* incluyeron los componentes comunes que son, el tubo de rayos X, la película de rayos X y una barra rígida de conexión que gira alrededor de un eje fijo.¹⁶ Durante la tomografía lineal (el tipo más simple), el tubo radiográfico se mueve en una dirección, mientras que la película se mueve en la dirección opuesta, el eje del sistema permanece estacionario. El nivel del punto de apoyo en el eje está representado en el paciente por el plano focal o capa de interés, donde la estructura anatómica está enfocada.^{16,43} (Gráfico 23)

Todos los puntos (al no estar en una posición fija) por arriba y por debajo de este plano están borrosos; el grosor de la capa de interés lo determinan los grados del *ángulo tomográfico*, el cual sería el ángulo a través del cual viaja la fuente de rayos X durante una exposición tomográfica.^{16,43}

Con el avance de la tecnología apareció la *tomografía computarizada (TC)*. Existen muchas configuraciones de sistema diferentes para los equipos de tomografía computarizada, pero en todas ellas aparecen los mismos componentes básicos: la

carcasa (también llamado conjunto de grúa), el ordenador y la consola de operaciones.¹⁹

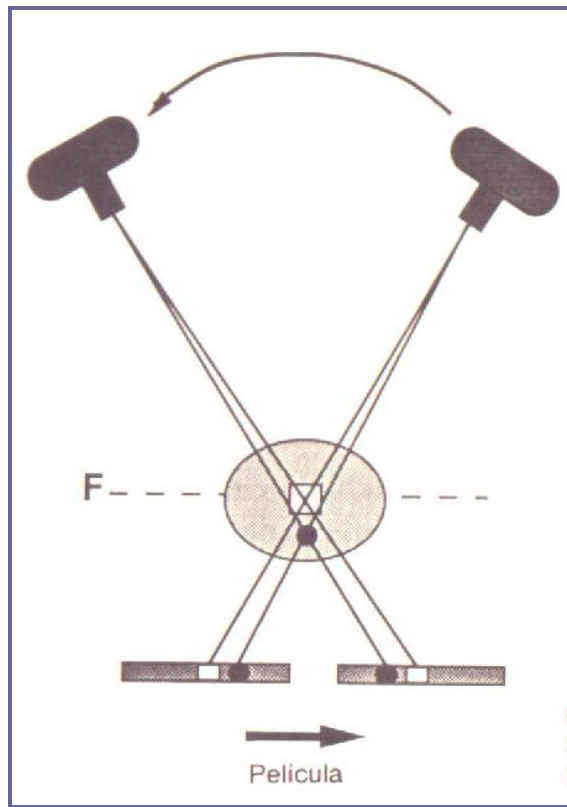


Gráfico N° 23. Movimiento tomográfico lineal, que muestra el movimiento del tubo y la película, el plano de interés a nivel del punto de apoyo en el eje (F). *Tomado de Kassebaum, 1993.*

La carcasa está constituida por la trama de detectores, la fuente ó tubo de rayos X y la camilla (donde se coloca el paciente para mantenerlo estable). El tubo radiográfico emite un

haz de rayos X con forma de abanico, finamente colimado, dirigido a una serie de detectores. Cada uno de estos detectores adquiere una información única para la imagen y envía esta información al ordenador.^{19,54}

La computadora analiza la señal que le llega de cada uno de los detectores, reconstruye la imagen y la muestra en el monitor tras la adquisición de los datos. Se requiere la utilización de ordenadores de gran velocidad y el tiempo que tarda en generar esta imagen se llama tiempo de reconstrucción, el cual para un único corte suele ser de 1s. La consola de control permite al técnico establecer los parámetros del escáner de tomografía computarizada (TC).^{19,54} (Gráfico 24)

La adquisición de la imagen de tomografía computarizada se logra en el plano axial, en sucesión y se denominan generalmente cortes. La información de múltiples cortes puede ser reformateada para producir imágenes en un plano coronal, sagital o panorámico. También pueden generarse imágenes tridimensionales a partir de estos datos.^{19,54}

Existe una modalidad de tomografía computarizada denominada *microtomografía radiográfica* es una forma

miniaturizada de la tomografía axial computarizada convencional de uso odontológico y proporciona imágenes tridimensionales de coeficiente de atenuación radiográfico. Este sistema puede por lo tanto ofrecer mejor discriminación de los tejidos mineralizados en la raíz de un diente.²²

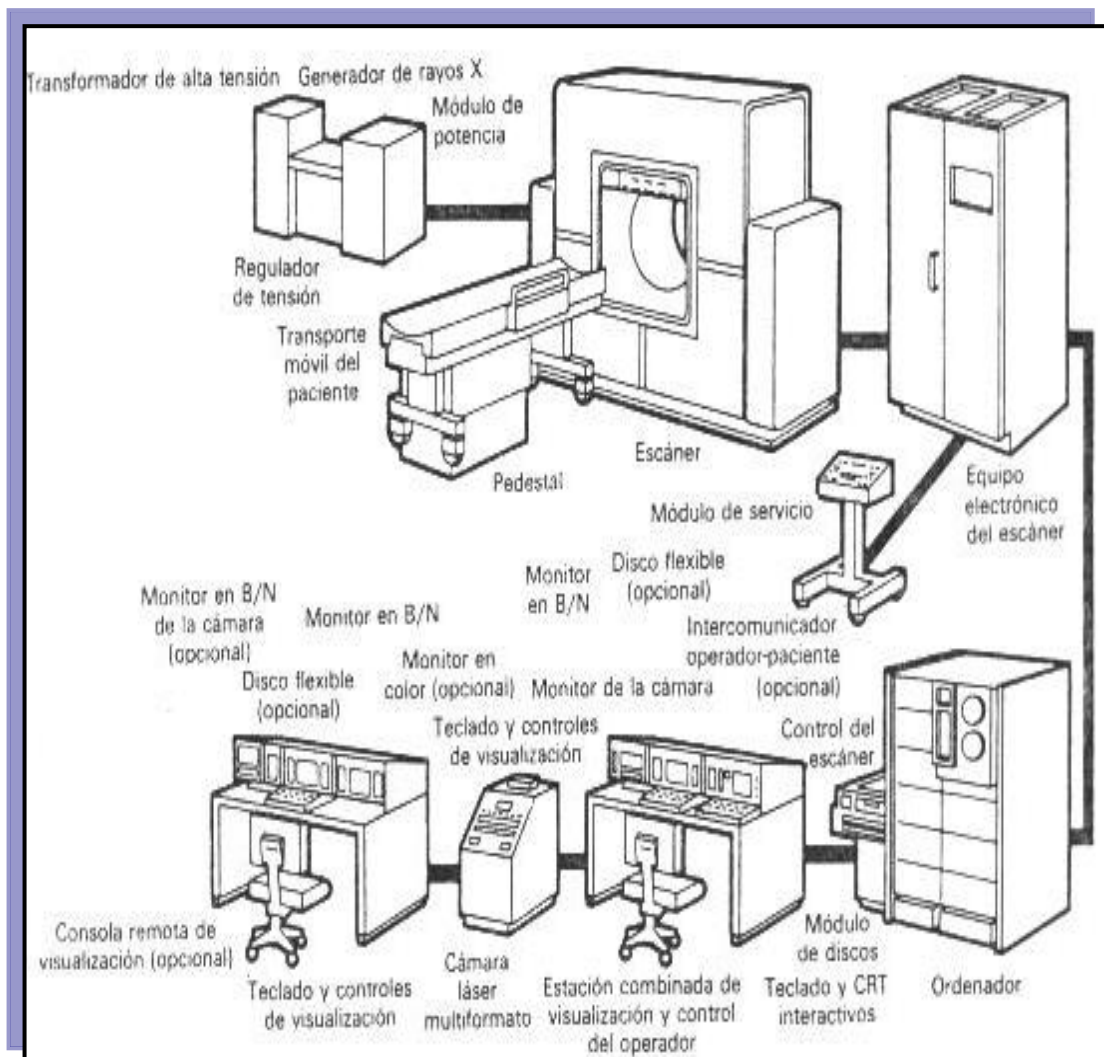


Grafico 24. Componentes de un equipo completo de tomografía computarizada. Tomado de Bushong, 1993

2.3.2 Indicaciones en endodoncia

La tomografía computarizada tiene muchas aplicaciones en odontología. Gracias a este método se puede identificar y definir procesos patológicos; mostrar lesiones traumáticas y evaluar senos paranasales, los componentes óseos de la articulación temporomandibular y las zonas claves en la planificación prequirúrgica de los implantes.^{54,67}

En endodoncia es un auxiliar valioso en la evaluación de los procesos patológicos, ya que no sólo es útil para identificar la patología, sino que permite generar una imagen tridimensional que ayude en la planificación del tratamiento. También se puede utilizar para identificar la perforación del hueso cortical o la invasión de tejidos blandos adyacentes. Adicionalmente, gracias a la tomografía convencionales se pueden localizar estructuras anatómicas antes de la cirugía perirradicular.^{54,67}

Siguiendo este orden de ideas tenemos, que las radiografías convencionales no muestran la extensión bucolingual de las lesiones de origen pulpar, por lo que en estos casos (cuidadosamente seleccionados) resulta de gran utilidad el uso de la tomografía como una técnica que sirva de auxilio en la

evaluación de tratamientos en dientes que experimentan resorción interna.³⁰

En el 2001, Friedland, Faiella y Bianchi³⁰ refieren el uso de la tomografía rotacional en los procesos odontológicos de resorciones internas. Ellos indican que ésta es una técnica radiográfica relativamente simple y bien estable, que permite determinar la extensión bucolingual de las lesiones resorptivas internas; siendo un procedimiento útil, en casos cuidadosamente seleccionados, para determinar si la terapia aplicada al conducto radicular ha sido exitosa.

2.3.3 Ventajas y desventajas

La tomografía convencional se utiliza en odontología para ver objetos que se encuentran en un plano de interés diferente al de sus estructuras anatómicas circundantes. Aunque los parámetros de técnica que generan una imagen borrosa controlada de las estructuras por arriba y por debajo del plano de interés, las estructuras anatómicas se ven sin la superposición que se nota en otros tipos de radiografías planas.⁴³

Es una técnica que tiene como limitación, la obtención de imágenes un poco magnificadas y distorsionadas, producto de

los tipos de movimientos tomográfico (lineal, circular elíptico o hipocoloidal) que se realizan para poder producir el borramiento de la capa o estrato no deseado.⁶⁷

Brooks¹⁴ refiere que en la tomografía computarizada (TC) se resuelve el problema de superposición al permitir al clínico ver series de cortes delgados, de 1,5 a 10 mm de grosor, dependiendo de la región anatómica, y por completo a través del área de interés. Cada capa deja ver sin la obstrucción de otras características anatómicas y casi siempre es posible observar en secuencia todas las capas, para evaluar la extensión total de la patología.

En este orden de ideas, la imagen de TC es más eficaz para separar diferencias ligeras en el contraste del tejido, por lo que es posible utilizarlas para diferenciar no sólo entre tejido blando y hueso, sino también entre varios tipos de tejido blando.¹⁴

Otra ventaja que ofrece esta técnica, es que el operador en la mesa de control puede ajustar el contraste y la brillantez, de manera similar a como ajusta los controles de un televisor. Además, puede hacer énfasis en el contraste de hueso (hacer la llamada *ventana ósea*) o del tejido blando (*ventana de tejido*

blando) y esto depende de la naturaleza de la patología a evaluar.¹⁴

Según Parks⁵⁴ la ventaja de la tomografía computarizada (TC) es que cada corte puede visualizarse individualmente y que se puede minimizar la superposición de estructuras; mientras que esta técnica tiene como desventaja principal sobre la tomografía convencional, la elevada dosis de radiación que recibe el paciente y su costo.

Otra desventaja de la tomografía computarizada respecto a la imagen convencional es la producción de artefactos importantes cuando hay objetos metálicos, como restauraciones dentales, dentro del plano del tejido por rastrear.^{14,67}

2.4 Resonancia magnética

En el año 1946, Purcell y Bloch, citados por Langlais *et al.*⁴⁷ descubrieron que el fenómeno de resonancia magnética nuclear (RM) se puede usar para obtener información anatómica y funcional, sin embargo, su aplicación no fue comercializada hasta los años ochenta.

La resonancia magnética (RM) es una modalidad de diagnóstico que se emplea con mucha frecuencia en clínica y que está caracterizada por no emplear radiación ionizante.¹⁸ La RM se obtiene al medir los cambios que sufren señales de radio de baja frecuencia al entrar en un campo magnético. Los resultados se utilizan para crear imágenes o perfiles químicos de los tejidos. Las imágenes de resonancia magnética constituyen un método nuevo, no explorado del todo, que sirve para revisar la patología de cabeza y cuello.⁴⁷ (Gráfico 25)



Gráfico 25. Imagen de un resonador magnético. *Tomado de [www.mri.cl/descripcion/ esp/resonador.htm](http://www.mri.cl/descripcion/esp/resonador.htm)*

2.4.1 Principios básicos de la técnica

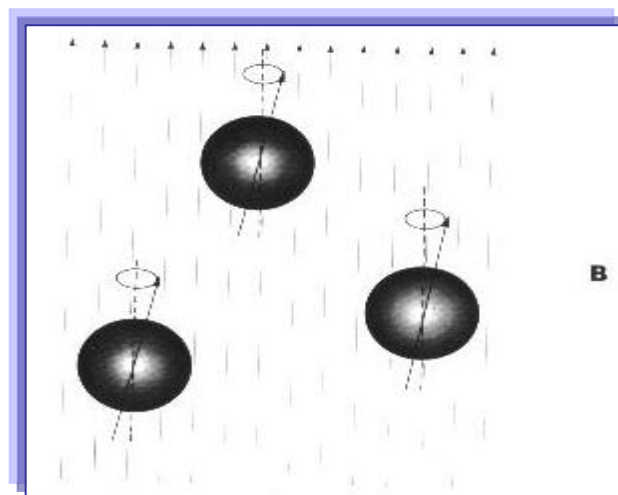
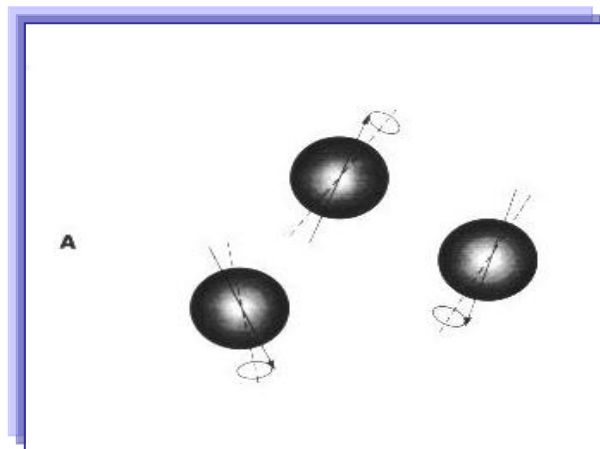
La generación de las imágenes de RM se basa en un grupo de principios físicos completamente diferentes de los que definen cualquier modalidad radiográfica, como la radiografía simple ó la tomografía computarizada.⁴⁷

El principio físico de la imagen de resonancia magnética se basa, en que ciertos átomos del organismo poseen estados de energía nuclear que pueden presentar interacción con una onda incidente de radiofrecuencia, en presencia de un campo magnético estático.⁴⁷

En los tejidos biológicos, el átomo más abundante es el hidrógeno, especialmente abundante en el agua y en los lípidos; de ahí la razón de tomar al hidrógeno para este estudio. La imagen de RM refleja la distribución de los protones móviles de los núcleos de hidrógeno en el organismo, sus propiedades magnéticas y cómo estos protones se recuperan tras la excitación con ondas de RM.⁴⁷

El proceso de obtención de la imagen por medio del uso de RM se puede dividir en unos pocos pasos sencillos. Estos pasos serían: (1) colocación del paciente dentro del resonador para

convertirse básicamente, en un imán, (2) envío una onda de radio, (3) interrupción de la onda de radio, (4) emisión de la señal por parte del paciente, (5) la señal es recibida y utilizada para la reconstrucción de la imagen.⁴⁷ (Gráfico 26)



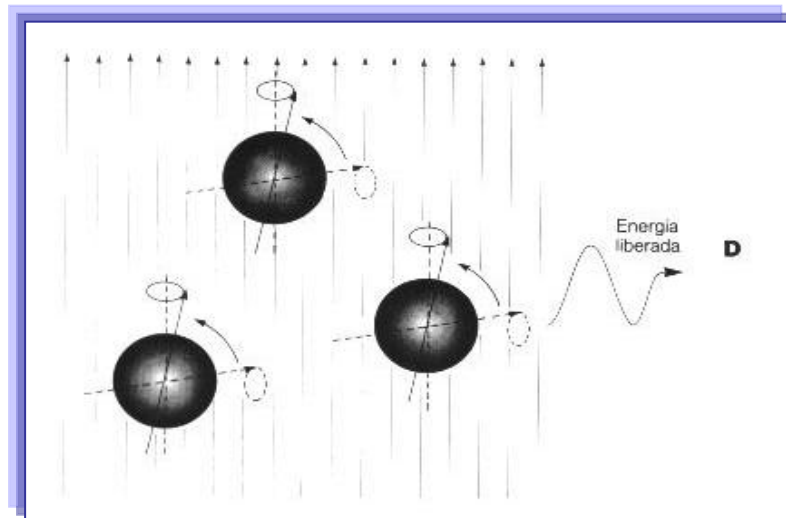
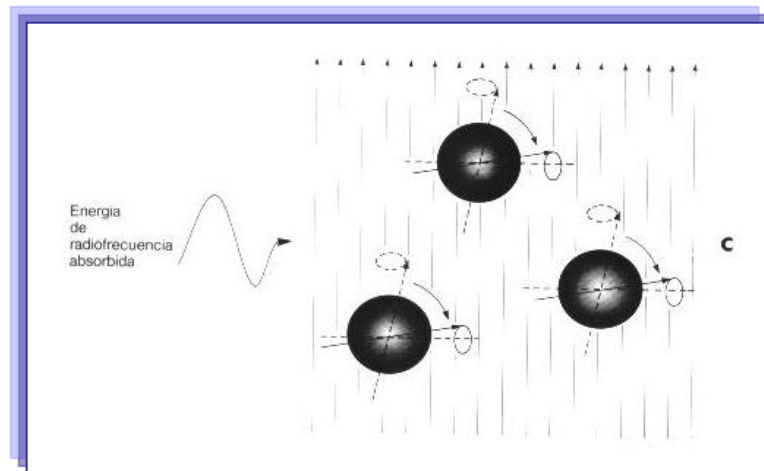


Gráfico 26. Imagen de resonancia magnética. **A**, los ejes de los núcleos rotatorios (protones) están orientados al azar normalmente. **B**, cuando el paciente es colocado normalmente en una máquina de resonancia magnética y sometido a un campo externo fuerte, los ejes de muchos protones intentan alinearse con la dirección del campo. **C**, cuando se dirige la energía electromagnética en forma de ondas de radio que oscilan a la frecuencia de Larmor, a los protones alineados en el campo magnético, esos protones absorben energía y rotan alejándose del flujo del imán de visualización. **D**, tan pronto como se desconectan las ondas de radio, parte de la energía absorbida por los protones es liberada y los protones intentan alinearse dentro del campo magnético. La energía se libera en forma de una onda de radio, la cual es recibida almacenada y procesada para obtener una imagen de resonancia magnética. *Tomado de Frederiksen, 1995*

2.4.2 Indicaciones en endodoncia

Al analizar las imágenes de RM, debemos tener en cuenta el lenguaje de esta modalidad de imagen. En las imágenes de RM de los maxilares, es posible analizar con cierta precisión la extensión, los bordes y hasta cierto punto la composición del contenido de una zona anormal. Las lesiones específicas en cabeza y cuello, y en maxilares, son los lipomas, los dermoides, los quistes con alto contenido en proteínas y algunas lesiones óseas de carácter fibrocondróseo.⁴⁷

Bushong¹⁸ refirió, que entre las indicaciones más importantes de la resonancia magnética en odontología estarían la ubicación de trastornos de la articulación temporo-mandibular, lesiones de lengua y piso de boca.

También ha servido para el estudio de senos paranasales, debido a la ventaja de ofrecer una mejor resolución de bajo contraste, permitiendo así la vista en múltiples planos y no utiliza radiaciones ionizantes; pero por el contrario requería de tiempos relativamente largos para realizar el estudio, teniendo un alto costo, por lo que debe ajustarse a casos debidamente justificados.¹⁸

2.4.3 Ventajas y desventajas

Según Langlais *et al.*⁴⁷ una de las principales ventajas de la resonancia magnética es que no se utiliza radiación para obtener imágenes y, hasta el momento, no se ha observado complicaciones de daño biológico, por lo que no se considera peligrosa para el feto y se recomienda con prudencia durante el embarazo.

Esta técnica imagenológica proporciona mejores imágenes del tejido blando que la tomografía computarizada y no requiere de radiación ionizante.⁴⁶ Sin embargo, la principal desventaja de la resonancia magnética radica en que por ser el hidrógeno el átomo que se utiliza para la obtención de las imágenes y al ser los tejidos duros del organismo pobres en dicho átomo, las imágenes obtenidas corresponden a los tejidos blandos prácticamente, ya que éstos son ricos en dicho elemento.⁴⁷

Además, la resonancia magnética tiene la desventaja de estar contraindicada en los pacientes con marcapasos cardíacos y bombas de infusión. También está prohibida en pacientes que sufran de claustrofobia⁴⁷

3. IMAGENOLOGÍA EN EL DIAGNÓSTICO ENDODÓNTICO

Durante mucho tiempo la sintomatología clínica ha predominado como factor de diagnóstico en las afecciones pulpaes. Bien sabemos que esta no es la manera de lograr diagnósticos exactos, ya que no podemos apartar los conceptos puramente clínicos y tenemos que reforzarlos con el conocimiento histopatológico.⁴⁸

En la patología pulpar no se puede recurrir al estudio de la biopsia para el diagnóstico clínico, como se hace en otras partes del organismo, porque la pulpa no se presta para este estudio. La observación directa y el examen microscópico del material biopsiado no es posible (debido a que se requiere de la extracción y preparación histológica del diente para poder cumplir con este requisito), llegando a ser una potestad casi exclusiva de la misma patología pulpar.^{6,48}

La clínica debe basarse en la sintomatología objetiva y subjetiva para cumplir su cometido. Esto no quiere decir que no se puede hacer un estudio correlativo entre la sintomatología clínica y la anatomía patológica. La pulpitis es una sola, todas las clasificaciones son derivadas de los estudios de la inflamación pulpar que como un proceso escalonado y continuo

pasa por las fases agudas, crónicas, degenerativas o de necrosis.⁴⁸

Como en cualquier procedimiento clínico, es importante que el operador tenga un concepto claro del objetivo y los criterios para evaluar la calidad del rendimiento. Solo se deben hacer radiografías cuando exista necesidad clara de la información que puedan proporcionar.⁶¹ Sin embargo, en endodoncia su uso es prácticamente obligatorio.³³ Por tanto, la decisión para la indicación de diferentes técnicas imagenológicas estará basado en el juicio del profesional.^{23,69} Así pues, la frecuencia de los exámenes variará con las circunstancias individuales de cada paciente.⁶¹

La primera consideración que debemos tener presente en el momento en que el odontólogo decide tomar una radiografía, es la selección de los exámenes radiográficos que se deben basar en obtener los mayores rendimientos diagnósticos y al mismo tiempo que las dosis de radiación aplicadas al paciente sean lo más bajas posibles.⁴⁶

Este planteamiento se aplica cuando el odontólogo decide tomar una radiografía en un paciente nuevo; quizá la radiografía

inicial debe ser una panorámica, ya que aumenta la información de ambas arcadas con una mínima dosis para el paciente.⁴⁷

Para poder lograr los objetivos planteados en el momento de diagnosticar lesiones de origen pulpar, es necesario estar capacitado en la interpretación radiográfica para reconocer las desviaciones de lo normal y establecer las limitaciones asociadas con las radiografías con fines diagnósticos en endodoncia.²⁶ La valoración de la radiografía está basada únicamente en los distintos grados de radiolucidez y radiopacidad de un conjunto de sombras.³ El objetivo básico de la interpretación radiográfica es identificar la presencia o ausencia de enfermedad.⁴⁶

Como segunda consideración debemos tener presente que las radiografías dentales deben mostrar una calidad visual y diagnóstica óptima, es decir, tener un contraste y densidad adecuados, presentando contornos nítidos, bien definidos y con una magnificación y distorsión mínimas, para evitar las imágenes alargadas o acortadas. No deben tener ni manchas, ni estar rayadas, ni poseer impresiones digitales.³

También es importante prestar atención en el momento de la interpretación, a los *artificios* que puedan aparecer y que nos enmascaren nuestro diagnóstico. Un artefacto es cualquier tipo de mancha que aparece en la radiografía y no ha sido provocada por la interposición entre la película y el haz primario del objeto a explorar.²⁰

Otra consideración es aquella que nos recuerda que es necesario atender un orden de las estructuras a interpretar y realizarlo bajo un medio ambiente adecuado.^{3,46} Para interpretar adecuadamente las radiografías se debe seguir un orden determinado. En primer lugar, es adecuado observar la corona para posteriormente ir descendiendo hacia las raíces, fijarse en los conductos y en el hueso.⁹

En la corona se puede observar el grado de destrucción por caries, tamaño de restauraciones, protecciones pulpares, pulpotomías y anomalías. La imagen de un conducto radicular se puede interrumpir si se bifurca o se trifurca. Habrá que tener en cuenta también el número y forma de las raíces y conductos supernumerarios.⁹

La necrosis pulpar puede progresar a periodontitis y traducirse en el periápice mediante una imagen de lisis ósea. También las toxinas de un conducto lateral a cualquier nivel radicular pueden dar lugar a una imagen sospechosa. Sin embargo, debemos tener presente que la interpretación radiográfica puede conducir a errores de manera que no se pueda formular un diagnóstico definitivo sin las pruebas térmicas y/o eléctricas cuando se observa una radiolucidez apical.⁹

La apariencia radiográfica del hueso en la película radiográfica es un factor esencial en el diagnóstico de los cambios periapicales. Ser capaces de observar las diferencias entre las áreas intactas y las patológicas, solo será posible cuando tengamos películas bien expuestas y procesadas.¹⁵

Sin embargo, para esto, el profesional deberá contar con un medio ambiente adecuado y en el momento de la interpretación radiográfica, deberá estar provisto de un negatoscopio de tamaño necesario, con iluminación brillante, uniforme y de intensidad variable para poder observar las radiografías más oscuras. De igual forma, contará con buenos lentes de aumento

que le permitan un estudio detallado y ordenado de las regiones más importantes de la película.^{3,23}

También, es importante tener presente que el profesional debe reconocer adecuadamente los límites y accidentes de las estructuras anatómicas normales y los factores que pueden provocar distorsión de las imágenes, para poder así, interpretar las desviaciones hacia lo anormal y patológico, pasando por los diagnósticos diferenciales. Aunque la normalidad es un rango que tiene un carácter relativo.^{3,61}

Si combinamos todas estas ideas podemos decir, que la interpretación de una imagen radiográfica es una actividad cognoscitiva de alto nivel basada en la observación, el conocimiento y la experiencia.³ Por último, no debemos olvidar que la densidad y el contraste óptimos son esenciales para la interpretación, sin restarle importancia al efecto adverso que puede producir un revelado defectuoso.⁶¹

Las cuestiones finales a responder son, si las radiografías muestran al observador las estructuras de interés y, en caso contrario, que otras deben hacerse. Puesto que las radiografías

son representaciones bidimensionales de objetos tridimensionales, se requiere más de una exposición para una interpretación óptima.²³

Es por esta razón, que en pacientes con lesiones patológicas complejas, debemos pensar en remitirlos para técnicas imagenológicas más avanzadas como la tomografía computarizada o la resonancia magnética, claro está, después de analizar el caso y determinar si en verdad es necesario este tipo de examen.²³

Por último, es importante reconocer que la implementación del análisis imagenológico digital en odontología ha permitido mejorar la agudeza de la interpretación diagnóstica, debido a que posibilita realzar rasgos específicos de interés para ser transportados fuera usando métodos objetivos.⁴⁹

III. DISCUSIÓN

Diversos estudios científicos se han realizado con la finalidad de evaluar las diferentes técnicas imagenológicas en odontología. Al comparar el método de la bisectriz con el método del paralelismo en las radiografías convencionales periapicales se demostró que la técnica del paralelismo sigue siendo la más utilizada en endodoncia por ser una técnica más exacta y que conduce a la menor cantidad de errores.^{27,59,61,65}

Cuando se comparó la eficiencia de estas técnicas en la reproducción radiográfica de las lesiones periapicales, se obtuvo que la técnica de paralelismo provee la información más real en cuanto a la extensión de los procesos patológicos.²⁷ De igual manera, representa una técnica efectiva para evaluar la relación corona raíz, por lo que las investigaciones demuestran que es el método de elección para evaluar la resorción radicular.¹⁰

Existe controversia entre algunos autores sobre resultados obtenidos en cuanto a la estandarización entre el método de la bisectriz y el del paralelismo para la evaluación de radiolucencias periapicales, ya que investigadores como Forsberg y Halse²⁸ consideran que ambas técnicas pueden dar

resultados similares en el diagnóstico de radiolucencias periapicales si son estandarizadas.

Ante la necesidad de hacer la toma de radiografía más efectiva y exacta en endodoncia, se debe controlar variables como las angulaciones vertical y horizontal, ya que una alteración de la angulación puede crear perspectivas falsas acerca del proceso de remisión de las lesiones periapicales, creándose falsos negativos o falsos positivos al aumentar o disminuir la lesión producto de este cambio de angulación.^{7,25,27}

Pero dependiendo de la necesidad del caso, existen autores como Klein *et al.*⁴⁵ que recomiendan realizar alteraciones en la angulación horizontal con fines diagnósticos. Con la misma finalidad, Khabbaz y Serefoglou⁴⁴ proponen el uso de la regla del objeto bucal como un método de diagnóstico en endodoncia.

Con la aplicación de diferentes técnicas de localización, como corresponde a la regla del objeto bucal y la regla del objeto triangular o de Bramante, se puede distinguir entre las estructuras normales y las radioluscencias asociadas con la patosis de los dientes, identificar conductos y ubicar hacia donde va la curvatura apical de las raíces.^{11,24,25} Esto lo confirmaron

Blánquez y Miñana¹¹ quienes explicaron que si los conductos se movían con o en la misma dirección que el tubo de rayos X, entonces se encontraban en posición lingual, pero si se movían en dirección opuesta al cono, entonces estaban en posición vestibular.

Dependiendo de la situación estudiada, en muchas ocasiones resulta de gran ayuda indicar el empleo de otras técnicas imagenológicas en apoyo a las radiografías periapicales, como es el caso de las radiografías oclusales, las radiografías coronales o de aleta mordible y las radiografías panorámicas según las necesidades del caso.^{31,38,39}

En la actualidad, con el desarrollo de los sistemas imagenológicos digitales se ha logrado un avance en el ámbito odontológico al otorgar beneficios como disminución de la dosis de radiación y realce de la imagen, representando una buena alternativa para el diagnóstico en endodoncia.⁶²

Sin embargo, Barbat y Messer² no encontraron diferencias significativas entre las radiografías convencionales y las digitales para el diagnóstico de lesiones periapicales y en apoyo a estos resultados Yokota *et al.*⁷⁰ concluyeron que en estadios tempranos

de la lesión periapical son más exactas las radiografías convencionales.

En consiguiente, la imagen digital de alta resolución de los aparatos digitales y los monitores de video, no debe sustituir a las radiografías convencionales puesto que esta no sería necesaria si la imagen es utilizada solamente con fines diagnósticos.⁵²

Existen otras técnicas imagenológicas avanzadas como la tomografía, en las cuales, pese a su costo, se logran imágenes de altísima calidad diagnóstica, con la ventaja de proveer cortes milimétricos de extensión bucolingual. Si bien estas radiografías no van a sustituir a las periapicales, sirven como una alternativa en casos de resorciones internas que estén debidamente justificados.³⁰

De manera contraria, la resonancia magnética pese a ser una técnica no invasiva, al utilizar al hidrógeno como elemento para producir las imágenes, presenta excelente resolución de contraste en tejidos blandos, no siendo así con respecto a los tejidos duros del organismo, por lo cual su utilidad en endodoncia se ve muy limitada.^{46,47}

En endodoncia, las diferentes modalidades imagenológicas juegan un papel importante en el diagnóstico de lesiones de origen pulpar, debido a que sirven de apoyo imprescindible para el clínico, no obstante, se requieren mayores estudios para poder mejorar las limitaciones de cada una de las técnicas imagenológicas y de este modo llegar al método ideal.

IV. CONCLUSIONES

1. El éxito para el diagnóstico en endodoncia lo constituye el resultado armónico entre el estudio clínico y radiológico de cada caso en particular
2. Es necesario conocer en profundidad todas las técnicas radiográficas que podemos utilizar de acuerdo a la necesidad diagnóstica de cada paciente
3. La calidad de la imagen radiográfica necesaria en endodoncia depende de múltiples factores y debemos tener presente que no existe una técnica radiográfica que proporcione imágenes intrabucales libres de errores.
4. El desarrollo de los sistemas imagenológicos digitales, constituyen un avance en el ámbito odontológico, ya que estos sistemas otorgan beneficios tanto para el paciente como para el operador, gracias a la disminución de la dosis de radiación y el realce de la imagen, representando una buena alternativa para el diagnóstico en endodoncia.

5. Existen técnicas imagenológicas avanzadas como la tomografía, en las cuales, pese a ser muy costosas, se pueden obtener imágenes de altísima calidad diagnóstica. Sin embargo, su indicación en endodoncia debe ser muy precisa y estar justificada de acuerdo al caso en particular, debido a las altas dosis de radiación a que debe ser sometido el paciente.

6. Aunque hasta los momentos las radiografías convencionales, siguen siendo el método imagenológico más comúnmente utilizado en endodoncia, debemos estar al tanto de la evolución, desarrollo y especificaciones de cada uno de los diferentes sistemas para la obtención de imágenes, ya que estos serán una alternativa cuando el caso lo requiera.

7. A pesar de que contamos con múltiples métodos imagenológicos para el diagnóstico de lesiones de origen pulpar, la interpretación las imágenes sigue estando cuestionada, debido a que depende de la discriminación del ojo humano y de la subjetividad y experiencia para el observador; así como también de la ejecución técnica perfecta para obtener y procesar las imágenes.

V. REFERENCIAS

01. Acevedo A. Imagen radiográfica intraoral digital directa en endodoncia. Trabajo especial de grado. Caracas: Universidad Central de Venezuela, 1997.
02. Barbat J, Messer H. Detectability of artificial periapical lesions using direct digital and conventional radiography. *Journal of Endodontics*. 1998; 24(12): 837-842.
03. Basrani E, Blank A, Cañete M. Principios generales de la radiología en endodoncia. En: Basrani E, Blank A, Cañete M, editores. *Radiología en Endodoncia*. Argentina, 2003: 03-14.
04. Basrani E, Blank A, Cañete M. Equipamiento Necesario. En: Basrani E, Blank A, Cañete M, editores. *Radiología en Endodoncia*. Argentina, 2003: 17-28.
05. Basrani E, Mah E, Pascon E. Radiología digital por sustracción. En: Basrani E, Blank A, Cañete M, editores. *Radiología en Endodoncia*. Editorial Amolca. Argentina, 2003: 275-281.
06. Baume L. Diagnosis of diseases of the pulp. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*. 1970; 29(1): 102-116.
07. Bender I. Factors influencing the radiographic appearance of bony lesions. *Journal of Endodontics*. 1997; 23(1): 05-14.
08. Benz C, Mouyen F. Evaluation of the new radiovisiography system image quality. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*. 1991; 72(5): 627-631.
09. Berástegui E. Radiología en Endodoncia. En: Canalda C, Brau E, editores. *Endodoncia. Técnicas Clínicas y Bases Científicas*. Barcelona, 2001: 93-99.
10. Biggerstaff R, Phillips J. A quantitative comparison of paralleling long-cone and bisection-of-angle periapical radiography. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*. 1976; 41(5): 673-677.

11. Blázquez M, Miñana L. Técnicas Radiográficas en el Diagnóstico y Tratamiento Endodóntico. Endodoncia. 1999; 17(3): 124-130.
12. Brent S, McDavid W. Imagenología Digital Panorámica y Extrabucal. Clínicas Odontológicas de Norte América. 1993; 4: 553-563.
13. Brocklebank L. Dental Radiology: Capture your Image. Dental Update. 1998; 25: 94-102.
14. Brooks S. Tomografía Computarizada. Clínicas Odontológicas de Norte América. 1993; 4: 587-602.
15. Brynolf I, Sweden M. Improved viewing facilities for better roentgenodiagnosis. Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology. 1971; 32(5): 808-811.
16. Bushong S. Procedimientos de Selección del Plano de Película. En Bushong S, editores. Manual de Radiología para Técnicos (física, biología y protección radiológica). España, 1993: 323-333.
17. Bushong S. Imagen Digital. En Bushong S, editores. Manual de Radiología para Técnicos (física, biología y protección radiológica). España, 1993.
18. Bushong S. Principios físicos de la imagen de resonancia magnética. En Bushong S, editores. Manual de Radiología para Técnicos (física, biología y protección radiológica). España, 1993: 447-462.
19. Bushong S. Tomografía Computadorizada. En Bushong S, editores. Manual de Radiología para Técnicos (física, biología y protección radiológica). España, 1993: 404-425.
20. Bushong S. Control de calidad. En Bushong S, editores. Manual de Radiología para Técnicos (física, biología y protección radiológica). España, 1993: 426-444.
21. Cavalcanti M, Ruprecht A, Johnson W, Southard T, Jakobsen J. Radiologic Interpretation of bone striae. Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathol. 1999; 88(3): 353-357.

22. Dowker S, Davis G, Elliott J. Microtomografía Radiográfica. Imagen tridimensional no destructiva para estudios endodónticos in vitro. *Journal of Endodontics Practice*. 1998; 4: 59-66.
23. Farman A, Nortjé C, Wood R. Principios de la interpretación de las imágenes radiográficas. En: Goaz P, White S, editores *Radiología Oral. Principios e Interpretación*. España, 1995: 295-309.
24. Fava L, Dummer P. Periapical Radiographic Techniques During Endodontic Diagnosis and Treatment. *International Endodontic Journal*. 1997; 30: 250-261.
25. Fava L, Giorgi M. La Importancia de la Angulación Vertical en Endodoncia. *Endodoncia*. 2001; 19(2): 138-145.
26. Ferreyra S. Radiología Digital – Estado actual de la radiovisiografía. En Basrani E, Blank A, Cañete M, editores. *Radiología en endodoncia*. Capítulo 19. Argentina, 2003: 261-264.
27. Forsberg J, Halse A. Radiographic simulation of a periapical lesion comparing the paralleling and the bisecting-angle techniques. *International Endodontic Journal*. 1994; 27: 133-138.
28. Forsberg J, Halse A. Periapical radiolucencies as evaluated by bisecting-angle and paralleling radiographic techniques. *International Endodontic Journal*. 1997; 30: 115-123.
29. Frederiksen N. Técnicas radiográficas especializadas. En: Goaz P, White S, editores *Radiología Oral. Principios e Interpretación*. España, 1995: 269-293.
30. Friedland B, Faiella R, Bianchi J. Use of rotational tomography for assessing internal resorption. *Journal of Endodontics*. 2001; 27(12): 797-799.
31. Gibilisco J, Grevenhof D. Técnicas Radiográficas. En: Gibilisco J, editores. *Stafne. Diagnóstico Radiológico en Odontología*. Capítulo 24. España, 1992: 417-468.

32. Goerig A, Neaverth E. A simplified look at the buccal object rule in endodontics. *Journal of Endodontics*. 1989; 13(12): 570-572.
33. Grossman L. *Práctica endodóntica*. Argentina: Buenos Aires, 1973.
34. Haring J, Lind L. Historia de la radiación. En: *Radiología Dental. Principios y Técnicas*. México, 1997: 03-09.
35. Haring J, Lind L. Características de la imagen dental de rayos X. En: *Radiología Dental. Principios y Técnicas*. México, 1997: 112-125.
36. Haring J, Lind L. Técnica de paralelismo. En: *Radiología Dental. Principios y Técnicas*. México, 1997: 226-264.
37. Haring J, Lind L. Técnica de bisectriz. En: *Radiología Dental. Principios y Técnicas*. México, 1997: 265-300.
38. Haring J, Lind L. Técnica de aleta mordible. En: *Radiología Dental. Principios y Técnicas*. México, 1997: 301-321.
39. Haring J, Lind L. Técnicas oclusal y de Localización. En: *Radiología Dental. Principios y Técnicas*. México, 1997: 340-358.
40. Haring J, Lind L. Radiografía panorámica. En: *Radiología Dental. Principios y Técnicas*. México, 1997: 358-379.
41. Haring J, Lind L. Interpretación de traumatismo, lesiones pulpares y periapicales. En: *Radiología Dental. Principios y Técnicas*. México, 1997: 503-515.
42. Hubar J, Cresson R. Análisis utilitario de las radiografías panorámicas y del periapical completo en los diagnósticos preliminares y en aquellas que puedan pasar inadvertidas. *Journal de Clínica en Odontología*. 1997; 13(4): 59-63.
43. Kassebaum D, McDowell J. Tomografía. *Clínicas Odontológicas de Norte América*. 1993; 4: 579-586.
44. Khabbaz M, Serefoglou M. The application of the buccal object rule for the determination of calcified root canals. *International Endodontic Journal*. 1996; 29: 284-287.

45. Klein R, Blake S, Nattress B, Hirschmann P. Evaluation of X-ray beam angulation for successful twin canal identification in mandibular incisors. *International Endodontic Journal*. 1997; 30: 58-63.
46. Langlais R, Rodríguez I, Maselle I. Principios de la selección e interpretación radiográfica. *Clínicas Odontológicas de Norte América*. 1994; 1: 1-11.
47. Langlais R, Van Rensburg L, Guidry J, Moore W, Miles D, Nortjé Ch. Resonancia Magnética en Odontología. *Clínicas Odontológicas de Norte América*. 2000; 2: 403-427.
48. Merida H. Las Clasificaciones Pulpares. *Odontología al Día*. 1986; 14-22.
49. Mol A, Van Der Stelt, P. Digital image analysis for the diagnosis of periapical bone lesions: a preliminary study. *International Endodontic Journal*. 1997; 22: 299-302.
50. Mouyen F, Benz C, Sonabend E, Lodter P. Presentation and physical evaluation of radiovisiography. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*. 1989; 68(2): 238-242.
51. Nicopoulou K, Brägger U, Bürgin W, Nielsen P, Lang N. Diagnosis of alveolar bone changes with digital subtraction images and conventional radiographs. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*. 1991; 72(2): 251-256.
52. Ohki M, Okano T, Nakamura T. Factors determining the diagnostic accuracy of digitized conventional intraoral radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*. 1994; 23: 77-82.
53. Ørstavik D. Radiographic evaluation of apical periodontitis and endodontic treatment results: a computer approach. *International Dental Journal*. 1991; 41: 89-98.
54. Parks E. Aplicaciones de la Tomografía Computarizada en Odontología. *Clínicas Odontológicas de Norte América*. 2000; 2: 447-463.

55. Pfeiffer P, Schmager P, Nergiz I, Platzer U. Efectos de valores diferentes de exposición sobre la precisión diagnóstica de las imágenes digitales. Quintessence 2001; 14(3): 187-191.
56. Reddy M, Jeffcoat M. Digital subtraction radiography. Dental Clinics of North America. 1993; 37(4): 533-565.
57. Santin G. Utilidad de la radiología diagnóstica en medicina. En: Vademecum Radiológico. México, 2001: 03-05.
58. Santin G. Radiología Digital. En: Vademecum Radiológico. México, 2001: 59-64.
59. Saunders E, Saunders W. Preparación del sistema del conducto radicular. En: Pitt T, editores. Harty Endodoncia en la práctica clínica. México, 1999: 81-102.
60. Segura J, Jiménez A. La Radiografía de Trazado en el Diagnóstico de las Fístulas Dentarias. Presentación de un Caso Clínico. Endodoncia. 2000; 18(2): 63-72.
61. Shawkat A. Exámenes radiográficos intraorales. En: Goaz P, White S, editores Radiología Oral. Principios e Interpretación. España, 1995: 153-220.
62. Shearer A, Horner K, Wilson N. Radiovisiography for imaging root canals: an in vitro comparison with conventional radiography. Quintessence Int. 1990; 21(10): 789-794.
63. Silha R. Technical Errors with the Paralleling Technic. Dental Radiography and Photography. 1968; 41(3): 51-70.
64. Torabinejad M, Danforth R, Andrews K, Chan C. Absorbed radiation by various tissues during simulated endodontic radiography. Journal of Endodontics. 1989; 15(6): 249-253.
65. Updegrave W. Higher fidelity in intraoral roentgenography. The Journal of the American Dental Association. 1961; 62: 01-08.
66. Van Der Stelt P. Principles of Digital Imaging. Dental Clinics of North America. 2000; 44(2): 237-248.

67. Velvart P, Hecker H, Tillinger G. Detection of the apical lesion and the mandibular canal in conventional radiography and computed tomography. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*. 2001; 92(6): 682-688.
68. Wenzel A, Fejerskov O, Kidd O, Joyston-Bechal S, Groeneveld A. Depth of occlusal caries assessed clinically, by conventional film radiographs, and by digitized, processed radiographs. *Caries Reserch*. 1990; 24: 327-333.
69. White S, Heslop E, Hollender L, Mosier K, Ruprecht A, Shrout M. Parameters of radiologic care: an official report of the American Academy of oral and maxillofacial radiology. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*. 2001; 91 (5): 498-511.
70. Yokota E, Miles D, Newton C, Brown C. Interpretation of periapical lesions using radiovisiography. *Journal of Endodontics*. 1994; 20(10): 490-494.