



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

TOMOGRFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO 3D
EN ENDODONCIA.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

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

P R E S E N T A:

GISELLE AGUILAR VALENCIA

TUTOR: Dr. RAÚL LUIS GARCÍA ARANDA

ASESOR: Esp. JUAN MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

MÉXICO, Cd. Mx.

2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



AGRADECIMIENTOS:

A mis padres Aurelio Aguilar y Sandra Valencia, no encuentro palabras para agradecerles todo lo que hacen por mí, gracias por el apoyo, esfuerzo, confianza, consejos y cariño que me brindan y brindaron a lo largo de esta etapa. Siempre serán mi ejemplo y mi orgullo, este éxito es gracias a ustedes y para ustedes, los amo.

A mis hermanos Eduardo y Ricardo gracias por cada risa, por cada pelea y sobre todo por ser mis compañeros de vida.

A mi familia por la motivación, confianza y consejos brindados.

A mis amigas gracias por ser excelentes personas, por todos esos momentos de risas, por estar cuando más las necesito. Las adoro y gracias por ser mi segunda familia.

A mi tutor el Dr. Raúl Luis García Aranda y a mi asesor el Esp. Juan Martínez Hernández por su tiempo, paciencia y apoyo brindado durante la elaboración de este trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por el conocimiento brindado y por regalarme la mejor etapa de mi vida.

“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
OBJETIVOS.....	6
1. HISTORIA.....	7
1.1 RADIOGRAFÍAS.....	9
1.1.1 RADIOGRAFÍAS DENTOALVEOLARES.....	9
1.1.2 ORTOPANTOMOGRFÍA.....	13
1.2 RADIOGRAFÍA DIGITAL.....	14
1.3 TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA.....	18
2. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO (TCHC).....	20
2.1 PRODUCCIÓN DE IMAGEN.....	21
2.2 DOSIS DE RADIACIÓN.....	23
2.3 VENTAJAS.....	24
2.4 LIMITACIONES.....	24
3. USO DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO EN ODONTOLOGÍA.....	25
4. USO DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO EN ENDODONCIA.....	30
4.1 MORFOLOGÍA DEL CANAL RADICULAR.....	30
4.2 PATOLOGÍA PERIAPICAL.....	33
4.3 FRACTURAS RADICULARES.....	35
4.3.1 FRACTURAS RADICULARES VERTICALES.....	35
4.3.2 FRACTURAS RADICULARES HORIZONTALES.....	37
4.4 REABSORCIÓN RADICULAR.....	39
4.4.1 REABSORCIÓN RADICULAR EXTERNA.....	39
4.4.2 REABSORCIÓN RADICULAR INTERNA.....	41
4.5 CIRUGÍA PERIAPICAL.....	43
5. CONCLUSIÓN.....	44
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46



INTRODUCCIÓN

Desde el descubrimiento de la radiología por Wilhelm Conrad Roentgen y gracias a los avances y a diversos investigadores ha ido progresando, jugando un papel importante en nuestra época, por lo que la imagenología ahora es un importante complemento en el diagnóstico dental y de gran ayuda en el área de endodoncia, debemos buscar en cada una de estas imágenes nitidez y un buen contraste para poder obtener información de estructuras normales, el nivel de hueso alveolar, anatomía radicular, resorciones radiculares (internas y externas), fracturas de instrumentos o de raíces, lesiones pulpares y periapicales.

Se debe de tomar en cuenta que las imágenes radiográficas, nos muestran dos dimensiones de un objeto tridimensional, por consiguiente, siempre existirá la superposición de estructuras anatómicas y distorsión que puede afectar la interpretación de cada una de ellas.

Afortunadamente y gracias a la tecnología se han desarrollado diversos aparatos que nos ayudan a obtener imágenes radiográficas tridimensionales, por ejemplo, la Tomografía Computarizada, por su alto costo y la dosis de radiación elevada no se tomado en cuenta en odontología como primera opción. Por lo cual, se tuvo que buscar un método más eficaz y se comenzó con la utilización de la Tomografía Computarizada de Haz Cónico (TCHC).

La Tomografía Computarizada de Haz Cónico (TCHC) nos proporciona imágenes 3D en diferentes planos, la obtención de la imagen y reconstrucción es más fácil, por lo cual nos ofrece mejores alternativas y mayor eficacia. En odontología nos brinda múltiples beneficios, el principal, mejorar el diagnóstico y así tener mayor éxito en cada tratamiento que se nos presente.

La Tomografía Computarizada de Haz Cónico (TCHC) es útil en cada una de las especialidades odontológicas y en especial endodoncia, ya que nos



permite eliminar la superposición y complejidad de la interpretación de las imágenes de dos dimensiones y por ende a tener mayor precisión al llevar a cabo algún tratamiento. Nos podemos apoyar en ella para análisis de la morfología radicular, patología pulpar y periapical, fracturas radiculares, planeación de cirugía periapical, resorción interna y externa; por lo que es un gran elemento de diagnóstico.



OBJETIVOS

- Describir diversas técnicas radiográficas convencionales y poder conocer ventajas y desventajas
- Analizar el uso de la Tomografía Computarizada de Haz Cónico (TCHC) en odontología, los beneficios que tenemos con ella y conocer en que áreas podemos utilizarla.
- Determinar la importancia de un buen diagnóstico y plan de tratamiento en endodoncia con ayuda de la Tomografía Computarizada de Haz Cónico.



1. HISTORIA

Los rayos X fueron descubiertos por Wilhelm Conrad Roentgen, el 8 de noviembre de 1895, cuando al realizar experimentos con un tubo al vacío, corriente eléctrica y pantallas especiales recubiertas por un material de brillo intenso (fluorescencia), noto que algo del tubo pegaba a las pantallas causando un resplandor y una sombra oscura al centro de esta. Roentgen concluyo que la fluorescencia era el resultado de un rayo “desconocido” de gran alcance. En las semanas siguientes continuó experimentando, solo que esta vez substituyo las pantallas fluorescentes por una placa fotográfica, logrando comprobar que las imágenes sombreadas se podían registrar permanentemente, poniendo objetos entre el tubo y la placa (Figura 1) ¹.



Figura 1 Wilhelm Conrad Roentgen, descubridor de los rayos X ¹.

Roentgen procedió a realizar la primera radiografía del cuerpo humano, él puso la mano de su esposa y la expuso a los rayos desconocidos por 15 min, al revelar la placa fotográfica el reborde de los huesos en su mano podía verse (Figura 2)¹. Roentgen nombro Rayos X a su descubrimiento, ya que la “X” se refería a la naturaleza y a las características desconocidas.



Figura 2 Mano de la esposa de Roentgen, primera radiografía del cuerpo humano ².

En odontología el primero en usar los rayos X fue el odontólogo alemán Otto Walkhoff, esto en el año de 1895. Él realizó la primera radiografía dental (premolar inferior), puso una placa fotográfica pequeña envuelta de papel negro, la colocó en su boca y se expuso a los rayos durante 25 minutos ¹. En el mismo año Walter Kônig realizó una toma similar, solo que el tiempo de exposición disminuyó a 9 minutos.

C. Edmund Kells se le acredita el uso de la primera radiografía en una persona viva, esto en el año de 1896 (Figura 3) ¹.



Figura 3 C. Edmund Kells ².

Otro pionero en la radiología intraoral fue William Rollins, quien desarrolló la primera unidad dental de rayos X en 1896 recomendando también el blindaje de plomo, tanto del tubo como del paciente ².



De 1896 a 1913 los paquetes de radiografías consistían en placas fotográficas envueltas en papel negro y caucho, a partir del año 1913 la compañía Eastman Kodak fabrico la primera película preempacada, por cual la aceptación de los rayos X en odontología fue mejor ².

En 1913, William D. Coolidge invento el tubo de rayos X de cátodo caliente, que es el prototipo de los tubos de rayos X actual ².

1.1 RADIOGRAFÍAS

Las radiografías dentales son un método auxiliar que junto con los métodos de diagnóstico, nos ayudan a llegar a un diagnóstico clínico más preciso de las enfermedades y lesiones pulpares y periapicales, proporcionándonos información suficiente para la elaboración de un plan de tratamiento acertado.

1.1.1 RADIOGRAFÍAS DENTOALVEOLARES

Una radiografía dentoalveolar nos permite interpretar dos dimensiones de un objeto tridimensional, están diseñadas para mostrarnos dientes individuales y los tejidos que rodean las raíces, logrando evaluar minuciosamente en cada imagen.

Para poder obtener una radiografía dentoalveolar es necesario aplicar técnicas específicas que permitan observar e interpretar adecuadamente la imagen.

1. Técnica de planos paralelos.

Con la técnica de planos paralelos vamos a obtener imágenes con una gran precisión dimensional y para fines endodóncicos produce una radiografía perirradicular con mayor exactitud, además es simple y fácil de utilizar. Esta técnica se basa en el concepto de paralelismo, por lo que debemos:

- a) colocar el receptor en boca en paralelo al eje longitudinal del diente. El receptor se debe colocar lejos del diente, para poder obtener una imagen con buena definición.
- b) el rayo central se dirige perpendicularmente, tanto al diente como a la placa radiográfica, se coloca a una distancia de 16 pulgadas del receptor u objetivo y el haz de rayos X, para evitar una distorsión en la imagen (Figura 4).

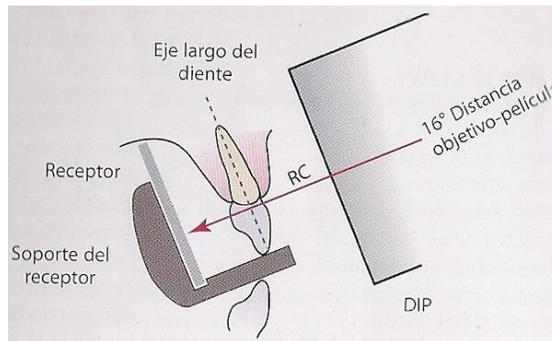


Figura 4 Posición correcta de la radiografía dental, dientes y el rayo central de rayos X ¹.

- c) se recomienda utilizar un dispositivo de alineación para mantener el paralelismo, como el colimador y el XCP (Figura 5).



Figura 5 Dispositivos de alineación del haz de rayos X ⁴.

Con la técnica de planos paralelos nos da una imagen con poca distorsión, ya que es muy parecida al diente real, es un gran auxiliar en endodoncia ya que nos brinda buen detalle y definición (Figura 6).

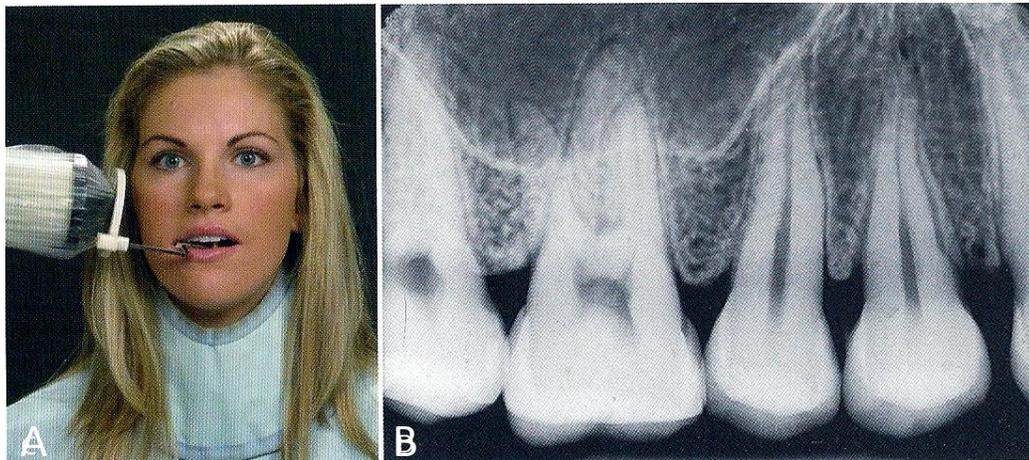


Figura 6 A, Posición correcta del paciente, radiografía dental y dispositivo. B, Radiografía dentoalveolar resultante ⁴.

2. Técnica de la bisectriz del ángulo

Esta técnica se basa en el concepto de la bisectriz del ángulo formado por el receptor y el eje longitudinal del diente¹, los pasos son los siguientes:

- El receptor se coloca a lo largo de la superficie lingual del diente, sin doblar el paquete.
- Se debe trazar una línea bisectriz imaginaria (Figura 7).
- Dirigir al haz de rayos X a la bisectriz imaginaria.

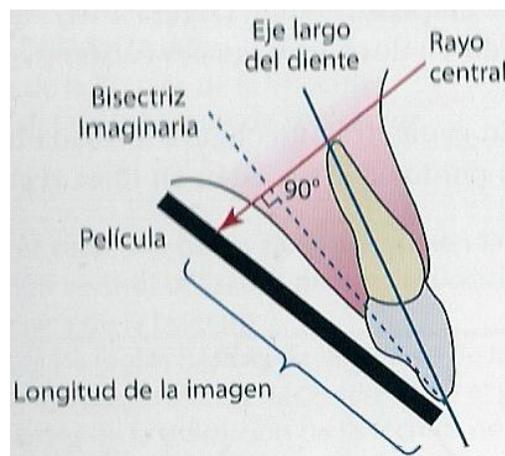


Figura 7 Película dental igual a la longitud del diente, para obtener una bisectriz imaginaria ¹.

Esta técnica debe de ser utilizada adecuadamente, ya que si el haz de rayos X no se dirige al centro causara angulaciones inadecuadas y distorsión en la imagen, por lo cual esta técnica no es muy adecuada para la radiografía endodóncica.

3. REGLA DE CLARK

La técnica de Clark o también llamada regla objeto-vestibular nos permite encontrar raíces o conductos adicionales, poder distinguir entre objetos superpuestos, determinar posiciones de fracturas radiculares y detalles anatómicos⁴, siendo de gran ayuda en endodoncia.

Esta técnica nos muestra cómo cambian las imágenes radiográficas al cambiar el ángulo de proyección con que se toma la imagen. El principio dice que el objeto más cercano a vestibular parece moverse en dirección opuesta al movimiento del cono, los objetos más próximos a la superficie lingual se mueven en la misma dirección del cono (regla: “lingual igual, vestibular opuesta”) (Figura 8) ⁴.

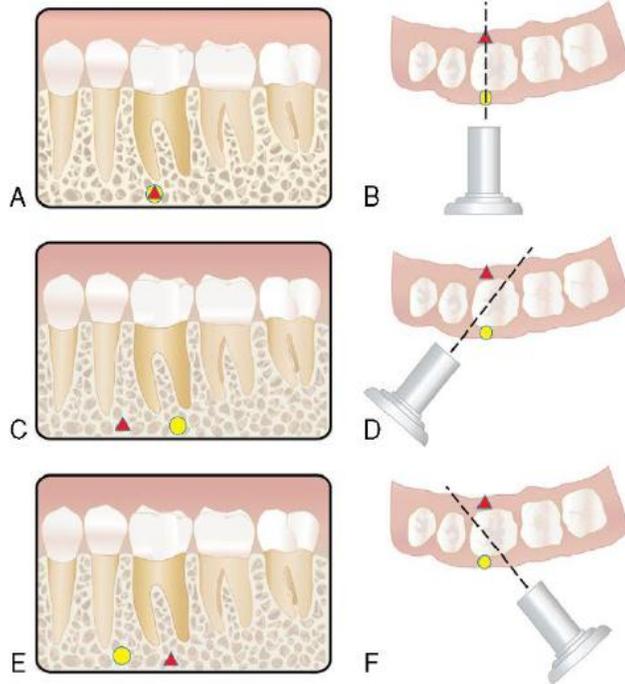


Figura 8 A-B, La vista frontal causa superposición de los objetos vestibular (círculo amarillo) y lingual (triángulo rojo).C-D, Utilizando la técnica de desviación del tubo, el objeto lingual (triángulo rojo) aparece más mesial respecto a la raíz mesial del primer molar inferior, y el objeto vestibular (círculo amarillo) aparece más distal en una segunda vista tomada desde el lado mesial. E-F, El objeto situado en la superficie lingual (triángulo rojo) aparece más distal con respecto a la raíz mesial del primer molar inferior, y el objeto localizado en la superficie vestibular (círculo amarillo) aparece más mesial en una segunda vista tomada desde el lado distal ⁴.



1.1.2 ORTOPANTOMOGRAFÍA

Es una técnica extraoral, también conocida como radiografía panorámica, la cual nos permite observar al maxilar y a la mandíbula en una sola proyección

Se emplea para evaluar:

- dientes retenidos.
- detectar enfermedades y lesiones.
- desarrollo de la erupción y patrones de crecimiento.
- evaluación del soporte óseo periodontal.
- análisis ortodóncico.
- fracturas de cualquier zona de la mandíbula.
- enfermedades del seno maxilar.
- altura de hueso alveolar vertical para colocación de implantes.

Existe diferencia entre radiografías dentoalveolares y radiografía panorámica u ortopantomografía, una de las principales es el modo de obtención de la imagen. En las proyecciones de imagen panorámica, el receptor y el cabezal se mueven alrededor del paciente, girando en direcciones opuestas³.

El movimiento del receptor y del cabezal producen una imagen de una sección del cuerpo, por consiguiente, la radiografía final se forma a partir de secciones y las demás estructuras quedan difuminadas.

EQUIPO

El equipo necesario para obtener ortopantomografías es especial, existen diferentes diseños, pero todos deben tener los siguientes elementos:

- tubo de rayos X: produce el rayo X en forma de abanico.
- panel de control.
- sistema para la colocación del paciente.
- película de la pantalla: que es el receptor de la imagen.



Existen varias ventajas de la radiografía panorámica u ortopantomografía, como, por ejemplo; tamaño de la imagen, teniendo en cada una de ellas una vista del maxilar y la mandíbula, simplicidad y poca exposición a la radiación.

La radiografía panorámica suele utilizarse como un método complementario, no para reemplazar proyecciones intraorales ya que una limitación de esta radiografía es la distorsión o superposición de ciertas estructuras.

1.2 RADIOGRAFÍA DIGITAL

Las proyecciones de imagen digital son un avance en la tecnología, ya que nos permite tener imágenes sin película radiográfica, siendo una técnica confiable para desarrollar un buen diagnóstico. La radiovisiografía se introdujo a la odontología en el año de 1980 con el desarrollo del primer sistema RadioVisioGraphy (RVG) por Francis Mouyen ⁴.

Este tipo de proyecciones utilizan un sensor electrónico, un sistema de imagen computarizado que produce imágenes casi instantáneamente en un monitor de computadora¹.

Podemos emplear el uso de la radiografía digital para:

- detectar lesiones pulpares y periapicales.
- proporcionar información en procedimientos dentales (conductometría, colocación quirúrgica de implantes).
- evaluación de desarrollo dental.
- información de enfermedad periodontal.
- detectar traumatismos y caries.

La manera en que funciona el método de captura de imagen digital es recibiendo información analógica y la convierte en imagen digital en la computadora.



En la imagen digital se coloca un sensor en boca del paciente (este sensor se utiliza sustituyendo al paquete de radiografía convencional), el haz de rayos X se dirige al centro del sensor, causando una carga electrónica la cual se digitaliza, transmitiendo la información a un computador ¹, mostrando la imagen en segundos, la cual podemos alterar para mejorarla y hacer más fácil su interpretación y el diagnóstico.

Tipos de imagen digital.

Se pueden encontrar dos métodos para la obtención de imágenes digitales:

1.- Imagen Digital Directa.

Se denomina así porque no se requiere ningún tipo de escaneado después de la exposición de rayos X, ya que el propio sistema realiza el proceso informático y obtención de la imagen ⁶.

En este sistema se debe contar con: la máquina de rayos X, receptor intraoral el cual debe tener un cable de fibra óptica que va conectado al computador, transmitiendo la imagen a la pantalla de la computadora (Figura 9).



Figura 9 A, Componentes esenciales para la imagen digital directa. B, Sensor intraoral con cable óptico ⁶.

El sensor es fotosensible (similar a las cámaras fotogríficas), es decir se estimula y se deteriora con los rayos X, por lo tanto, para evitar el deterioro del sensor el receptor tiene dos capas más:

- El escintilador: que es la primera capa la cual transforma los rayos en luz.
- Capa protectora: está compuesta por fibras ópticas las cuales evitan el paso de radiación hasta el receptor y así evitar su deterioro (Figura 10).

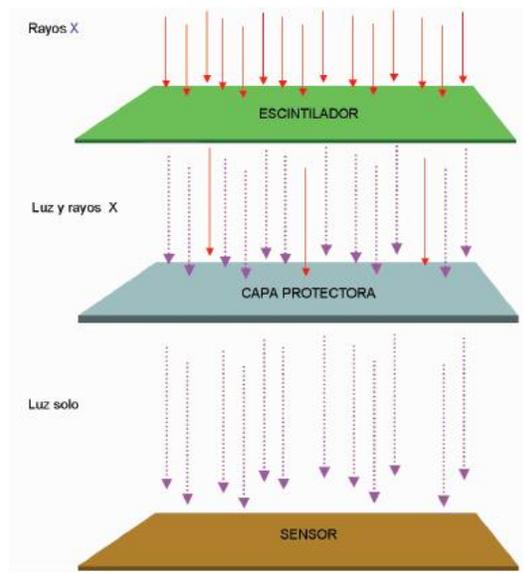


Figura 10 Estructura del receptor ⁶.

Finalmente, el sensor está compuesto por una capa de píxeles fotosensibles, la cual es capaz de almacenar fotones, la cual convierte la luz (rayos X) en una señal eléctrica y cuando pasa al computador en analógica, formando finalmente la imagen.

2.- Imagen Digital Indirecta

Emplea placas de aspecto similar a las películas radiográficas convencionales pero compuesta de fósforo ⁴, sin cable. Se coloca en boca del paciente, de la misma manera que una película intraoral (Figura 11).



Figura 11 Sensor intraoral, técnica indirecta ⁴.

Ya que se tomó la radiografía, la placa se colocará en el escáner, produciendo la imagen en la computadora en un tiempo estimado de 30 segundos a 5 minutos (Figura 12).



Figura 12 Obtención de la imagen con ayuda del escáner ⁶.

Para eliminar la imagen del sensor solo basta con exponerlo a la luz del negatoscopio durante varios minutos o bien algunos se borran después del proceso de escaneo.

VENTAJAS

- Mayor resolución en la imagen, gracias a la escala de grises
- Menor exposición a la radiación, va de un 50% a 90% menor a la utilizada en una radiografía convencional.



- Mayor rapidez, tanto en la obtención de la imagen como el almacenamiento de esta.
- Nos permite mejorar la imagen, ya sea utilizando zoom, jugando con los contrastes o hasta realizar algunas mediciones.
- Poca inversión de los receptores.

Desventajas

- Costo inicial elevado.
- Tamaño, rigidez y fragilidad del sensor.
- Cuestiones legales.
- Difícil control de infección.

1.3 TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

La tomografía computarizada (TC) es un método imagenológico que nos permite imágenes tridimensionales, a través de cortes milimétricos. Fue diseñada y puesta en funcionamiento por el ingeniero británico Hounsfield, en 1972⁸.

El fundamento básico es la utilización de rayos X y un sistema de radiación con un haz en abanico (Figura 13). Existen diferentes tipos de equipos de TC, en los equipos llamados convencionales, el paciente está en una misma posición, mientras el tubo emisor y los sensores giran a su alrededor, ya que se toma una sección el paciente se desplaza para conseguir los siguientes cortes y en los equipos de TC helicoidal o espiral los movimientos rotatorios y los sensores se desplazan al mismo tiempo del paciente, el resultado es una serie de hélices o espirales del volumen de interés y una vez que se han recolectado todos los cortes el ordenador se encarga de reconstruir las imágenes⁵.

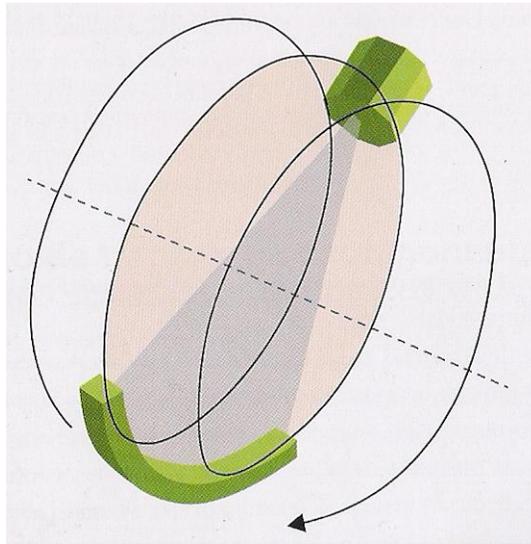


Figura 13 Haz en forma de abanico ³.

El sistema esta echo para escanear volúmenes grandes y tener calidad en las imágenes, sin embargo, al utilizarla sometemos al paciente a altas dosis de radiación y su costo es generalmente elevado. Se emplea generalmente en hospitales, para cirugía, ortopedia y oncología, para utilizarla como método de diagnóstico en odontología se deben de tomar ciertas consideraciones ^{6,8}.

2. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO (TCHC)

La tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) ha sido diseñada para obtener imágenes tridimensionales del complejo buco-maxilofacial, estas proyecciones nos brindan información precisa, con gran resolución y un grado mínimo de distorsión. Se utiliza tiempos de radiación cortos (10-70 segundos) y la dosis de radiación es menos a una tomografía computarizada convencional ^{1,9}.

Se nombra tomografía computarizada de haz de cono porque utiliza un haz de rayos X cónico para adquirir información tridimensional (Figura 14). En estas máquinas la fuente de radiación gira alrededor de la cabeza del paciente, por lo tanto, en una sola vista, la fuente de radiación y el sensor digital giran alrededor del paciente y adquieren múltiples imágenes del campo visual (es el área que puede ser capturada) ^{1,10}.

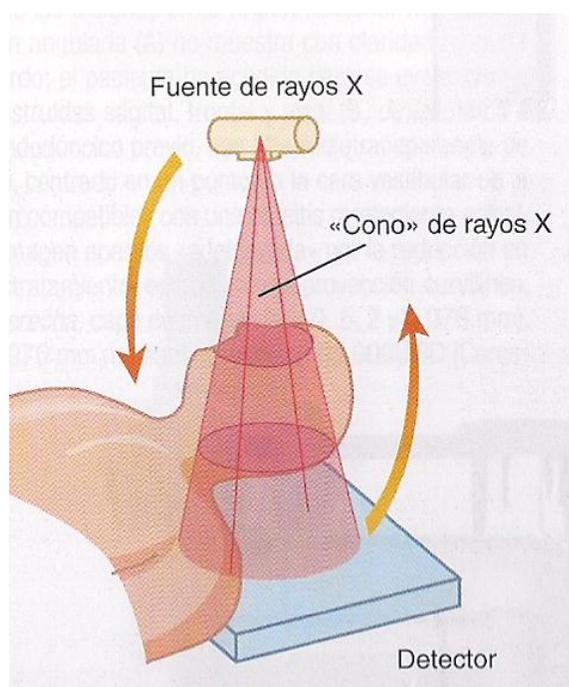


Figura 14 Haz en forma de cono ⁴.



2.1 PRODUCCIÓN DE IMAGEN

Todos los aparatos utilizan un haz de rayos X de forma cónica y un detector especial, el proceso de producción de la imagen se divide en tres partes:

1.- ADQUISICIÓN DE DATOS

Los datos adquiridos en una TCHC se realizan en un solo barrido del escáner, o sea una sola rotación alrededor de la cabeza del paciente. Dependiendo del tipo de escáner utilizado, la fuente de rayos X rotara 180 o 360 grados¹⁰.

➤ Campo de visión

Para cada diagnóstico podemos obtener diferentes tamaños del campo visual (FOV), por lo cual los sistemas TCHC pueden clasificarse de acuerdo al FOV disponible⁹ (Figura 15).

- Región localizada (pequeño): aproximadamente 5 cm o menos, ejemplo dentoalveolar o articulación temporomandibular
- Arco simple (mediano): de 5 cm a 7 cm, ejemplo maxilar o mandíbula
- Craneofacial (largo): superior a 15 cm, desde el borde inferior de la mandíbula hasta el vértice de la cabeza^{1,10}.



Figura 15 Tamaños del campo de visión (FOV) ¹.

2.- DETECCIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE LA IMAGEN

Las imágenes 3D están constituida por voxeles, que es el elemento más pequeño del volumen de la imagen radiográfica 3D. Los voxeles son isotrópicos (iguales de longitud, altura y profundidad), por lo cual hacen que la imagen sea más precisa y con mayor resolución en cualquier plano¹⁰.

La información que el receptor recibe se llama información en bruto, la cual es tridimensional, al recibir la información existe una reconstrucción de imágenes axiales llamadas DICOM.

Cuando las imágenes de DICOM se importan al software, vemos imágenes en tres planos de aproximadamente 0.125-2.0 mm de espesor (Figura 16):

- Plano axial: plano horizontal, que divide al cuerpo en superior e inferior (X).
- Plano coronal: plano vertical y divide al cuerpo en dos lados, anterior y posterior (Y).
- Plano sagital: plano vertical que divide al cuerpo en lado derecho e izquierdo (Z)^{1,11}.

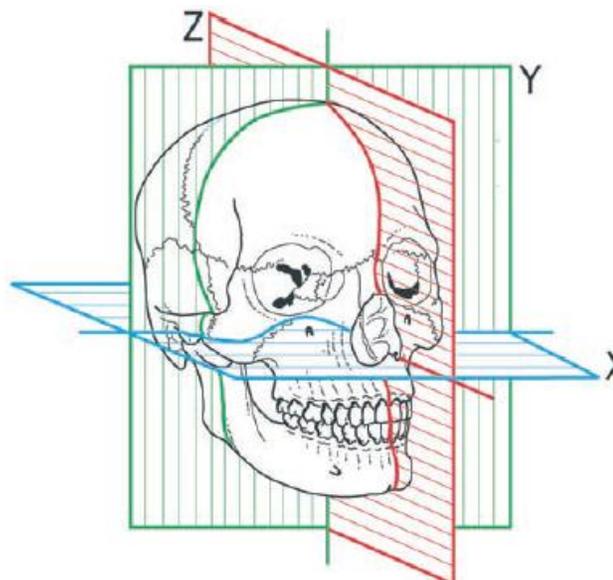


Figura 16 Imagen de los tres planos. X, axial. Y, coronal. Z, sagital ⁷.



Gracias a los tres planos obtenemos una visión tridimensional del área de interés, la cual podemos alterar y realizar un análisis de mayor precisión de los tejidos dentales y la zona maxilofacial.

La reconstrucción de los datos se lleva a cabo en computadoras personales. En cuanto a los tiempos de reconstrucción varían dependiendo del tamaño de FOV, el número de proyecciones del vóxel y de la velocidad del procesamiento (hardware y software); pero un tiempo tolerable es de 1 minuto a 20 minutos aproximadamente¹².

2.2 DOSIS DE RADIACIÓN

La dosis efectiva de varios aparatos de TCHC varia, todo dependerá de varias circunstancias:

- El tipo de modelo del equipo de TCHC.
- El tamaño de campo de visión (FOV).
- El tiempo de exposición³.

Sin embargo, en comparación con las radiografías dentales convencionales las dosis son mayores, pero menores que con la tomografía computarizada convencional (Tabla 1). Aunque algunas unidades de TCHC producen FOV muy pequeños e imágenes de buena resolución con dosis similares a la de una radiográfica dental convencional^{3,14}.

Exploración de rayos X	Dosis efectiva (mSv)
Radiografía dentoalveolar	0.0003 - 0.022
Ortopantomografía o radiografía panorámica	0.0027- 0.038
Radiografía lateral de cráneo	0.016
TC de mandíbula y maxila	0.25 – 1.4
TCHC dentoalveolar	0.01 – 0.67
TCHC craneofacial	0.03 – 1.1

Tabla 1 Dosis efectivas³.



2.3 VENTAJAS

- Menor dosis de radiación: La dosis utilizada es menos en comparación con la TC convencional ya que el tiempo de exploración es corto y puede llegar a ser igual a dosis de una serie radiográfica.
- Imágenes con resolución y precisión: ya que elimina superposición de estructuras gracias a los diferentes planos, tiene una relación 1:1 con la anatomía.
- Facilidad de guardar imágenes y enviarlas rápidamente ^{1,3,10}.

2.4 LIMITACIONES

- Costo del equipo: ya que es muy elevado es difícil de conseguirlo y tenerlo en el consultorio, el costo va de los 150,000 a 300,000 pesos.
- No se ven los tejidos blandos con detalle.
- Las coronas, puentes, implantes endopostes metálicos pueden distorsionar las imágenes.
- Movimientos indeseables del paciente ^{1,10,14}.



3. USO DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO EN ODONTOLOGÍA

Como se ha mencionado anterior mente la TCHC nos ayuda a obtener imágenes con mayor resolución, de alta calidad y menor distorsión y así podemos apoyar en ella para un mejor diagnóstico y realizar un mejor plan de tratamiento¹¹.

En el área de la odontología la TCHC tiene múltiples especialidades en las cuales puede ser aplicada, ejemplo:

- Implantología.
- Ortodoncia y ortopedia.
- Cirugía bucal.
- Patología Bucal.

1. Implantología

En el caso de esta área la TCHC se comenzó a aplicar para la planeación quirúrgica, ya que gracias a que podemos ver estructuras anatómicas, calidad ósea, realizar mediciones exactas del reborde (largo, ancho y profundidad), poder determinar si es necesario un injerto óseo o bien levantamiento de seno maxilar, es la mejor opción para reducir riesgos quirúrgicos y poder seleccionar el modelo y tamaño del implante (Figura 17) ^{5,11}.

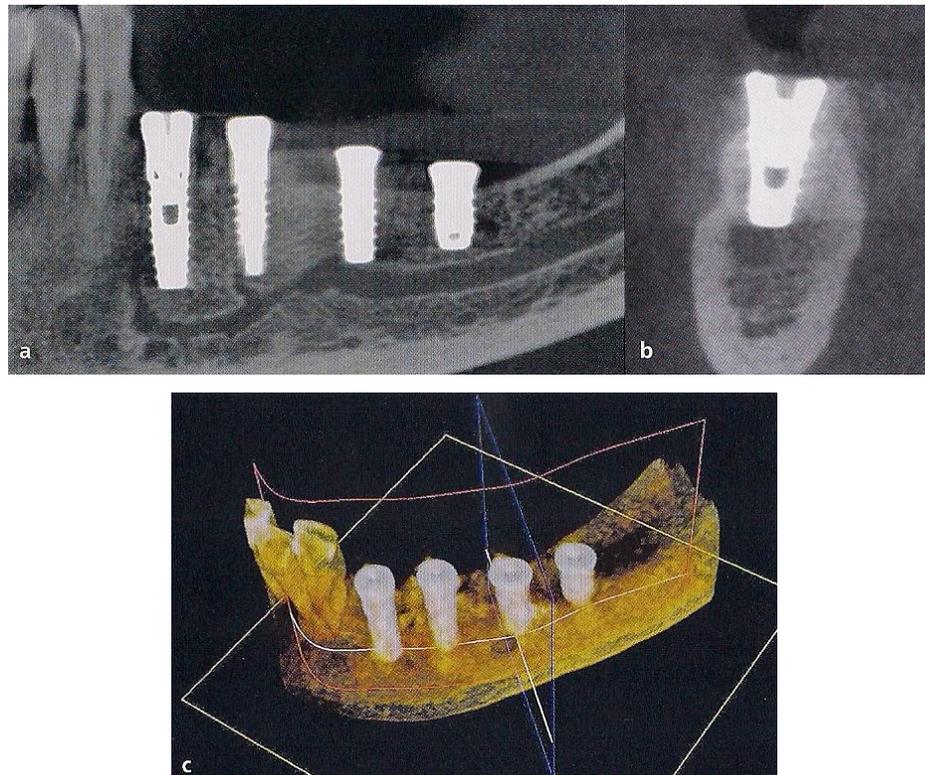


Figura 17 TCHC en implantología⁵.

2. Ortodoncia y ortopedia

La TCHC nos ayuda a realizar un mejor análisis de crecimiento, simetría/asimetría esquelética, análisis cefalométrico (Figura 18) ya que podemos obtener una mejor visualización de las relaciones anatómicas y por tanto mediciones lineales y ángulos exactos, al igual que orientación exacta de dientes (caninos incluidos, supernumerarios o terceros molares) que deban de ser extraídos y/o planificar los movimientos adecuados o bien si es necesario planeación de cirugía ortognática (Figura 19)¹¹.

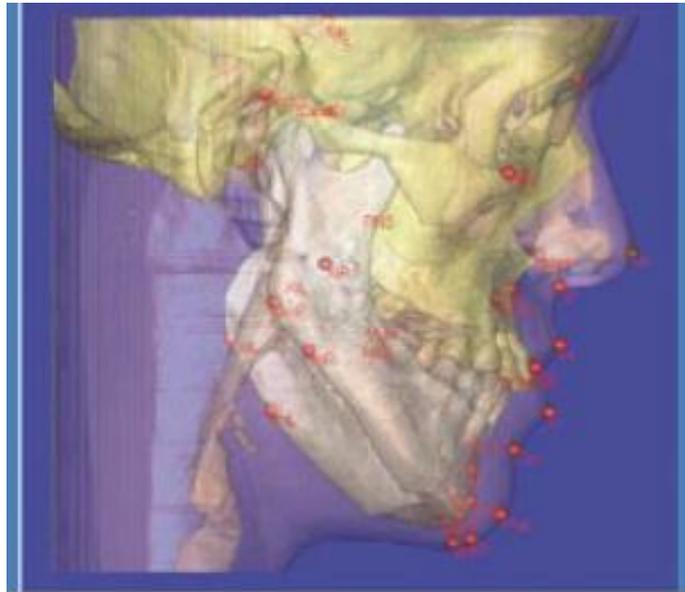


Figura 18 Cefalometría tridimensional ¹¹.

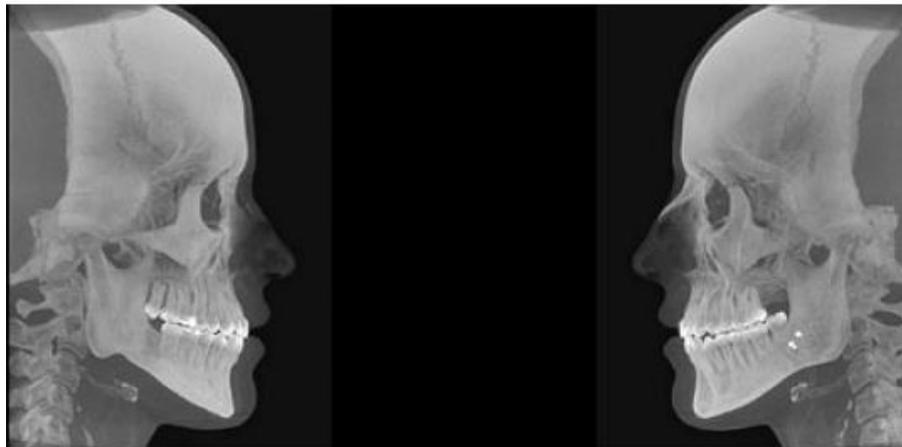


Figura 19 Imágenes laterales obtenidas con TCHC ¹¹.

3. Cirugía bucal

Nos ayuda con la valoración de dientes impactados, evaluación de alguna fractura, cirugías reconstructivas y dientes retenidos (Figura 20), es este último caso nos ayuda a planear una cirugía poco invasiva ya que la TCHC nos

permite la localización, posición vestibular o palatina, la cantidad de hueso que lo cubre y alguna posible reabsorción de algún diente adyacente ¹³.



Figura 20 TCHC de un canino retenido ¹³.

4. Patología

La TCHC nos permite evaluar patologías (quistes, tumores) para poder evaluar el tamaño, la extensión y la relación anatómica que puedan llegar a tener.

5. Morfología de la Articulación Temporomandibular

La TCHC permite el análisis de la anatomía condilar sin superposición ni distorsión de la imagen (Figura 21). Se obtiene una imagen real 1:1 de las estructuras condilares¹³ y podemos hacer una manipulación de la imagen ajustando la escala de grises y observar con mayor precisión las diversas estructuras.

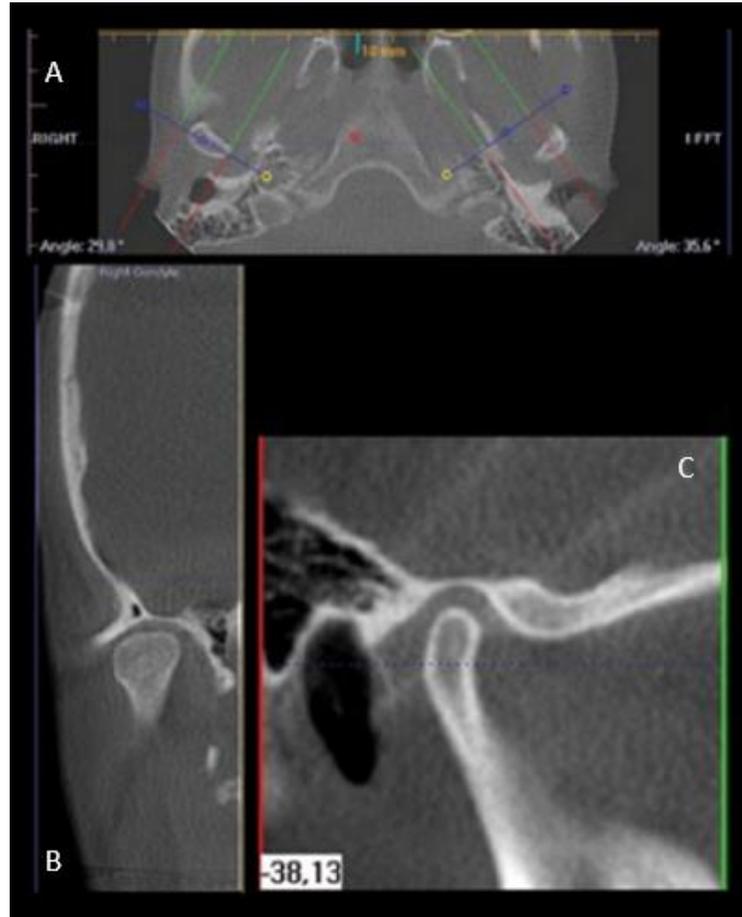


Figura 21 TCHC de ATM. (A) plano axial, (B) plano coronal, (C) plano sagital¹¹.



4. USO DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO EN ENDODONCIA

En endodoncia a pesar de que la radiografía dentoalveolar es más práctica, la TCHC nos dará muchos beneficios e información del diagnóstico, con los cual podemos realizar mejores planes de tratamiento y por ende tener un mayor número de éxitos¹⁵.

Las TCHC se ha utilizado en endodoncia para analizar la estructura anatómica del canal radicular, patologías pulpares y periapicales, evaluación de la raíz (fracturas radiculares), análisis de la resorción radicular (interna o externa) y para la planificación de cirugía periapical¹⁶.

4.1 MORFOLOGÍA DEL CANAL RADICULAR

El objetivo del tratamiento de conductos es la preparación químico-mecánica del sistema de conductos radiculares, seguida de una adecuada obturación tridimensional con el objetivo de evitar el acceso de los microorganismos, sin embargo, las variaciones anatómicas podrían llevar al fracaso del tratamiento, por tal motivo es importante saber identificar las variaciones en la anatomía del sistema de conductos radiculares antes de iniciar tratamiento de conductos. Y como se ha descrito anteriormente el sistema de TCHC nos permite una visualización volumétrica y nitidez, para así conocer exactamente la morfología del conducto radicular. Por este motivo el uso de la TCHC como método auxiliara para un mejor diagnóstico^{17,18, 19}.

En el 2014 (Gautam)¹⁸ reporto un caso de una morfología inusual de conductos radiculares de un primer molar superior, el cual mostro tres raíces y siete conductos. En este caso la TCHC se utilizó para un entendimiento de la difícil anatomía de los conductos radiculares ya que en primera instancia se utilizó una radiografía dentoalveolar y microscopio.

Durante el examen radiográfico (Figura 23 A) y clínico se observó un acceso previo a cámara y conductos, teniendo así apertura de conductos en cada raíz,

un mesio-vestibular, un disto-vestibular y dos conductos en la raíz palatina. Se utilizó el microscopio y se encontraron un mesio-vestibular y un disto-vestibular adicional, posteriormente se obturo temporalmente y se realizó la TCHC (Figura 22)¹⁸.

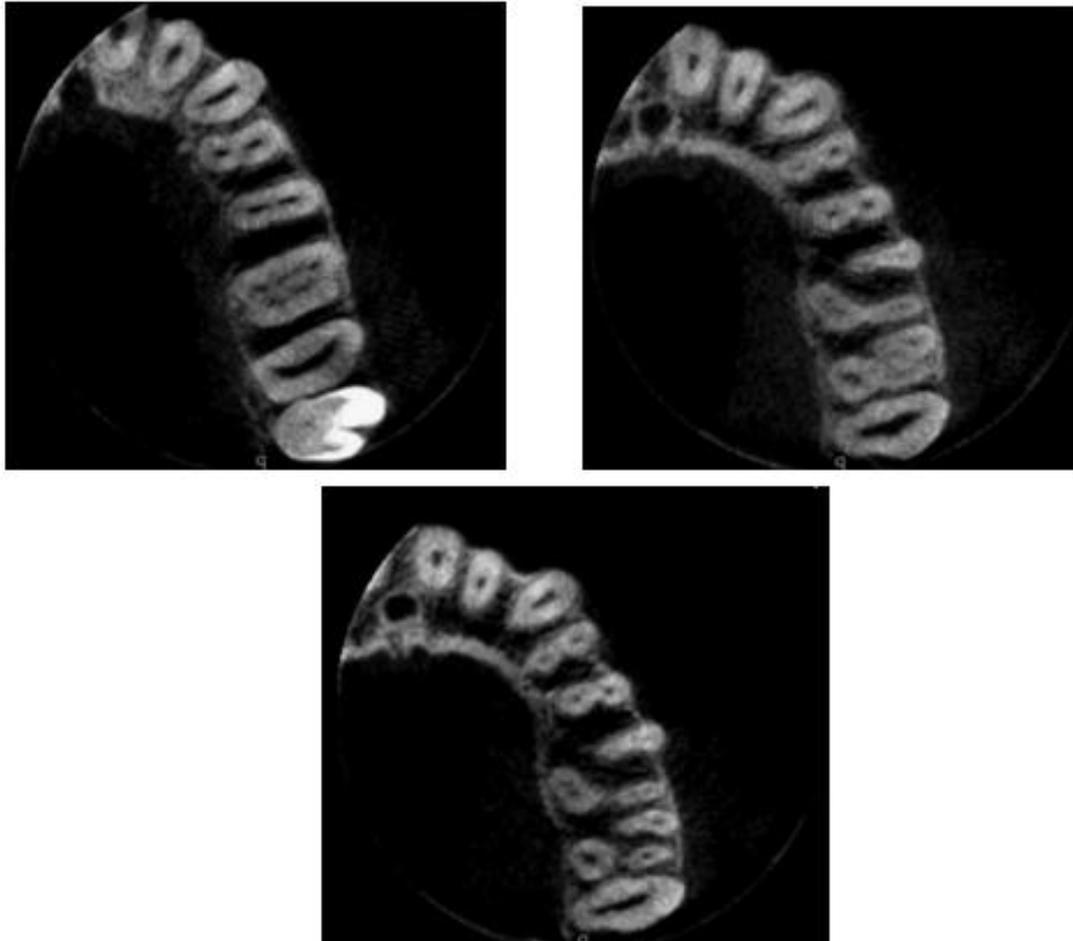


Figura 22 TCHC del primer molar superior; tercio cervical, medio y apical ¹⁸.

Al observar la TCHC se encontró un conducto mesiovestibular adicional; en total siete conductos (MB1, MB2, MB3, DB1, DB2, mesio-palatino y disto-palatino) (Figura 23).

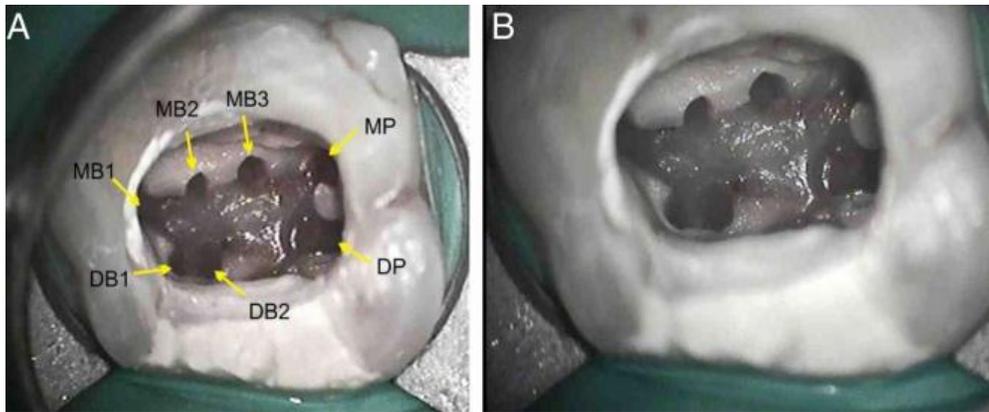


Figura 23 Acceso ¹⁸.

Se obtuvo longitud de trabajo (Figura 24 B-C), se preparó y obturo cada uno de estos conductos (Figura 24 D). Al terminar se realizó una segunda TCHC para poder comparar y verificar que todos los conductos estaban debidamente obturados ¹⁸.

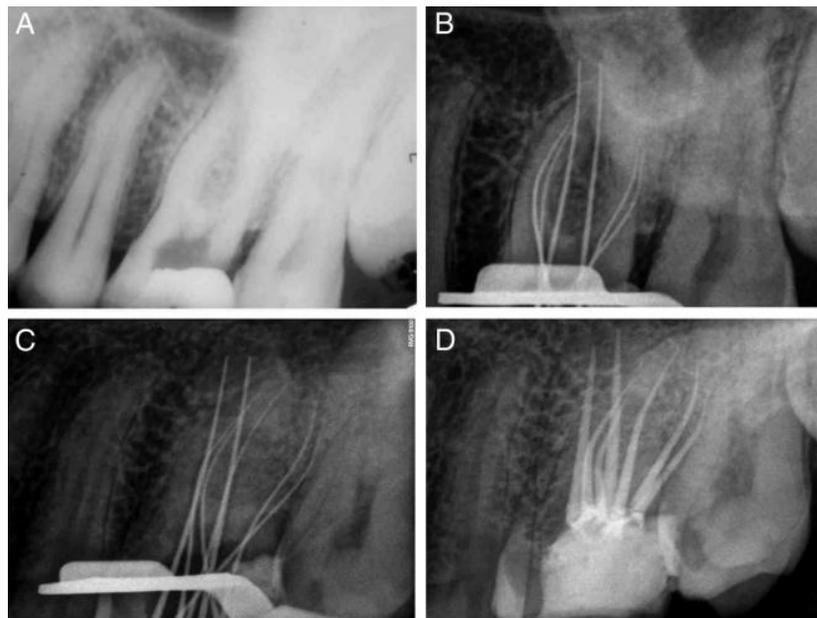


Figura 24 A, radiografía inicial. B-C, longitud de trabajo. D, Obturaron final ¹⁸.

Al finalizar el retratamiento se realizó una segunda TCHC para poder comparar y verificar que todos los conductos estaban debidamente obturados¹⁸ (Figura 25).

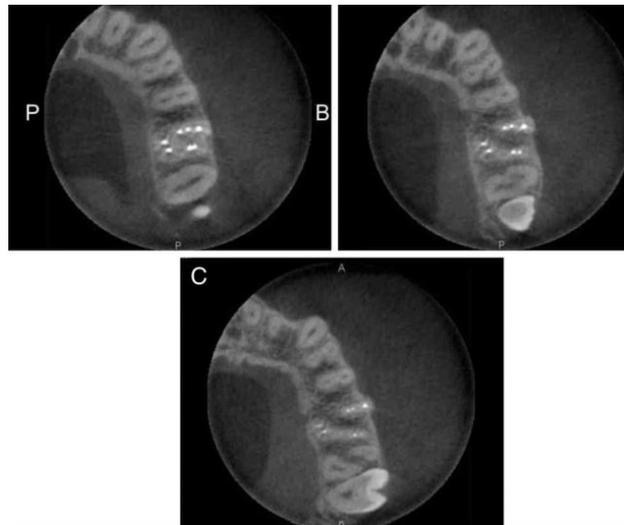


Figura 25 TCHC final ¹⁸.

4.2 PATOLOGÍA PERIAPICAL

A la periodontitis apical se le define como una enfermedad inflamatoria de los tejidos perirradiculares que es causada por una infección microbiana en el sistema de canales radiculares del diente afectado. La detección radiográfica de la patología periapical es importante para realizar un tratamiento adecuado. Sin embargo, al analizar radiografías dentoalveolares (bidimensionales) será difícil tener información precisa de las lesiones periapicales, ya que no observaremos el origen, tamaño y la localización exacta, pero tenemos otra alternativa, la TCHC la cual nos brindará información útil ^{20,21}.

Por lo tanto, se recomienda el uso de la TCHC cuando el diagnóstico es contradictorio o sea donde los signos y síntomas clínicos son difíciles de interpretar, tiene una localización no específica y en donde no se identifica alguna lesión en radiografías convencionales, además la TCHC tiene la capacidad de detectar patologías periapicales antes de que sea visible en la radiografía dentoalveolar y por ende nos ayuda a tener medidas precisas de la patología ²².



Se han realizado algunos estudios para ver la efectividad de la TCHC sobre una radiografía dentoalveolar. Uraba y col.¹⁹ realizaron una investigación, en la cual, tomaron 178 dientes de 86 pacientes. Los dientes habían sido sometidos a tratamiento de conductos y examinados con radiografías dentoalveolares. Se investigó la frecuencia de las lesiones periapicales que no fueron detectadas con radiografías dentoalveolares usado a la TCHC como principal alternativa (Figura 26, 27). Sus resultados generales fueron que la TCHC mostro una detección de patologías periapicales mayor, 52.2 % con TCHC y 31.5% con radiografías dentoalveolares, ellos no encontraron diferencia para realizar el diagnostico con TCHC en las diferentes zonas (Incisivos, caninos y molares superiores); ya que informes anteriores decían que era difícil diagnosticar dientes superiores, por la complejidad estructural en esta región (seno maxilar, arco zigomático). Llegando a la conclusión que la TCHC tiene la capacidad necesaria para detectar patologías periapicales que no son detectables con radiografías dentoalveolares, lo que facilita el manejo endodoncico²².

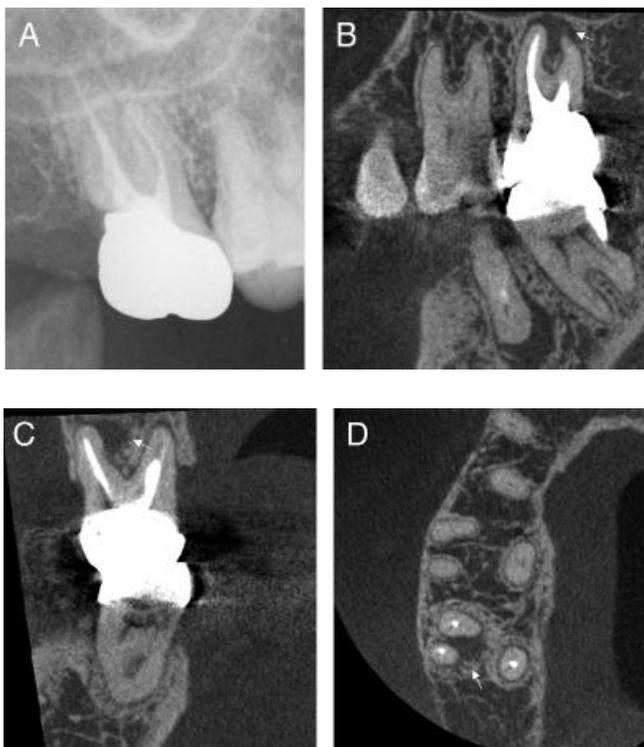


Figura 26 Segundo molar superior derecho. (A) No se observó lesión periapical en la radiografía dentoalveolar. (B) plano coronal, (C) plano sagital, y (D) plano axial con imágenes CBCT. Se observó una lesión periapical (flechas) entre las raíces mesiovestibular y distovestibular ²¹.

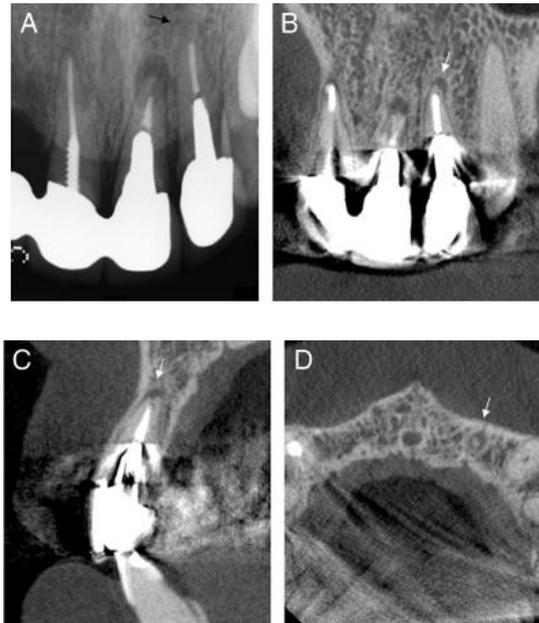


Figura 27 Incisivo lateral izquierdo superior. (A) No se observó lesión periapical en la radiografía dentoalveolar. (B) plano coronal, (C) plano sagital, y (D) plano axial con imágenes CBCT. Se observó una lesión periapical que se extiende a lo largo de la cara vestibular de la raíz (flechas blancas) ²¹.

4.3 FRACTURAS RADICULARES

Cuando ocurre una fractura radicular se daña cemento, dentina y pulpa dental, se clasifican según el tercio donde se haya producido la fractura y pueden ser horizontales, verticales o ligeramente oblicuas ²³.

4.3.1 FRACTURAS RADICULARES VERTICALES

Las fracturas verticales de la raíz han sido descritas como fracturas orientadas longitudinalmente de la raíz, extendiéndose desde el canal de la raíz hasta el periodonto. Pueden involucrar toda la longitud de la raíz o sólo una parte de ella. Tienen un pronóstico reservado y suele presentarse en dientes tratados endodómicamente. Existe cierta dificultad al tratar de diagnosticar este tipo de



fractura, ya que tenemos que tomar en cuenta que los signos y síntomas como movilidad dentaria, presencia de fistula, algún defecto óseo, dolor a la masticación son similares a fracasos endodóncicos y en una radiografía dentoalveolar son difíciles de distinguir, por lo que la TCHC nos ayudaría a tener mejor visualización y localización²⁴.

Se han realizado diversos estudios donde se encontró que la TCHC tiene una mayor sensibilidad en la detección de fracturas radiculares verticales en comparación con radiografías dentoalveolares, ya que esta última presenta ruido anatómico y superposición de estructuras anatómicas, o sea distorsión en la imagen²⁴.

En el siguiente caso un paciente masculino se presentó con “dolor de muelas” (segundo molar superior derecho y el primer molar inferior), en la revisión clínica no se observó inflamación intraoral o extraoral, tenían ligera movilidad dental, ambos eran sensibles a la percusión, no se encontraron bolsas periodontales y en las pruebas térmicas y eléctricas eran normales. Al observar la ortopantomografía no se encontró evidencia de alguna lesión periapical o fractura en los molares (Figura 28), por lo que se le pidió una TCHC. Gracias a los diferentes planos que se obtuvieron se observó fracturas en ambos dientes, raíz palatina del segundo molar superior derecho y raíz mesial del primer molar inferior (Figura 29). Las opciones de tratamiento ofrecidas al paciente incluyeron la extracción del segundo molar superior derecho y la hemisección del primer molar inferior ²⁵.



Figura 28 Ortopantomografía sin evidencia de fracturas ²⁵.

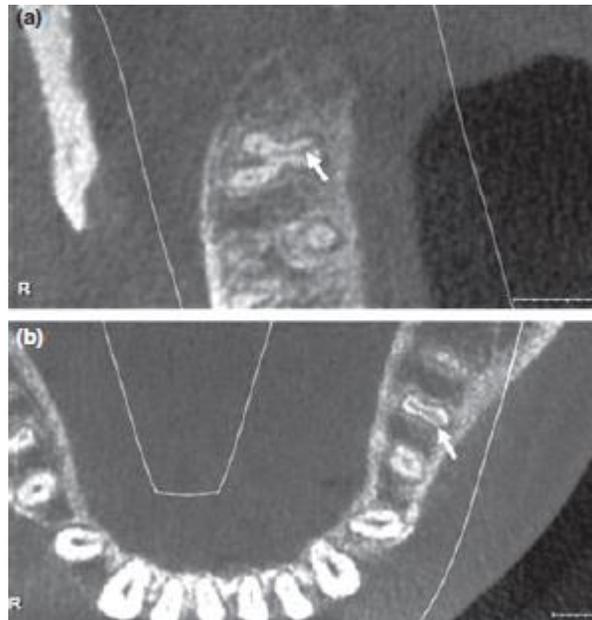


Figura 29 TCHC A, raíz palatina del segundo molar superior derecho. B, raíz mesial del primer molar inferior ²⁵.

4.3.2 FRACTURAS RADICULARES HORIZONTALES

En las fracturas horizontales se pueden presentar síntomas como dolor en el área de la fractura, fístula y una bolsa profunda justo en el área de la fractura y la radiografía dentoalveolar nos mostrara una banda radiolúcida perirradicular. Las fracturas en tercio apical tienen un buen pronóstico, las de tercio cervical tienen pronóstico reservado, en este caso se tiene que evaluar movilidad, para poder realizar la estabilidad del diente esto para que el ligamento periodontal cicatrice adecuadamente. En fracturas en tercio medio tiene un mal pronóstico ²⁶.

El diagnóstico definitivo de la fractura radicular horizontal necesita una evaluación radiográfica, sin embargo, la TCHC es más útil para detectar la presencia, ubicación exacta, extensión, dirección y angulación de la fractura sin superposición de otras estructuras, ya que cada una de estas características determinara el pronóstico del diente.



En el 2017 se reportó un caso ²⁶ en donde se describieron hallazgos radiográficos, al igual que hallazgos de la TCHC para determinar localización y tratamiento. Al observar radiografías dentoalveolares la localización de la fractura radicular horizontal estaba en el tercio medio de la raíz (Figura30), mientras que, en base a una imagen sagital de TCHC, era oblicua (Figura31). Por lo tanto, la TCHC nos da ubicación exacta de la fractura, ayudándonos con el pronóstico y la supervivencia a largo plazo del diente ²⁶.



Figura 30 A, fotografía oral inicial. B, radiografía periapical inicial del O.D. 11, fractura de la raíz horizontal del tercio medio ²⁶.

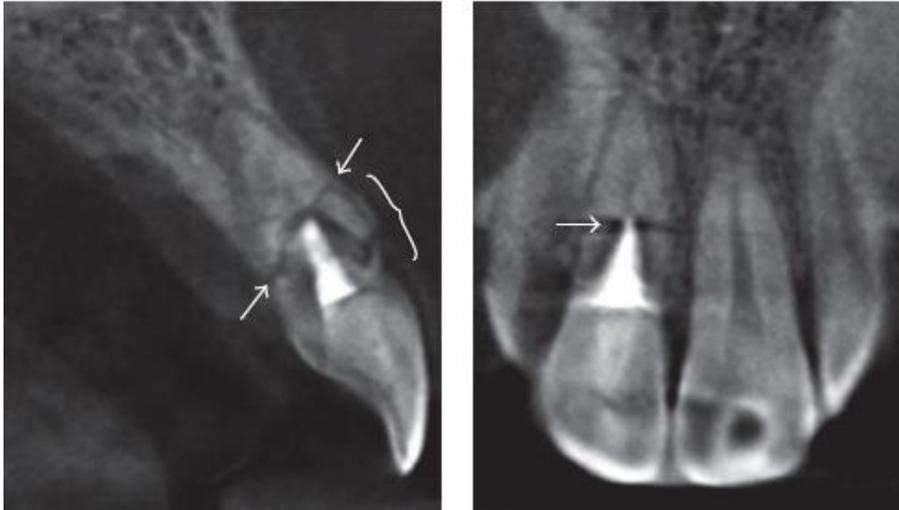


Figura 31 Imágenes TCHC. A, corte sagital de O.D.11 revela una fractura, se encontró una línea de fractura completa que se extendía oblicuamente desde el tercio medio en el aspecto vestibular a través del tercio cervical en el aspecto palatino (flechas). B, corte coronal de TCHC revela una fractura de raíz horizontal en el tercio medio de la raíz (flecha) ²⁶.

4.4 REABSORCIÓN RADICULAR

La reabsorción radicular es cuando existe pérdida de tejidos duros del diente como consecuencia de una actividad clástica, puede presentarse como un fenómeno fisiológico o patológico. Se puede clasificar en dos tipos, externa e interna, esto según el lugar en donde se produzca en relación con la superficie radicular²⁷.

4.4.1 REABSORCIÓN RADICULAR EXTERNA

Se origina en la superficie radicular externa, pero puede invadir dentina radicular en cualquier dirección y en grados variables. El tratamiento ortodóncico, traumatismo dental, cirugía oral, tratamiento periodontal, bruxismo, restauraciones intracoronaes, retraso de la erupción, desprendimiento del esmalte y defectos de desarrollo dental, se han identificado como posibles factores de predisposición ⁴.



Generalmente es asintomática, pero puede producirse una decoloración rosada o roja en la región cervical del diente (por tejido de granulación fibrovascular). Cuando a avanzado el proceso se puede producir una perforación de la pared del conducto radicular y contaminación de la pulpa. Radiográficamente se observa como una radiotransparencia de radiodensidad variable ^{4, 28}.

Con mucha frecuencia las reabsorciones radiculares externas se detectan en sus últimas etapas, es decir con lesiones avanzadas, en donde la única solución es la extracción del órgano dental. Por lo tanto, una buena interpretación de imágenes radiográficas es esencial, convirtiendo a la TCHC en una herramienta deseable para detectar tales cambios ya que nos proporciona la reconstrucción volumétrica completa 3D ²⁸.

En el 2016 Lima y col.²⁸ realizaron un estudio para determinar la exactitud de TCHC, tomando como muestra 817 imágenes y con ayuda de dos investigadores, determinaron que la TCHC es mejor en la detección de reabsorción radicular externa, esto en comparación con imágenes dentoalveolares tomadas en varias posiciones (ortorradales, mesorradales y distorradales) ya que la TCHC genera imágenes tridimensionales y permite al clínico observar la resorción incluso en las primeras etapas (Figura 32).

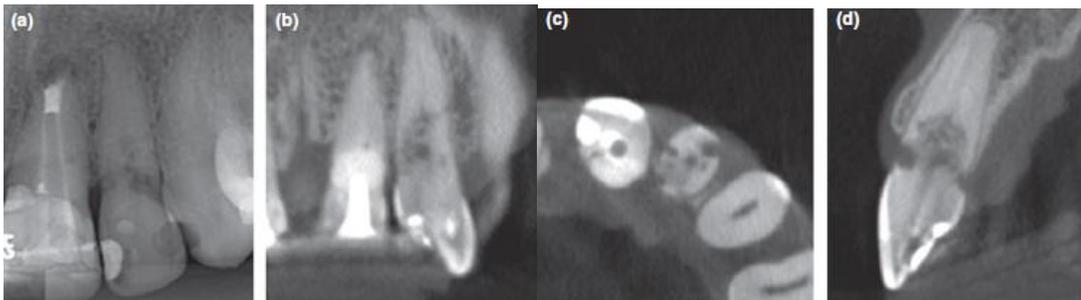


Figura 32 Reabsorción radicular externa. (a) Radiografía periapical del incisivo lateral izquierdo superior (sin tratamiento endodóncico). (b, c, d) CBCT reconstruido (corte coronal, axial y sagital) ²⁸.



4.4.2 REABSORCIÓN RADICULAR INTERNA

Tiene su origen en la pared del conducto radicular, no se conocen las causas por la cual se pueda presentar, sin embargo, se han propuesto varios factores como caries, infecciones periodontales, calor excesivo en la preparación de dientes vitales, tratamiento ortodóncico o fisuras dentales. Las características clínicas dependen del estado de afección de la pulpa, la magnitud de destrucción del tejido duro y la posición, puede observarse una declaración rosada visible a través de la corona (no frecuente), generalmente el diente es asintomático y no existen signos clínicos⁴.

El diagnóstico de estas lesiones es difícil de establecer y la radiografía convencional es a menudo inadecuada. Las radiolucencias radiculares internas no son detectables en las radiografías en sus etapas iniciales, cuando son pequeñas o debido a las limitaciones de este método bidimensional. La TCHC es una herramienta que permite un diagnóstico más temprano y más preciso de estas lesiones ^{4,29}.

De la información recogida por el examen clínico y TCHC, se pueden considerar varias opciones:

- en ausencia de signos y síntomas solo tener control y mantenerlo bajo observación clínica continuamente.
- realizar el tratamiento de conductos, con una obturación adecuada del conducto (Figura 33) y si existe perforación colocar mineral de trióxidoagregado (MTA) (Figura 34).

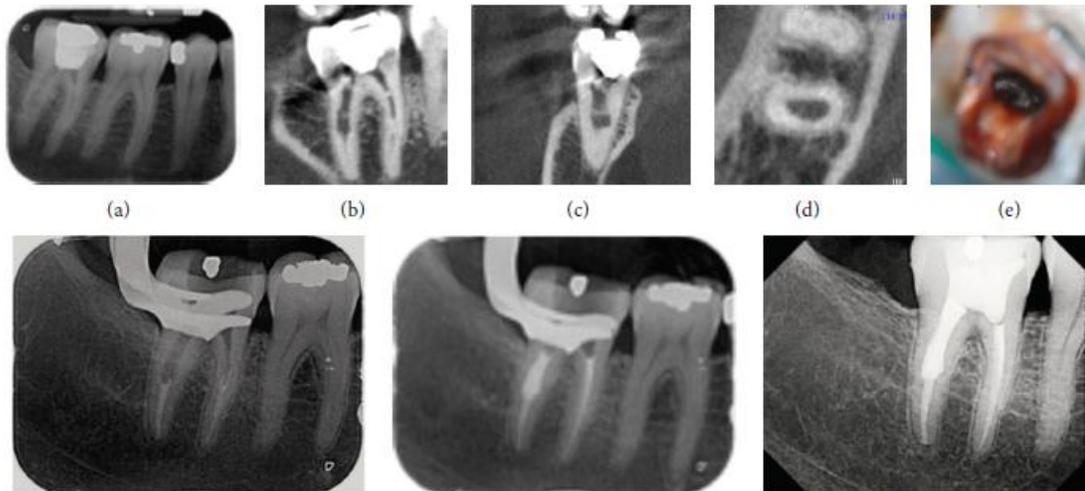


Figura 33 Manejo de la reabsorción radicular interna con tratamiento endodóncico y llenado completo del conducto radicular con gutapercha (diente 47). (a) Radiografía intraoral bucal preoperatoria del segundo molar inferior derecho mostrando una anchura anormal del conducto radicular distal. (b), (c) y (d) las secciones transversales sagitales, coronales y axiales confirman la reabsorción interna sin perforación de la pared radicular (e) Aspecto clínico del defecto interno de la raíz después de la limpieza y conformación bajo microscopio operatorio. (f) Llenado del tercio apical con condensación vertical de la gutapercha y (g) termocompactación de la gutapercha en la parte coronal reabsorbida del conducto radicular (h) Rayos X periapical: control del tratamiento al año. Obsérvese la ausencia de enfermedad periapical y la integridad de la raíz ²⁹.

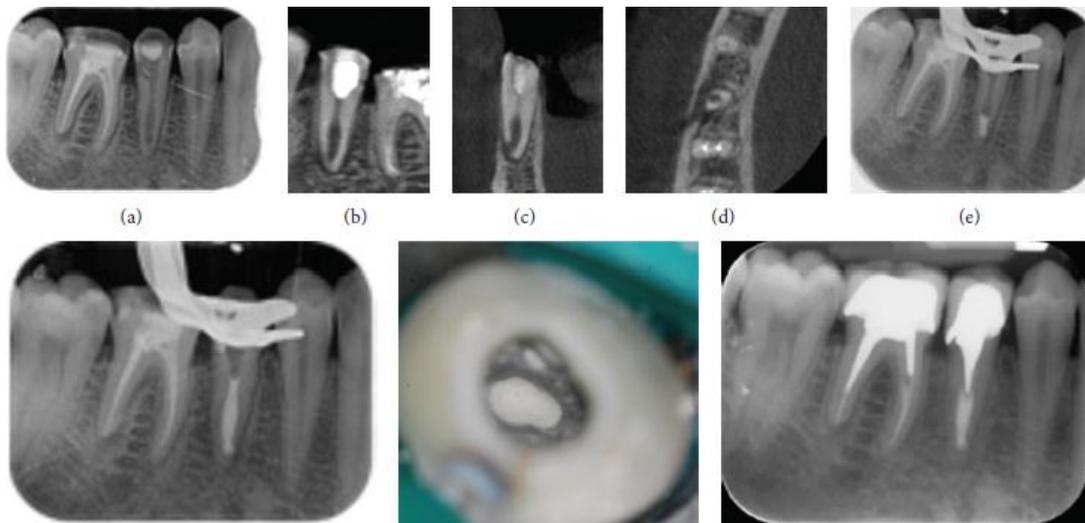


Figura 34 Manejo de la reabsorción radicular interna y el ápice abierto inducido usando cemento MTA como material de relleno del conducto radicular (diente 45). (a) Radiografía intraoral bucal preoperatoria del segundo premolar inferior derecho, mostrando una anchura anormal del conducto radicular en la tercera parte apical. (b), (c) y (d) las secciones transversales TCHC sagitales, coronales y axiales revelan la reducción del grosor de las paredes radiculares sin perforación, pero con un ápice abierto en comunicación con la parte interna reabsorbida del conducto. (e), (f) Evitar una sobreextensión de los materiales más allá del ápice, la parte apical del canal se llenan de MTA. (g) Vista clínica con microscopio operatorio de MTA blanca colocada en la tercera parte apical del canal. (h) Radiografía periapical: control del tratamiento al año. Obsérvese la ausencia de enfermedad periapical y la integridad de la raíz ²⁹.

- Cirugía periapical
- Extracción

4.5 CIRUGÍA PERIAPICAL

El uso de la TCHC se ha recomendado en la planeación del tratamiento quirúrgico endodóncico, ya que nos permite identificar claramente la relación anatómica del diente afectado y nos permite realizar mediciones (distancia entre la cortical ósea, seno maxilar, conducto mandibular, agujero mentoniano y el ápice radicular)⁴.



5. CONCLUSIÓN

Las radiografías se han convertido en una herramienta esencial para un buen diagnóstico y más en el área de endodoncia. Se han utilizado como primera opción las radiografías dentoalveolares, las cuales nos muestran dos dimensiones de un objeto tridimensional, lo que ocasiona distorsión y dificultad para interpretar correctamente las imágenes, lo que puede llevarnos a un diagnóstico erróneo. Sin embargo, gracias al avance de la tecnología se han comenzado a utilizar las radiografías digitales, las cuales nos ofrecen mejores ventajas, como la obtención más rápida de la imagen y la manipulación de la imagen, mejorando el contraste de cada una de las imágenes, a pesar de eso encontramos ciertas limitaciones.

Por lo que la aparición de imágenes tridimensionales, como la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC), se consideran una técnica con gran potencial, ya que en comparación con imágenes bidimensionales elimina la superposición de estructuras, proporcionando una fiabilidad superior.

La tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) nos da imágenes 3D, las cuales están constituidas por vóxeles, permitiéndonos tener mediciones precisas, además de poder visualizar las imágenes en diferentes planos. Generalmente dependiendo del campo de visión de la TCHC se define la utilización en odontología (ortodoncia, implantología, cirugía bucal, patología); mientras que en el caso de endodoncia se recomienda utilizar un campo de visión limitado, brindándonos una imagen pequeña con mayor resolución y poca radiación.

En endodoncia la tomografía computarizada de haz cónico nos permite tener gran exactitud y por ende mejorar el diagnóstico. Se puede utilizar en la identificación de morfología radicular, fracturas radiculares, patologías periapicales, reabsorción radicular externa o interna y en la planeación de cirugía periapical; ya que da información relevante como ubicación, extensión



exacta y la relación anatómica del diente afectado. Por lo que es evidente que la TCHC es considerada un método excelente auxiliar de diagnóstico.

Filenamente hay que tomar en cuenta que para el uso de la tomografía computarizada de haz cónico se deben de considerar diferentes situaciones y solo utilizarla en donde los sistemas convencionales no proporcionen la suficiente información para realizar un adecuado plan de tratamiento.



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Iannucci J, Howerton L. Radiografía dental. Caracas: Amolca; 2013.
2. Frommer H, Stabulas-Savage J, Palacios Martínez J. Radiología dental. México: Manual Moderno; 2011.
3. Whaites E, Drage N. Fundamentos de radiología dental. Barcelona: Elsevier; 2014
4. Hargreaves K, Berman L, Rotstein I. Cohen, vías de la pulpa. Barcelona: Elsevier; 2016.
5. Ambu E, Ghiretti R, Laziosi R, Penna R, Chau S. Radiología 3D en odontología.
6. Barbieri Petrelli G, Flores Guillén J, Escribano Bermejo M, Discepoli N. Actualización en radiología dental. Radiología convencional Vs digital. Av Odontoestomatol. 2006; 22(2):131-139.
7. Arana-Fernández de Moya E, Buitrago-Vera P, Benet-Iranzo F, Tobarra-Pérez E. Tomografía computerizada: introducción a las aplicaciones dentales. RCOE 2006;11(3):311-322
8. Corbo Pereira. D. Tomografía Axial Computada. X 1 III Seminario de Ingeniería biomédica. 2004; 1-5.
9. Finlayson AF, Epifanio R. La tomografía computerizada de haz cónico. Ustasalud 2008; 7: 125 - 131
10. Scarfe W, Farman A. What is Cone-Beam CT and How Does It Work? Dental Clinics of North America. 2008; 52(4):707-730.
11. Lenguas, A.L., Ortega, R., Samara, G., López, M.A. Tomografía computerizada de haz cónico. Aplicaciones clínicas en odontología; comparación con otras técnicas. Cient Dent 2010;7; 2:147-159
12. N. Zamora Martínez, V. Paredes Gallardo, R.M. Cibrián Ortiz de Anda, J.L. Gandía Franco. Funcionamiento de la TC médica y de la TC de haz cónico en odontología. ¿Qué debemos saber? Rev Esp Ortod. 2011; 41:31-7



13. Montaña M. Tomografía Cone beam 3D sus aplicaciones en odontología. *Revista de actualización clínica*. 2013; 38:1897-1901.
14. Venskutonis T, Plotino G, Juodzbaly G, Mickevičienė L. The Importance of Cone-beam Computed Tomography in the Management of Endodontic Problems: A Review of the Literature. *Journal of Endodontics*. 2014;40(12):1895-1901.
15. COTTON T, GEISLER T, HOLDEN D, SCHWARTZ S, SCHINDLER W. Endodontic Applications of Cone-Beam Volumetric Tomography. *Journal of Endodontics*. 2007; 33(9):1121-1132.
16. Ball R, Barbizam J, Cohenca N. Intraoperative Endodontic Applications of Cone-Beam Computed Tomography. *Journal of Endodontics*. 2013; 39(4):548-557.
17. Oviedo Muñoz P, Hernández Añaños J. Tomografía computarizada Cone Beam en endodoncia. *Revista Estomatológica Herediana*. 2014; 22(1):59.
18. Badole G, Warhadpande M, Shenoi P, Lachure C, Badole S. A Rare Root Canal Configuration of Bilateral Maxillary First Molar with 7 Root Canals Diagnosed Using Cone-beam Computed Tomographic Scanning: A Case Report. *Journal of Endodontics*. 2014; 40(2):296-301.
19. Sachdeva G, Ballal S, Gopikrishna V, Kandaswamy D. Endodontic Management of a Mandibular Second Premolar with Four Roots and Four Root Canals with the Aid of Spiral Computed Tomography: A Case Report. *Journal of Endodontics*. 2008; 34(1):104-107.
20. Kruse C, Spin-Neto R, Reibel J, Wenzel A, Kirkevang L. Diagnostic validity of periapical radiography and CBCT for assessing periapical lesions that persist after endodontic surgery. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2017; 46(7):20170210.
21. Uraba S, Ebihara A, Komatsu K, Ohbayashi N, Okiji T. Ability of Cone-beam Computed Tomography to Detect Periapical Lesions That Were Not Detected by Periapical Radiography: A Retrospective Assessment



- According to Tooth Group. *Journal of Endodontics*. 2016; 42(8):1186-1190.
22. Kamburoğlu K, Yılmaz F, Gulsahi K, Gulen O, Gulsahi A. Change in Periapical Lesion and Adjacent Mucosal Thickening Dimensions One Year after Endodontic Treatment: Volumetric Cone-beam Computed Tomography Assessment. *Journal of Endodontics*. 2017;43(2):218-224.
23. Talwar S, Utneja S, Nawal R, Kaushik A, Srivastava D, Oberoy S. Role of Cone-beam Computed Tomography in Diagnosis of Vertical Root Fractures: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Endodontics*. 2016; 42(1):12-24.
24. Talwar S, Utneja S, Nawal R, Kaushik A, Srivastava D, Oberoy S. Role of Cone-beam Computed Tomography in Diagnosis of Vertical Root Fractures: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Endodontics*. 2016; 42(1):12-24.
25. Wang P, He W, Sun H, Lu Q, Ni L. Detection of vertical root fractures in non-endodontically treated molars using cone-beam computed tomography: a report of four representative cases. *Dental Traumatology*. 2011; 28(4):329-333.
26. Rothom R, Chuveera P. Differences in Healing of a Horizontal Root Fracture as Seen on Conventional Periapical Radiography and Cone-Beam Computed Tomography. *Case Reports in Dentistry*. 2017; 2017:1-5.
27. Creanga A, Geha H, Sankar V, Teixeira F, McMahan C, Noujeim M. Accuracy of digital periapical radiography and cone-beam computed tomography in detecting external root resorption. *Imaging Science in Dentistry*. 2015; 45(3):153.
28. Lima T, Gamba T, Zaia A, Soares A. Evaluation of cone beam computed tomography and periapical radiography in the diagnosis of root resorption. *Australian Dental Journal*. 2016;61(4):425-431.



29. Nilsson E, Bonte E, Bayet F, Lasfargues J. Management of Internal Root Resorption on Permanent Teeth. International Journal of Dentistry. 2013; 2013:1-7.