

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Odontología
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Endodoncia



Informe Final

*“Evaluación de la Morfología del conducto radicular en incisivos inferiores,
utilizando Tomografía Computarizada de Haz Cónico en la población
guatemalteca”*

Autora: Dra. Astrid Priscilla Sandoval Ortíz

Tutor: DDS. MSc. PhD. Kenneth Roderico Pineda Palacios

Coordinador de la Maestría en Endodoncia:

DDS. MSc. PhD. Kenneth Roderico Pineda Palacios

Coordinador del Departamento de Investigación:

Director de la Escuela del Postgrado: Dr. Carlos Guillermo Alvarado Barrios

Guatemala, febrero 2019.

Índice

1. Introducción	5
2. Antecedentes	7
3. Planteamiento del problema	13
4. Justificación	14
5. Marco teórico	16
5.1 Morfología de las raíces y conductos del incisivo central y lateral inferior	16
5.1.1 Cámara pulpar	16
5.1.2 Conducto radicular	16
5.1.3 Presencia de bifurcaciones en incisivos inferior	16
5.2 Clasificación del sistema de conductos radiculares	17
5.2.1 Clasificación de Weine	17
5.2.2 Clasificación de Vertuchi	18
5.3 Factores que indican la presencia de conductos adicionales	18
5.4 Técnicas para evaluar la anatomía de conductos radiculares	19
5.4.1 Limitaciones de la radiografía convencional para el diagnóstico en endodoncia	19
5.4.1.1 Compresión de la anatomía tridimensional	19
5.4.1.2 Distorsión geométrica	20
5.4.1.3 Ruido anatómico	20
5.4.2 Técnicas radiográficas para el diagnóstico endodóntico	21
5.4.2.1 Radiografía periapical	21

5.4.2.2 Tomografía computarizada	22
5.4.2.3 Tomografía computarizada tradicional (CT Scan)	22
5.4.2.4 Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT)	23
5.4.2.4.1 Tiempo de Exposición	23
5.4.2.4.2 Adquisición de Imágenes	24
5.4.2.4.3 Planos de orientación del CBCT	25
5.4.2.4.3.1 Plano coronal	25
5.4.2.4.3.2 Plano sagital	25
5.4.2.4.3.3 Plano axial	25
5.4.2.4.4 Medidas de volumen	26
5.4.2.2.4.1 Campo de visión pequeño	26
5.4.2.2.4.2 Campo de visión mediano	26
5.4.2.2.4.3 Campo de visión grande	27
5.4.2.2.5 Dosis efectiva de radiación	27
5.4.2.2.6 Limitaciones del CBCT	27
5.4.2.2.7 Usos de la tomografía computarizada de haz cónico en odontología	28
5.4.2.2.8 Uso de la tomografía en Endodoncia	28
5.4.2.5 Microtomografía computarizada	29
5.5 Comparación entre técnicas	30
5.6 Estudios realizados en incisivos inferiores con diferentes técnicas	31
6. Marco metodológico	32
6.1 Objetivo general	32

6.2 Objetivos Específicos	32
6.3 Diseño del estudio	33
6.4 Población de estudio	33
6.5 Muestra	33
6.5.1 Criterios de inclusión	33
6.5.2 Criterios de exclusión	33
6.6. Variables	34
6.6.1 Variable independiente (definición, clasificación y valor)	34
6.6.2 Variable dependiente (definición, clasificación y valor)	34
6.7 Descripción del estudio	34
6.8 Instrumento de recolección de datos	36
7. Análisis estadístico	36
8. Resultados	37
9. Discusión	40
10. Conclusiones	44
11. Recomendaciones	45
12. Limitaciones	46
13. Referencias Bibliográficas	47

1. Introducción

En la terapia endodóntica uno de los objetivos principales es reducir el número de microorganismos y debridar el sistema de conductos radiculares, la limpieza mecánica es uno de los pasos más importantes. Grossman ⁽¹⁾ y Schilder ⁽²⁾ consideran que la limpieza y conformación es fundamental para el éxito del tratamiento y sobre todo la conformación apical ⁽³⁾.

Se ha demostrado la enorme variación y complejidad del sistema de conductos radiculares, conductos accesorios y múltiples forámenes, ésta cambia de persona a persona y entre piezas dentales, no existe un patrón que se adapte a cada una de estas variaciones anatómicas, sino que presentan cambios en el número de conductos y de raíces, pudiendo alterar o cambiar el curso del procedimiento dependiendo de lo encontrado en cada caso ⁽⁴⁾. Omitir la preparación de un conducto es sinónimo de fracaso y cuando sucede en la mayoría de los casos es porque no se localizó o se ignora su presencia ⁽⁴⁾.

Las radiografías convencionales como herramientas de diagnóstico, debido a que son imágenes en dos dimensiones, no proporcionan en su totalidad la verdadera anatomía de los conductos radiculares ⁽⁵⁾. Diferentes técnicas se han utilizado para identificar la presencia de conductos laterales y accesorios tales como diafanización (clarificación), tinción, inyección de resina, radiografías convencionales y digitales, seccionando de piezas dentales examinados con magnificación, evaluación con micro tomografía y tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) ⁽⁶⁾.

Ésta última (CBCT), en endodoncia ha sido de gran utilidad tanto para el diagnóstico, como para el reconocimiento de la anatomía interna de los conductos radiculares, previo a la realización del tratamiento endodóntico y permite al especialista y odontólogo general tomar mejores decisiones ⁽⁶⁾.

En la literatura se describe una variabilidad en cuanto a la morfología de los conductos radiculares, que puede atribuirse a la raza, edad y el género de la población ⁽⁷⁾.

Se han propuesto diferentes clasificaciones para agrupar estas variantes y comunicarse fácilmente con otros colegas, una de ellas es la clasificación de Vertucci que propone agruparlos en ocho tipos, que pueden aplicarse a los diferentes grupos dentarios, siendo estos, tipo I: un conducto desde la cámara pulpar hacia el ápice, tipo II: dos conductos separados desde la cámara pulpar y se unen próximos al ápice y termina en uno solo, tipo III: un conducto desde cámara pulpar que se divide en dos para unirse en un conducto en apical, tipo IV: dos conductos separados hasta apical, tipo V: un conducto desde cámara pulpar para dividirse en dos separados en apical, tipo VI: dos conductos desde cámara pulpar, luego se fusionan en tercio medio para dividirse en dos foraminas diferentes en apical, tipo VII: un conducto desde cámara pulpar, se divide en tercio medio, luego se fusiona y próximo al ápice vuelve a dividirse para terminar en dos conductos diferentes hasta el ápice, tipo VIII: son tres conductos separados desde cámara pulpar hasta el ápices ^(8,9)

Con el propósito de analizar la anatomía de los conductos radiculares de incisivos inferiores se diseñó este estudio para observar que tipo de anatomía radicular según la clasificación de Vertucci es la más frecuente de encontrar en la población guatemalteca por medio de la utilización de la tomografía computarizada de haz cónico.

El estudio se llevó a cabo en octubre del año 2018, con tomografías proporcionadas por un centro radiológico en la ciudad de Guatemala.

2. Antecedentes

La pieza dental está formada por tres partes corona, cuello y raíz, los tejidos dentales por los que está compuesto son esmalte, dentina, tejido pulpar y cemento. El área de endodoncia se ocupa principalmente del tejido pulpar que posee un sistema de conductos radiculares que puede ser variado entre cada pieza dental y entre pacientes ⁽¹⁰⁾.

El sistema de conductos radiculares se define como el espacio de la pieza dental que contiene el tejido pulpar, éste se divide en dos porciones una donde se presenta la cámara pulpar que se localiza en el espacio de la corona anatómica y la segunda es la que se encuentra en el espacio que encierra la raíz. ⁽¹⁰⁾.

Además, el sistema de conductos radiculares cuenta con un orificio de entrada a los conductos que se encuentra en la base de la cámara pulpar donde comienza el conducto radicular, generalmente se encuentra ubicado en la línea cervical de la pieza dental y finaliza en el foramen ⁽¹⁰⁾.

El éxito de la terapia endodóntica depende del correcto debridamiento y limpieza de ese sistema de conductos radiculares que puede ser muy complejo, así como de su obturación. Tanto el odontólogo general como el especialista en endodoncia deben conocer la morfología de los conductos radiculares y esas variantes que pueden presentarse, ya que esto es un requisito indispensable para realizar este tratamiento ⁽¹¹⁾.

Con el objetivo de conocer esta anatomía a lo largo de los años se han realizado investigaciones para conocer la anatomía interna de los conductos de todas las piezas dentales, utilizando diferentes técnicas como diafanización (clarificación), tinción, inyección de resina, radiografías convencionales y digitales, seccionando de piezas dentales examinados con magnificación, evaluación con micro tomografía y tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y en diferentes poblaciones encontrando diversidad en estos estudios ⁽⁶⁾.

Los incisivos inferiores generalmente tienen una sola raíz. Cerca del 40% de estas piezas poseen dos conductos, pero solamente 1% tiene dos forámenes

separados ⁽¹²⁾, Miyashita y colaboradores ⁽¹³⁾ utilizaron el método de clarificación y evaluaron 1085 incisivos mandibulares y reportan que el 87.6% puede poseer un conducto y el 15% dos conductos. Otros estudios reportan que la incidencia de dos conductos en los incisivos inferiores puede ser de 0.3% ⁽¹³⁾ y tan alta como 45.3% ⁽¹⁵⁾.

Ezoddini et. al. ⁽¹⁶⁾ reporta una incidencia de 55.9%, Vertucci ⁽⁸⁾ reportó un segundo conducto en 27.5% de incisivos mandibulares, Sert et. al. ⁽¹⁷⁾ utilizaron el método de clarificación e inyección de tinta y los resultados presentaron un 68% que el incisivo central presenta dos conductos.

Mauger et. al., ⁽¹⁸⁾ examinaron incisivos inferiores a diferentes niveles seccionando las raíces (1, 2, y 3mm del ápice radicular) y lograron determinar, que la presencia de dos conductos fue del 2% a 1 mm, 0% a 2mm y 1% a 3mm, mientras que la presencia de istmos fue del 20% a 1mm, 30% a 2 mm y 55% a 3mm del ápice y, en el 75% de los dientes, la forma del conducto no fue constante, por lo general los conductos en incisivos inferiores suelen ser más redondos u ovalados con tendencia a estrecharse hacia el ápice y de forma ovalada o acintada a nivel coronal.

Benjamin y Dowson ⁽²⁰⁾ con el método radiográfico, encontraron en una muestra total de 364 incisivos inferiores, 151 (41,4%) tenían dos conductos cuando se examinaron clínicamente; es decir, por lo tanto, se acepta en general que la presencia de dos conductos radiculares dentro de los incisivos mandibulares permanentes de una sola raíz es la regla, no la excepción.

Funato et. al. ⁽²¹⁾ reportaron el caso de un incisivo central mandibular con dos conductos radiculares y dos forámenes apicales separados. La pieza dental mostró un tratamiento endodóntico inadecuado y una lesión radiolúcida periapical. Este caso demostró que una buena comprensión de la anatomía del sistema de conductos radiculares es un requisito previo esencial para el tratamiento exitoso del conducto radicular, así como el estudio de Reid ⁽²²⁾.

Estudios realizados con CBCT

La tomografía de haz cónico (CBCT), provee tres dimensiones para observar las raíces, conductos y estructuras adyacentes, se ha convertido en una herramienta de diagnóstico muy importante en odontología, y mucho más en el campo de la práctica endodóntica para el diagnóstico de la morfología y la identificación de conductos y raíces adicionales. Esta es una herramienta no invasiva que puede utilizarse en pacientes in vivo, diferente a técnicas anteriores donde se utilizan piezas extraídas y deben cortarse las muestras para obtener información ⁽⁶⁾.

Diversos estudios se han realizado como el estudio de Avi Shemesh et. al. donde se evaluaron CBCT que habían sido tomados en el instituto de Israel desde el año 2009 al 2012, se examinaron 446 hombres y 570 mujeres de edades entre 13 a 89 años con un promedio de edad de 38.35 años. El total de piezas examinadas fue de 1472 incisivos centrales inferiores y 1508 incisivos laterales inferiores. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: en centrales inferiores tipo I (59.5%), tipo III (33.7%), en laterales se encontró tipo I en un (62.1%) y tipo III en (31.9%), tanto en centrales como en laterales los tipos II, IV y VIII fueron raros y el tipo VI y VII no fue detectado. ⁽²³⁾

Un dato interesante de este estudio es que la separación en tipo II y V en los incisivos centrales y laterales se encontró en el tercio medio en 81.5 % y 79 %, el porcentaje restante se encontró en cervical en ambos casos. ⁽²³⁾

En una población iraní Aminosobhani y colaboradores, utilizando la técnica de tomografía computarizada de haz cónico se encontraron 5 tipos de configuración de conductos según la clasificación de Vertucci, siendo la más común el tipo I con 72.7% en incisivos centrales y 70.6% de incisivos laterales inferiores el 27.3% de incisivos centrales y 29.4% de incisivos laterales inferiores presentaron dos conductos. La configuración menos prevalente fue el tipo V con un porcentaje de 3.6% en incisivos centrales y 3.2% en incisivos laterales ⁽²⁴⁾.

Han y colaboradores evaluaron 648 pacientes de CBCT de la universidad de Jinan, China tomados en enero del 2012 y agosto del 2013, se evaluaron un total

de 3871 piezas anteriores (incisivos centrales, laterales y caninos), los resultados obtenidos fueron los siguientes: Todos los incisivos tenían una raíz. Del total de piezas 1284 eran centrales, 1294 laterales y 1291 caninos, la incidencia de encontrar un segundo conducto en los incisivos inferiores fue de 21.55 %. Según la clasificación de vertucci tipo I se encontraron 1084 incisivos centrales con un 84.29% 940 incisivos laterales con un 72.64%, tipo III en centrales se encontraron 84 con un 6.53% y laterales 202 con un 15.53%, tipo V 50 centrales con un 3.89%, 66 laterales con un 5.10%, tipo II 44 centrales con un 3.42% y 52 laterales con un 4.02% ⁽²⁵⁾.

Smita y Monali en su estudio en una población india evaluaron un total de 102 incisivos inferiores (50.98% centrales y 49.02% laterales), ellos evaluaron el número de raíces y el número de conductos, los resultados obtenidos fueron que todos tenían una raíz, entre las 102 piezas evaluadas se encontraron un 81.37% tenían un solo conducto y un 28.43 tenían dos conductos. La clasificación de Vertucci más frecuente de encontrar es el tipo I con un 64.71%, tipo II 23.53% tipo III 8.82%, tipo IV con un 2.94% ⁽²⁶⁾.

Verma y colaboradores estudiaron las imágenes de CBCT de 200 pacientes, 800 incisivos mandibulares, entre las edades de 18 a 60 años evaluaron el número de raíces, el número de conductos y los clasificaron de acuerdo a la clasificación de vertucci. De estos 200 pacientes 103 eran hombres y 97 mujeres, los resultados obtenidos fueron los siguientes: tipo I se encontraron en un 66.5%, tipo II, 12.12%, tipo III 15.25%, tipo IV 2.37%, tipo V 3.12%, de acuerdo al género 15.2% de hombres y 20.4% de mujeres tuvieron un segundo conducto. ⁽²⁷⁾

En el estudio de Lin Z, et. al. se evaluaron 353 pacientes que se atendieron en Hospital Universitario de Nanjing, China que asistieron en los meses de junio 2011 y mayo 2012. Los resultados obtenidos fueron los siguientes, de 190 mujeres y 193 hombres con un total de 1412 piezas 706 incisivos centrales inferiores y 706 incisivos laterales inferiores, del total 257 incisivos tuvieron dos conductos. Del total de la muestra los resultados fueron los siguientes: tipo I: 81.8% tipo II: 3.0% tipo III:

12.7%, tipo IV: 1.9% y tipo V 0.5%. La incidencia de encontrar dos conductos fue de 10.9% de los incisivos centrales y 25.5% de los incisivos laterales y del total de la muestra la incidencia de encontrar dos conductos fue de 18.2%, siendo mayor encontrar dos conductos en incisivos laterales que en los incisivos centrales, De los incisivos que poseían dos conductos, el tipo III fueron más prevalentes con un 70% seguido del tipo II, IV y V ⁽²⁸⁾.

En el estudio de Liu y colaboradores se observaron CBCT del Hospital de estomatología de la Universidad de Chongqing a pacientes que asistieron de abril 2011 a mayo del 2012, 190 hombres y 208 mujeres, en edades entre 16 y 50 años, se evaluaron 1553 incisivos inferiores, los resultados obtenidos fueron los siguientes: incisivos centrales inferiores: tipo I 91.1%. tipo II 2.0%, tipo III 5.3%, tipo IV 1.3%, Tipo V 0.3%. Incisivos laterales inferiores Tipo I 83.2% tipo II 3.9%, tipo III 10.4, tipo IV 2.8, Tipo V 0.3%. En este estudio la mayor incidencia fue tipo I con un 86.8%. La prevalencia de encontrar dos conductos en incisivos centrales fue de 8.9% siendo mayor en incisivos laterales con un 17.5% ⁽²⁹⁾.

De acuerdo al género el 14.6% de incisivos en pacientes masculinos poseía un segundo conducto mientras que en pacientes femeninos el 11.9%, no existiendo diferencias estadísticamente significativas en ambos grupos ⁽²⁹⁾.

Si el clínico no reconoce la anatomía del sistema de conductos radiculares, así como las posibles anomalías de desarrollo y sus consecuencias, podría producirse una limpieza inadecuada del sistema del conducto radicular, que podría contribuir a resultados desfavorables del tratamiento endodóntico debido a la presencia de un conducto lingual no detectado, istmos, bifurcaciones y la consiguiente necesidad de realizar un retratamiento o en última instancia una intervención quirúrgica ⁽²²⁾.

La diferencia entre los estudios morfológicos puede estar relacionada a variaciones en los métodos que se utilizaron para examinar las muestras, clasificación de sistemas, tamaño de la muestra y el origen étnico de la población en estudio ⁽²⁴⁾.

Como se observó en los estudios presentados, se han realizado estudios de la morfología del conducto radicular de incisivos inferiores en diversas poblaciones, y los datos encontrados varían, en Guatemala no se ha encontrado estudios de la anatomía de conductos radiculares de incisivos inferiores utilizando la técnica de CBCT.

3. Planteamiento del Problema

La complejidad de la anatomía de los conductos radiculares en las piezas dentales, puede presentar desafíos para el clínico. En ocasiones obviar la presencia de uno puede significar el fracaso del tratamiento endodóntico. El entendimiento de la arquitectura y el conocimiento previo de la morfología del conducto radicular, puede ser una clave importante en el mejoramiento de la práctica clínica y facilitar la detección precisa de la cantidad de conductos presentes de una pieza dental durante el tratamiento. ⁽⁵⁾

Los incisivos inferiores parecen tener una anatomía simple, pero pueden encontrarse la presencia de conductos bifurcados y laterales. La literatura reporta que los incisivos inferiores pueden poseer dos conductos en un 40% de los casos, pero solo el 1% puede tener forámenes separados ⁽¹²⁾. Miyashita et. al. ⁽¹³⁾ reportan que el 85% puede poseer un conducto y el 3% dos conductos separados.

Estos porcentajes pueden variar según la técnica utilizada para evaluar la morfología de los conductos (diafanización, tinción, inyección de resina, radiografías convencionales y digitales, seccionado de piezas dentales examinados con magnificación, evaluación con micro tomografía y tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) ⁽⁶⁾ y también dependiendo de la raza de la población en estudio.

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) proporciona información completa sobre la morfología de los conductos radiculares, siendo una de las herramientas de gran utilidad en el diagnóstico y tratamiento en endodoncia. ⁽⁵⁾

Debido a la variación de la morfología de los conductos en las distintas poblaciones surge la interrogante ¿Cuál será la morfología más frecuente de los conductos radiculares en incisivos inferiores en la población guatemalteca utilizando tomografía computarizada de haz cónico?

4. Justificación

La investigación de la anatomía de los conductos radiculares es de gran utilidad tanto para el especialista en endodoncia como para el odontólogo general. Esto nos ayuda a ubicarnos, localizarlos y realizar una correcta desinfección químico-mecánica, así como la adecuada obturación. Desafortunadamente, la preparación de los conductos puede verse afectada por variaciones en la anatomía como: bifurcaciones de los conductos, conductos laterales y deltas apicales ⁽³⁰⁾.

Usualmente las piezas dentales tanto de maxilar superior y de maxilar inferior con una sola raíz, presenta un solo conducto. Sin embargo, algunas piezas en particular como los incisivos y premolares inferiores presentan variaciones en su morfología y su sistema de conductos radiculares. En los incisivos inferiores, a menudo presentan un puente dentinario en la cámara pulpar que divide el conducto en dos; estos dos conductos generalmente se unen y salen a través de un solo foramen apical, pero pueden persistir como dos conductos totalmente separados con dos forámenes totalmente distintos. En ocasiones un conducto puede ramificarse en dos y posteriormente pueden unirse en uno solo antes de llegar al ápice ^{(13), (31)}.

La literatura reporta que la incidencia de dos conductos en los incisivos inferiores es de 0.3% ⁽¹⁴⁾ y tan alta como 45.3% ⁽¹⁵⁾. Este amplio rango de variación, de encontrar un segundo conducto en estas piezas dentales, se ha relacionado con las diferentes metodologías utilizadas y diferencias raciales. El no tener el conocimiento de estas variaciones puede conllevar a dar un mal diagnóstico, tratamiento y el éxito clínico se disminuye.

Con el propósito de obtener datos sobre la morfología de los conductos radiculares se han propuesto diferentes técnicas desde diafanización, tinción, inyección de resina, radiografías convencionales y digitales, seccionando de piezas dentales examinados con magnificación, evaluación con micro tomografía y tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) ⁽⁶⁾.

Los métodos anteriormente mencionados tienen sus limitaciones para determinar con precisión estas variantes morfológicas, con excepción de microtomografía y tomografía computarizada de haz cónico. El CBCT es una herramienta no invasiva que puede proveer información morfológica en tres dimensiones (plano axial, sagital y coronal) de la anatomía maxilofacial ⁽³²⁾.

Estudios con el uso de CBCT se han realizado para evaluar anatomía de los conductos radiculares, así como las variantes de conductos en “C”, detección de un segundo conducto mesiobucal en primeras molares superiores, etc. ^{(32) (33)}.

Se realizó este estudio en incisivos centrales y laterales inferiores debido a que en estudios en diferentes poblaciones se ha demostrado, que estas piezas a pesar que poseen una sola raíz, en ocasiones pueden presentar más de un conducto, bifurcaciones a nivel de tercio medio etc. ⁽⁶⁹⁾, y el no conocer estas variaciones puede disminuir el éxito clínico, comenzando por un mal diagnóstico y finalizando con un mal tratamiento.

Debido a que en Guatemala no existían estudios sobre el tipo de anatomía de los conductos radiculares de incisivos centrales y laterales inferiores se realizó este estudio utilizando tomografía de haz cónico, debido a que es una técnica no invasiva y se pueden observar diferentes planos (axial, sagital y coronal) ⁽³²⁾, se puede obtener un mejor panorama de las variantes que se puedan encontrar en nuestra población y asimismo mejorar el éxito clínico.

5. Marco Teórico

5.1 Morfología de las raíces y conductos del incisivo central y lateral inferior

5.1.1 Cámara pulpar

Se presenta como un espacio achatado en sentido vestíbulo lingual y ensanchado en sentido mesiodistal. Al corte longitudinal en sentido mesiodistal muestra dos o tres concavidades o prolongamientos en dirección al borde incisal, que corresponde a los lóbulos de desarrollo ⁽³⁴⁾.

5.1.2 Conducto radicular

La raíz del incisivo central inferior presenta un acentuado achatamiento en sentido mesiodistal; su conducto radicular similar al aspecto externo de la raíz es también pronunciadamente achatado en ese mismo sentido. Longitudinalmente, en sentido vestibulolingual es amplio en su porción media, en la que, la presencia de septos de dentina frecuentemente determina la bifurcación del conducto ⁽³⁴⁾.

La morfología de estas piezas dentales es muy similar. El incisivo central tiene un promedio en longitud de 20.5 mm y el lateral es un poco más largo con un promedio de longitud de 21 mm ⁽¹²⁾.

5.1.3 Presencia de bifurcaciones en incisivos inferiores

Los incisivos no son tan simples como parecen observarse en las radiografías periapicales, y pueden complicarse con la presencia de bifurcaciones y conductos laterales.

La bifurcación se define como la posición donde el conducto se divide en dos más pequeños que siguen vías divergentes. En algunos casos estos conductos pueden unirse nuevamente y formar un solo conducto otra vez ⁽³⁵⁾.

Los conductos laterales son los que emergen desde el conducto principal, pero toman un curso perpendicular y salen hacia el espacio del ligamento periodontal ⁽³⁵⁾.

En un estudio realizado por Caliskan et. al. ⁽³⁶⁾ en una población turca en 1400 piezas dentales, se determinó la presencia de anastomosis transversas, deltas apicales, tipos de conductos, ramificaciones, así como la localización del foramen apical, lográndose identificar a nivel de incisivos laterales inferiores una alta incidencia de deltas apicales.

La presencia de conductos accesorios o adicionales es proporcional a la edad del paciente; se ha logrado determinar un mayor número de estos pacientes entre 35-45 años que, en pacientes mayores de 55, en quienes el número de bifurcaciones, conductos accesorios o ramificaciones va en disminución debido a la presencia de calcificaciones ⁽³⁷⁾.

Muchos de los conductos secundarios, accesorios y laterales se detectan solo por medio de un estereomicroscopio una vez que los dientes han sido extraídos, y descalcificados. La mayoría de ellos son muy pequeños y no se pueden identificar in vivo durante el tratamiento de endodoncia o en radiografías periapicales ⁽³⁵⁾.

5.2 Clasificación del sistema de conductos radiculares

A través de los años se han planteado clasificaciones para agrupar la variabilidad del sistema de conductos radiculares y comunicarse más fácilmente con los otros colegas. Esta clasificación lleva el nombre del autor que la propone.

5.2.1 Clasificación de Weine

Weine ⁽³¹⁾ clasifica al sistema de conductos radiculares en cuatro grupos:

Tipo I: Un conducto que va desde la cámara pulpar al ápice radicular.

TIPO II: Dos conductos separados parten desde la cámara pulpar y se fusionan a nivel del tercio apical para terminar en un sólo conducto hasta el ápice radicular.

TIPO III: Dos conductos que parten desde la cámara pulpar para terminar en dos foraminas diferentes a nivel apical.

TIPO IV: Un conducto que parte desde la cámara pulpar, dividiéndose a nivel del ápice en dos conductos con foraminas distintas.

5.2.2 Clasificación de Vertucci

Vertucci ⁽⁸⁾, ⁽⁹⁾ clasifica el sistema de conductos radiculares de una manera más amplia, él propone agruparlos en ocho tipos que pueden disponerse en los diferentes grupos dentarios.

TIPO I: un conducto único que se extiende desde la cámara al ápice.

TIPO II: dos conductos separados parten desde la cámara pulpar y se unen próximos al ápice, para terminar en uno solo.

TIPO III: Un conducto que parte desde la cámara para luego a nivel del tercio medio dividirse y posteriormente unirse, terminando en un solo conducto a nivel apical.

TIPO IV: Dos conductos separados que parten de la cámara pulpar y terminan como tales a nivel apical.

TIPO V: un conducto que inicia a nivel de la cámara para luego dividirse y terminar en dos conductos separados a nivel apical.

TIPO VI: dos conductos que emergen desde la cámara, a nivel del tercio medio se fusionan para luego nuevamente dividirse y terminar en dos foraminas diferentes a nivel apical.

TIPO VII: un conducto que parte desde la cámara, a nivel medio se divide para inmediatamente fusionarse, ya próximo a ápice se vuelve a dividir para terminar como dos conductos individuales hasta el ápice.

TIPO VIII: tres conductos separados inician desde la cámara pulpar hasta el ápice radicular.

5.3 Factores que indican la presencia de conductos adicionales

Existen ciertos signos que pueden indicar la presencia de conductos adicionales, como lo es la persistencia de sangrado después de la instrumentación en caso de piezas vitales, rarefacciones laterales a la raíz al tratarse de piezas necróticas, la localización excéntrica del conducto y de la lima, esto puede observarse

radiográficamente, formación de burbujas como reacción de la persistencia de tejido orgánico con el hipoclorito de sodio empleado ⁽³⁶⁾.

Se debe realizar una interpretación radiográfica cuidadosa de las piezas dentales para no pasar por alto los conductos adicionales, lo ideal es si se sospecha de conductos adicionales tomar radiografías con diferentes angulaciones horizontales ⁽⁹⁾.

5.4 Técnicas para evaluar anatomía de conductos radiculares

Debido a que la morfología de los conductos radiculares es muy variable, y en busca del nuevo conocimiento, diversos investigadores han propuesto técnicas tanto in vivo como in vitro para su evaluación, dentro de estas se encuentra: la diafanización, tinción, inyección de resina, seccionando de piezas dentales examinados con magnificación, radiografías convencionales y digitales, evaluación con micro tomografía y tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) ⁽⁶⁾. La diafanización ha sido una técnica muy utilizada en la evaluación de conductos radiculares hasta la aparición de nuevas tecnologías como la radiografía. El TAC y el CBCT se incorporaron posteriormente y por último y más reciente el Micro-CT.

La nueva tecnología aumenta la fiabilidad y la precisión de la observación de la anatomía interna, siendo métodos no invasivos y no implican la destrucción total o parcial de la muestra, además pueden realizarse in vivo como lo es el CBCT.

5.4.1 Limitaciones de la radiografía convencional para el diagnóstico en endodoncia

5.4.1.1 Compresión de la anatomía tridimensional

Las imágenes convencionales comprimen la anatomía tridimensional en una imagen bidimensional o sombra limitando en gran medida el rendimiento del diagnóstico ⁽³⁸⁾. En este caso la tercera dimensión (plano buco-lingual) no puede ser apreciada completamente. La ubicación, naturaleza y forma de las estructuras dentro de la raíz (reabsorciones) puede ser difícil de evaluar.

En un intento de superar las limitaciones de la radiografía convencional, se propone realizar radiografías adicionales en diferentes angulaciones de la cabeza del tubo de rayos x, para evaluar fracturas, luxaciones y lesiones por avulsión ⁽³⁹⁾.

5.4.1.2 Distorsión geométrica

Debido a la complejidad del esqueleto maxilofacial las imágenes radiográficas no siempre replican con precisión la anatomía evaluada. Idealmente las radiografías deben tomarse con una técnica de paralelismo en lugar de la técnica de bisectriz, ya que produce más precisión geométrica ⁽⁴⁰⁾.

La falta de orientación del eje largo de la pieza da como resultado la distorsión geométrica (geometría de proyección pobre) de la imagen radiográfica. El posicionamiento de sensores puede ser aún más desafiante debido a su rigidez y volumen en comparación con las películas de rayos x convencionales y placa de fósforo digital ^(41,42).

La sobre angulación o sub-angulación puede reducir o aumentar respectivamente la longitud de la raíz radiográfica de la pieza dental en investigación ⁽⁴²⁾.

5.4.1.3 Ruido anatómico

Las características anatómicas pueden oscurecer el área de interés lo que dificulta interpretar imágenes radiográficas ⁽⁴⁰⁾. Estas características anatómicas se conocen como ruido anatómico, estructurado o de fondo y pueden ser opacos (cigomático) o radiolúcidos (foramen incisivo, seno maxilar). Cuanto más complejo es el ruido anatómico, mayor es la reducción del contraste dentro del área de interés con el resultado de que la imagen radiográfica puede ser más difícil de interpretar.

El ruido anatómico depende de varios factores, que incluyen: anatomía circundante, el grosor del hueso esponjoso y la placa cortical y, por último, la relación de los ápices de la raíz con la placa cortical ⁽⁴⁰⁾.

El problema del ruido anatómico en endodoncia fue observado por primera vez por Brynolf en 1967 y 1970 ^(43,44), quién observó que la proyección del canal incisivo sobre los ápices de los incisivos superiores puede complicar la interpretación radiográfica.

En cuanto a las lesiones periapicales Bender & Seltzer en 1961 ⁽⁴⁵⁾ llegaron a la conclusión que están confinadas al hueso esponjoso y no se visualizan fácilmente en las radiografías. Este es otro ejemplo de ruido anatómico, siendo el área de interés enmascarado por la placa cortical suprayacente más densa. Las lesiones periapicales pueden ser detectadas con éxito cuando se limita a hueso esponjoso, siempre que el hueso cortical en su exterior esté delgado y el ruido anatómico mínimo. Tales lesiones pueden pasar desapercibidas debajo de una cortical gruesa. Esto explica algo de la subestimación del tamaño de la lesión periapical en imágenes radiográficas cuando son pequeñas.

5.4.2 Técnicas radiográficas para el diagnóstico endodóntico.

5.4.2.1 Radiografía periapical

El método radiográfico, es una de las pruebas diagnósticas más valiosas en la terapia endodóntica. Aunque en ocasiones la interpretación de las mismas puede verse obstaculizada por la superposición de imágenes del tejido duro que rodea a la pieza dental, con la desventaja de no producir la tridimensionalidad que posee el sistema de conductos radiculares ⁽⁴⁶⁾.

Nattress y Matin et. al. ⁽⁴⁷⁾ en su estudio sobre predictibilidad del diagnóstico radiográfico en incisivos y premolares inferiores, y tomando como guía la desaparición o estrechamiento del conducto en una radiografía ortoradial, lograron determinar que este signo radiográfico no indica la presencia de un conducto adicional lo cual fue comprobado al realizar tomas radiográficas excéntricas. De un total de 455 incisivos inferiores, en 379 se realizó una predicción correcta de un sólo conducto, en 40 dientes de dos conductos, mientras que en 17 dientes se realizó una predicción de un conducto cuando fueron dos los presentes y en 19 incisivos la

predicción incorrecta de dos conductos cuando en realidad se encontraba un conducto único.

Debido a que el método radiográfico convencional nos muestra una imagen bidimensional, éste debe ser considerado una ayuda diagnóstica y no un método definitivo o certero para determinar la anatomía del sistema de conductos radiculares.

5.4.2.2 Tomografía computarizada

La palabra tomografía es formada por la unión de dos términos griegos “tomos” que significa “partes” y “graphos” que significa “registro”. De esta forma la tomografía consiste en la obtención de imágenes de un cuerpo en partes o cortes, localizados dentro de un plano determinado, permitiendo la visualización de una zona en particular, con escasa o nula superposición de estructuras ⁽⁴⁸⁾.

La tomografía se divide en convencional y computarizada. Dependiendo del tipo de haz de rayos X empleado, la tomografía computarizada puede clasificarse en: tomografía tradicional de haz (fan beam), tomografía de haz volumétrico o de haz cónico (cone beam-CBCT) o también llamada tomografía de volumen digital.

5.4.2.3 Tomografía computarizada tradicional (CT Scan)

Este tipo de tomografía usa un sistema de haz en rango (fan beam) y múltiples exposiciones alrededor de un objeto para revelar la arquitectura interna del mismo, ayudando al especialista a observar la morfología y patología en tres dimensiones.

Una desventaja de este tipo de tomografía es que el CT Scan gira varias veces alrededor del mismo objeto, debido al espesor del tejido en estudio y los cortes que necesita realizar, en este caso se incrementa tanto el tiempo de exposición como la dosis de radiación que recibe el paciente, al ser comparada con la tomografía computarizada de haz cónico ⁽⁴⁸⁾.

5.4.2.4 Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT)

La tomografía computarizada de haz cónico representa un avance en la tecnología y un desenvolvimiento de un tomógrafo más pequeño y de menor costo para poder ser utilizado en Medicina y Odontología. Su aparición ocurrió en los años noventa, donde el italiano Mozzo, presentó los resultados preliminares de un nuevo tomógrafo computarizada para la odontología basado en la técnica de haz cónico (forma de cono), y fue nombrado New Tom-9000. Este nuevo aparato tenía una alta precisión en la adquisición de imágenes, así como una dosis de radiación que equivale a 1/6 de la que liberaba la tomografía computarizada utilizada en medicina ⁽⁴⁹⁾.

Esta nueva tecnología proporciona a la odontología la reproducción de la imagen tridimensional de los tejidos mineralizados maxilofaciales, con mínima distorsión y dosis de radiación comparada con la tomografía computarizada tradicional ⁽⁵⁰⁾.

El equipo de tomografía computarizada de haz cónico es muy compacto y se asemeja al aparato de radiografía panorámica. La posición del paciente puede ser sentado o de pie. Presenta dos componentes principales, posicionados en extremos opuestos de la cabeza del paciente: la fuente o tubo de rayos-x, que emite un haz en forma de cono, y un detector de rayos-x. El sistema del tubo detector realiza solamente un giro de 360 grados o de 180 grados (dependiendo del modelo) en torno a la cabeza del paciente y a cada determinado grado de giro (1 grado), el equipo adquiere una imagen base de la cabeza del paciente muy semejante a una telerradiografía, bajo diferentes ángulos o perspectivas ⁽⁵⁰⁾.

5.4.2.4.1 Tiempo de exposición

Los tiempos de exploración de la tomografía computarizada de haz cónico son de 10 a 40 segundos o puede variar de 10 a 70 segundos dependiendo del escáner usado y de los parámetros de exposición seleccionados. La emisión de rayos-x en estos aparatos es pulsada lo que significa que el tiempo de exposición real es una fracción de éste de 2 a 5 segundos. Esto da lugar a un máximo de 580 mini-exposiciones o imágenes de proyección durante el curso de la exploración ⁽⁵⁰⁾.

Al contrario, de la tomografía tradicional que necesita varias vueltas dependiendo el espesor del corte y tamaño de la estructura lo que resulta en una mayor exposición del paciente a la radiación ⁽⁵⁰⁾.

5.4.2.4.2 Adquisición de Imágenes

El CBCT debido a que tiene un haz en forma de abanico, apenas necesita un giro alrededor del área de interés para obtener la información necesaria para la reconstrucción de imágenes. Luego de la obtención de las imágenes esa secuencia es reconstruida para generar la imagen volumétrica en tres dimensiones por medio de un software específico con un sofisticado programa de algoritmos, instalado en una computadora convencional acoplado al tomógrafo. El tiempo del examen puede variar de 10 a 70 segundos (equivalente a una vuelta completa del sistema), pero el tiempo efectivo de exposición a los rayos-x es menor, con un tiempo estimado de 3 a 6 segundos ⁽⁵¹⁾.

Los datos reconstruidos forman pequeños voxeles isotrópicos cúbicos (presenta altura, anchura y profundidad en iguales dimensiones). Esto genera una exploración que contiene más de 100 millones de voxeles.

Cada voxel presenta dimensiones submilimétricas (menor que 1 milímetro, generalmente de 0,119 a 0,4 milímetro) por tanto, la imagen de tomografía presenta buena resolución ⁽⁴⁹⁾.

Cada mini-exposición o imagen de proyección genera una matriz de pixeles consistente de 262144 (512X512) pixeles. El conjunto de datos resultantes de CBCT consiste en hasta 580 matrices individuales, que luego son reconstruidos por computadoras personales en series de datos tridimensionales, consistentes de más de 100 millones de voxeles (512X512X512). La reconstrucción se logra en minutos ⁽⁵²⁾.

Para incrementar la resolución de la imagen, el número de pixeles por matriz (proyección de imagen) puede ser incrementada de 5122 a 10242. El volumen de estos datos resultante tridimensionalmente reconstruido consistirá luego de 10243 voxeles, siendo cada voxel la mitad de su tamaño original. Sin embargo, lograr esta

resolución mejorada ocasiona un aumento de dos a tres veces la exposición de radiación ⁽⁵²⁾.

Los cortes tomográficos son delgados como el espesor de un voxel (80-400um), y pueden observarse planos diferentes. Por medio de esta tecnología se puede visualizar la imagen en tres planos a la vez en la misma pantalla (axial, sagital y coronal), lo que permite conseguir una vista tridimensional. Mediante el movimiento del puntero sobre las imágenes se modifican inmediatamente los otros cortes reconstruidos posicionándose automáticamente en el mismo punto en el que el cursor lo ha determinado.

5.4.2.4.3 Planos de orientación del CBCT

5.4.2.4.3.1 Plano coronal

Se orienta hacia la porción anterior de la cara aproximadamente, paralelo a las superficies vestibulares de los dientes anteriores, se pueden observar estructuras de atrás hacia adelante o de adelante hacia atrás, una variación de ese plano son los cortes perpendiculares al paladar óseo. En vista se muestra la altura de la cavidad bucal, las fosas nasales, los senos maxilares y órbitas ⁽⁵³⁾.

5.4.2.4.3.2 Plano sagital

Se orienta en sentido antero posterior y con eso permite estudiar dos segmentos, uno derecho, otro izquierdo y muestra una buena relación de las raíces con las estructuras adyacentes. Con esta vista se puede evaluar el grosor de la cortical a nivel de los incisivos y problemas de obstrucción de vías aéreas por amígdalas y adenoides ⁽⁵³⁾.

5.4.2.4.3.3 Plano axial

En este plano se pueden observar las estructuras de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba. Es perpendicular al eje mayor del cuerpo. Es muy útil para evaluar las cortezas lingual y vestibular de la mandíbula, palatal y vestibular del

maxilar, así como las paredes anterior y posterior externa de los senos maxilares y en las orbitas sirve para valorar con exactitud las paredes mediales y laterales ⁽⁵³⁾.

5.4.2.4.4 Medidas de volumen

El tamaño del campo de visión o como se llama en inglés “Field of view” es dependiente del tamaño del sensor y la forma, la geometría del haz de proyección y la capacidad para colimar el haz de rayos X.

La forma del área de adquisición puede ser cilíndrica o esférica. El haz de colimación limita la exposición a la radiación de la región de interés y asegura que un óptimo campo de visión pueda seleccionarse sobre la base de presentación de la enfermedad. Mientras más pequeño es volumen o el campo de visión se producen imágenes de mayor resolución. A menor área de adquisición de volumen, mayor resolución espacial de imagen. En endodoncia se necesita una resolución óptima debido a que se debe diagnosticar espacios pequeños por ejemplo de ligamento periodontal que mide aproximadamente 200um.

En base a la relación altura-diámetro del volumen que se puede adquirir los equipos pueden clasificarse en: 1. Localizados (5 cm o menos), 2. Arco individual (5 a 7 cm), 3. Inter arcada (7 a 10 cm), 4. Maxilofacial (10 a 15 cm), cráneo-facial (más de 15 cm). El tamaño ideal en endodoncia para observar mejor la morfología de los conductos es de 5x5 cm.

Los equipos también pueden dividirse dependiendo el campo de visión que abarcan en: pequeño, mediano y grande ⁽⁵⁴⁾.

5.4.2.2.4.1 Campo de visión pequeño

Los tamaños de volumen de hasta 6 cm x 8 cm. Generalmente abarca un pequeño segmento del maxilar ⁽⁵⁴⁾.

5.4.2.2.4.2 Campo de visión mediano

Los tamaños de volumen van de hasta 8 cm x 14 cm. Este campo de visión puede abarcar casi todo el cráneo en una sola exploración. Básicamente puede abarcar los dos maxilares al mismo tiempo ⁽⁵⁴⁾.

5.4.2.2.4.3 Campo de visión grande

El tamaño de volumen es de hasta 16 cm x 16 cm. Estos tamaños de volúmenes más grandes pueden abarcar casi todo el cráneo en una sola exploración ⁽⁵⁴⁾.

5.4.2.2.5 Dosis efectiva de radiación

La dosis de radiación que recibe el paciente con una tomografía computarizada de haz cónico puede ser tan baja como la de una radiografía panorámica e inferior a una tomografía computarizada convencional equivalente en magnitud a dos o tres radiografías periapicales convencionales ⁽⁵⁵⁾.

Los factores que afectan la dosis de radiación producida por un sistema de tomografía computarizada de haz cónico pueden ser: los parámetros de imagen utilizado (kVp, mAs); cantidad, tipo y forma de filtración del haz; número de vueltas alrededor del paciente y el campo de visión que se requiera. Los factores como la calidad del haz y la filtración son específicos de la máquina, mientras que el campo de visión puede ser controlado por el operador ⁽⁵⁶⁾.

La tecnología de haz cónico utiliza dosis de radiación muy bajas para obtener imágenes volumétricas de gran calidad. Comparado con otras técnicas la dosis efectiva (usV) para la tomografía de haz cónico es de 29-330 usV, para tomografía computarizada es entre 150-1270 usV, una radiografía periapical 5 usV y una radiografía panorámica está entre 5-45 usV. ⁽⁵⁷⁾.

5.4.2.2.6 Limitaciones del CBCT

La precisión diagnóstica de la imagen puede verse afectada por artefactos que pueden producir estructuras vecinas de alta densidad, tales como el esmalte, los postes metálicos y algunas restauraciones. Al obtener imágenes in vivo la imagen diagnóstica puede perder mucha información al tener este tipo de artefactos ⁽⁵⁸⁾.

Los períodos de exploración son largos de 15-20 segundos y requieren que el paciente permanezca absolutamente quieto ⁽⁵⁸⁾.

5.4.2.2.7 Usos de la tomografía computarizada de haz cónico en odontología

Muchas son las aplicaciones en odontología de la tomografía computarizada de haz cónico; ha sido empleada en implantología, periodoncia, endodoncia, cirugía traumatología y ortodoncia.

Puede ser empleada para evaluar la morfología, cantidad y calidad ósea, fenestración ósea, altura de la cresta ósea alveolar y la lesión de furca, evaluación de fracturas, piezas incluidas, patologías maxilares, reabsorciones radiculares, evolución de la ATM, verificar conductos accesorios y fracturas radiculares ⁽⁴⁸⁾.

5.4.2.2.8 Uso de la tomografía en endodoncia

La radiografía convencional ofrece imágenes bidimensionales con información limitada, y se produce un enmascaramiento de las áreas de interés por las estructuras anatómicas que lo cubren. En endodoncia el uso de tomografía computarizada de haz cónico es de gran utilidad para el diagnóstico, plan de tratamiento y evaluación de resultados.

Aunque el uso del CBCT es de mucha utilidad debe limitarse a la evaluación y tratamiento de ciertas condiciones de endodoncia tales como:

- Identificación de conductos accesorios en dientes con morfología sospechosa.
- Identificación de anomalías del sistema de conductos radiculares y la determinación de la curvatura de la raíz.
- Diagnóstico de patologías, en pacientes que presentan signos clínicos contradictorios o inespecíficos y síntomas, que tienen síntomas de mal localizados asociados a un diente no tratado o previamente tratados con endodoncia, sin evidencia patológica por los métodos convencionales, y en caso de superposición anatómica de las raíces o las zonas del esqueleto maxilofacial es requerido para realizar tareas específicas.
- Diagnóstico de patologías de origen no odontogénico con el fin de determinar la extensión de la lesión y su efecto sobre las estructuras circundantes.

- Evaluación postoperatoria de tratamientos de conductos radiculares, como material de obturación extruido, instrumentos separados, localización de perforaciones, identificación de conductos calcificados.
- Localización de reabsorciones externas o interna, determinación de un tratamiento adecuado y pronóstico.
- Para la planificación de cirugías periapicales, localizar exactamente donde se localiza el ápice y para evaluar proximidad de estructuras anatómicas adyacentes.
- Diagnóstico de traumatismos dento-alveolares como lo son fracturas radiculares, desplazamiento de piezas dentales, fracturas alveolares ⁽⁵⁶⁾ ⁽⁵⁹⁾.

5.4.2.5 Microtomografía computarizada

Esta nueva tecnología se ha aplicado recientemente al estudio de la anatomía de los conductos radiculares, consiste en un aparato que emite un rayo x muy fino que incide en el objeto que se estudia, en forma de espectro, y es recogida por los detectores. Posteriormente el emisor de haz, cambia su posición, y vuelve a realizar el proceso anterior hasta abarcar todo el objeto. El computador transforma todos los datos recogidos por los detectores, en un conjunto de imágenes axiales de gran tamaño y alta definición.

El uso de esta tecnología permite que la adquisición de los datos no sea destructiva con la muestra en estudio, si no es conservadora y no invasiva, permite un examen rápido de las características morfológicas de una pieza dental.

El software y el hardware con el tiempo ha mejorado, han logrado la reducción del espesor del corte del rango convencional de una tomografía convencional (1.5 mm aprox.) a los sistemas de micro CT de 81 micras, 34 micras, y el 12.5 um 66-68.

La alta resolución del micro CT muestra la estructura interna, permitiendo la evaluación anatómica de una forma virtual y un análisis morfométrico, de forma muy precisa, de muestras de pequeño tamaño. Además de imágenes 2D podemos

recrear los modelos en 3D, logrando una reconstrucción digital del objeto, permitiendo su análisis morfológico ⁽⁶⁰⁾.

Debido a esta tecnología innovadora tanto el CBCT como el micro-CT se ha utilizado en estudios de anatomía y morfología radicular ^{(6) (11) (30) (33)}.

5.5 Comparación entre técnicas

Los estudios realizados para evaluar la morfología de las piezas dentales, han utilizado diversas técnicas entre ellas están: Clarificación e inyección de tinta, seccionamiento de piezas, radiografías convencionales, radiografía digital, radiografía con medios de contraste y recientemente técnicas con tomografía computarizada ⁽⁶¹⁾.

La técnica de clarificación e inyección de tinta es considerada el “Gold Standard” de las técnicas utilizadas para la evaluación de morfología de conductos, esta técnica solo puede ser utilizada in vitro, a diferencia de la utilización de la tomografía computarizada de haz cónico ⁽⁶¹⁾.

En la investigación realizada por Neelakantan et al, en 2010 realizada una comparación entre técnicas para evaluar la morfología de los conductos radiculares, utilizando como muestra 20 primeros molares inferiores, 20 primeros molares superiores, 20 segundos molares inferiores, 20 segundos molares superiores, 7 primeros premolares inferiores y 8 incisivos inferiores, entre las técnicas que se compararon fueron: CBCT, pQCT, SCT, radiografía digital convencional, radiografías digitales mejoradas con medio de contraste. Se utilizó la técnica de tinción modificada como “gold standard” para comparar las otras técnicas. La identificación de los conductos se realizó con la clasificación de Vertucci y Gulavivala en clases adicionales ⁽⁶¹⁾.

El resultado obtenido con la técnica de tinción modificada y clarificación se identificaron un promedio de 1.8 conductos radiculares en incisivos inferiores, 2.3 en primeros premolares superiores, 3.9 en primer molar superior, 3.8 en segundo molar superior e inferior y 4.3 en primer molar inferior. Con la técnica de CBCT y pQCT marcaron un error en 0.29% y 2.05% de casos, mientras que el SCT indicó

15.58%, radiografías digitales con medio de contraste 14.7%, radiografía convencional digital en el 23.8%, no mostraron éxito. Por lo cual se recomienda a la técnica de tinción modificada y clarificación, CBCT y pQCT como las técnicas más eficaces al momento de analizar la morfología interna del sistema de conductos radiculares ⁽⁶¹⁾.

5.6. Estudios realizados en incisivos inferiores con diferentes técnicas.

Autor	Número de piezas	Piezas Anteriores Inferiores	Método	Clasificación de Vertucci									
				I %	II %	III %	IV %	V %	VI %	VII %	VIII %	Otros %	
Madeira y Hetem (69)	683	centrales	Clarificación y tinción	88.7	11.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	650	laterales		88.2	11.3	0	0	0	0	0	0	0	0
Vertucci (62)	100	centrales	Clarificación y tinción	70	5	22	3	0	0	0	0	0	0
	100	laterales		75	5	18	2	0	0	0	0	0	0
Benjamin y Dowson (20)	100	Caninos	Radiográfico	78	14	2	6	0	0	0	0	0	0
	364	incisivos inferiores		58.6	40.1	0	1.3	0	0	0	0	0	0
Kartal y Yanikoglu et. al (63)	100	incisivos inferiores	Clarificación y tinción	55	16	20	4	3	0	0	0	0	2
	100	centrales		68.63	13.73	13.73	0	1.96	0	0	0	0	1.96
Caliskan et. al. (66)	100	laterales	Clarificación y tinción	68.63	13.73	15.69	0	1.96	0	0	0	0	0
	100	incisivos inferiores		87.6	9.3	0	1.4	1.7	0	0	0	0	0
Miyashita et. al (13)	1085	centrales	Clarificación y tinción	32.5	27.5	27	10	0.5	0	0	0	0	2.5
	200	laterales		36.8	26.9	26.4	9.5	0	0	0	0	0	0.5
Sert et. al (64)	201	caninos	Clarificación y tinción	76	16	6.5	1.5	0	0	0	0	0	0
	200	incisivos inferiores		73.8	10.9	6.7	5.1	3.6	0	0	0	0	0
Al-Quadah y Awawdeh (65)	450	centrales	Clarificación y tinción	64.52	18.28	16.67	0.5	0	0	0	0	0	0
	186	laterales		61.71	16.41	21.09	0.8	0	0	0	0	0	0
Rahimi et. al. (68)	128	caninos	Clarificación y tinción	91.6	6.11	2.29	0	0	0	0	0	0	0
	131	centrales		91.1	2	5.3	1.3	0.3	0	0	0	0	0
Liu et. al (29)	768	laterales	CBCT	82.5	3.9	10.4	2.8	0.3	0	0	0	0	0
	785	centrales		59.5	59	33.7	0.8	0.5	0	0	0	0	1.2
Shemesh A et. al. (23)	1472	laterales	CBCT	62.1	4.3	31.9	0.4	0.05	0	0	0	0	0.8
	1508	centrales		89.1	2.4	6.2	1.7	0.6	0	0	0	0	0
Lin Z, Hu Q, et. al (28)	629	laterales	CBCT	74.5	3.7	19.3	2.1	0.4	0	0	0	0	0
	526	centrales		84.29	3.42	6.53	1.2	3.89	0	0.31	0.39	0	0
Han et. al. (25)	1286	laterales	CBCT	72.64	4.02	15.53	2.3	5.1	0.15	0.15	0.08	0	0
	940	centrales											

Cuadro 1. Porcentajes del sistema de conductos radiculares, encontrados en estudios previos en incisivos inferiores con diferentes técnicas.

Comparando las técnicas en el cuadro 1, podemos observar que la técnica radiográfica no se encontraron los tipos II y V de la clasificación de Vertucci comparada con la técnica de clarificación y tinción y CBCT. Siendo en estudios utilizando CBCT (60,55,59,56) donde el porcentaje de encontrar los tipos II, IV y V aumentó, incluso encontrándose otros tipos no clasificados por Vertucci.

6. Marco Metodológico

6.1 Objetivos

6.1 General:

Determinar la variabilidad de la anatomía interna del sistema de conductos radiculares de los incisivos inferiores en Guatemala utilizando tomografía computarizada de haz cónico.

6.2 Específicos:

1. Determinar la variante morfológica más frecuente en incisivos centrales y laterales inferiores según la clasificación de Vertucci, en una muestra de la población guatemalteca.

2. Determinar el porcentaje de observar dos conductos en incisivos centrales y laterales inferiores según el género en una muestra de la población guatemalteca.

3. Determinar el porcentaje de observar dos conductos en incisivos centrales y laterales inferiores en una muestra de la población guatemalteca.

6.3 Diseño del estudio

El estudio que se realizó fue observacional y descriptivo.

6.4 Población:

Pacientes guatemaltecos que asistieron a un centro radiológico en Guatemala.

6.5 Muestra

1603 incisivos inferiores observados con CBCT proporcionados por un centro radiológico en Guatemala.

6.5.1 Criterios de inclusión

- CBCT que fueron utilizados para diagnóstico, de cuadrantes inferiores donde se observen Incisivos centrales y laterales inferiores.
- Poseer la longitud radicular intacta
- Ápices cerrados
- Presentar caries únicamente a nivel coronal
- Piezas dentales sin tratamiento de conductos radiculares

6.5.2 Criterios de exclusión:

- CBCT donde se observen piezas con porción radicular incompleta
- Piezas que presenten coronas de metal porcelana que ocasionen distorsión y no puedan observarse con claridad los conductos radiculares.
- CBCT que no se observen con claridad.
- Reabsorciones radiculares
- Ápices abiertos
- Piezas que presenten calcificaciones
- Piezas con tratamiento de conductos radiculares.

6.6 Variables

6.6.1 Independiente:

Incisivos inferiores:

Definición: piezas dentales situadas en la arcada inferior a los lados de la línea media.

Valor: Central, lateral

Clasificación: Cualitativa nominal

6.6.2 Dependiente:

Prevalencia clasificación de Vertuchi:

Definición: clasificación que agrupa ocho tipos de conductos radiculares que pueden disponerse en diferentes grupos dentarios.

Valor: Tipo I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII.

Clasificación: Cualitativa Nominal

6.7 Descripción del Estudio

Se obtuvo la muestra de 700 tomografías, proporcionadas por un centro radiológico en Guatemala, en donde dichos registros fueron realizados a los pacientes por fines diagnósticos.

El equipo tomográfico que se utilizó fue: Rotograh Evo 3D, Villa Sistema Medicali, Italia, las tomografías obtenidas fueron tomadas con los siguientes parámetros: 74kv, 9mA, 11.25s de exposición y voxel 165um, el software utilizado para la observación de las tomografías se utilizó fue: CS 3D Imaging v3.5.15 Carestream Health Inc. Versión Interna: 3.2.15.0 (22/6/2015).

Se evaluaron un total de 700 tomografías de las cuáles 424 cumplía con los criterios de inclusión y exclusión. En las 424 tomografías se evaluaron 1603 incisivos inferiores (749 centrales y 775 laterales).

Se evaluaron los cortes axial, coronal y sagital, para la determinar la morfología de los conductos radiculares de los incisivos inferiores (centrales y laterales) según la clasificación de Vertucci que correspondía.

La observación se realizó por dos observadores clínicos, calibrados previamente por medio de la proyección en un monitor de televisor de 25 pulgadas de 20 CBCT, individualmente y luego al observar los resultados se llegó a un acuerdo para emitir el resultado, estableciendo los parámetros para la clasificación de los conductos.

Luego de la calibración de los observadores, los resultados encontrados fueron comparados y en los casos en los que hubiera discrepancia se llegaba a un acuerdo para emitir el resultado, Durante la evaluación a cada CBCT se le asignó número correlativo y a cada pieza dental un número de muestra de izquierda a derecha.

Luego de la observación de la tomografía, se anotaron los datos en el instrumento de medición: el tipo de variante morfológica encontrada en cada pieza dental según la clasificación de Vertucci y el número de raíces de cada pieza dental.

8. Resultados

Luego de evaluar 1603 piezas por medio de la tomografía axial computarizada de haz cónico (CBCT), se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 1

Presencia de una raíz y dos raíces en Incisivos Centrales Inferiores

Incisivos Inferiores	Una raíz	%	Dos raíces	%
Centrales	783	49%	0	0
Laterals	820	51%	0	0
Totales	1603	100%	0	0

En cuanto a la incidencia de encontrar dos raíces se encontró un 0% tanto para incisivos centrales como para laterales inferiores, la prevalencia de una raíz se encontró que de los 1603 incisivos centrales y laterales inferiores evaluados fue de 49% y 51% respectivamente, encontrando en el 100% de los casos una sola raíz en las piezas evaluadas

Tabla 2

Distribución de incisivos centrales inferiores con un conducto y dos conductos.

Incisivos Inferiores	Un conducto	%	Dos conductos	%	Totales
Centrales	749	96%	34	4%	783
Laterales	775	95%	45	5%	820

La incidencia de encontrar un conducto en incisivos centrales y laterales inferiores fue de 95.66% y 94.51% respectivamente, la prevalencia de encontrar dos conductos fue de 4% para incisivos centrales inferiores y 5% para incisivos laterales inferiores. De las 1603 piezas evaluadas se encontraron que 1524 (95%) poseían un conducto y 79 (5%) dos conductos.

Tabla 3

Distribución del tipo de conductos según la clasificación de Vertucci de centrales y laterales inferiores

Incisivos Inferiores	Clasificación de Vertucci									Totales
	tipo I	tipoll	tipolll	tipo IV	tipo V	tipoVI	tipoVII	tipo VIII	Otros	
Centrales	749	4	18	5	7	0	0	0	0	783
n%	96%	1%	2%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	100%
Laterales	775	5	33	1	5	1	0	0	0	820
n%	95%	1%	4%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	100%

De los 1603 incisivos inferiores evaluados, 783 fueron centrales y 820 fueron laterales. Los resultados obtenidos en la evaluación, del tipo de conducto según la clasificación de Vertucci fue la siguiente; tipo I: 749 Incisivos centrales 96%, 775 incisivos laterales (95%), tipo II: 4 centrales (1%), 5 laterales (1%), tipo III: 18 centrales (2%), 33 laterales (4%), tipo IV: 5 centrales (1%), 1 lateral (0%), tipo V: 7 centrales (1%) y 5 laterales (1%), tipo VII: 1 lateral (0%), tipo VI, VIII no se encontró ningún tipo.

Tabla 4

Distribución del tipo de conductos según la clasificación de Vertucci del total de Centrales y laterales Inferiores incluidos en el estudio.

Incisivos Inferiores	Clasificación de Vertucci									Totales
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	otros	
Centrales y laterales	1524	9	51	6	12	0	1	0	0	1603
n%	95%	1%	3%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	100%

La clasificación de Vertucci más prevalente de las 1603 piezas evaluadas fue tipo I con 1524 piezas (95%), seguida de tipo III con un total de 51 piezas (3%), tipo V 12 piezas (1%), tipo VI y VII y VIII no se encontraron en este estudio, en otros 1 conductos con una morfología que no se asemejaba a ningún tipo de la clasificación de vertucci.

Tabla 5

Porcentaje de encontrar dos conductos en incisivos inferiores según el género.

Género	Dos conductos	%
Mujeres	42	53%
Hombres	37	47%
Totales	79	100%

En cuanto al género en este estudio se observó, que es mayor el porcentaje de encontrar dos conductos en incisivos inferiores en mujeres con un 53% que en hombres con un 47% de la muestra estudiada.

9. Discusión

Debido a querer llevar el conocimiento de la anatomía interna de los conductos radiculares, se han realizado estudios previos sobre anatomía y morfología, utilizando diferentes técnicas^(13,20,23,25,28,29,62,63,64), una es la clarificación y tinción que es el “gold standard” y se utiliza para la comparación entre técnicas, pero tiene el inconveniente que es una técnica invasiva y en muchas ocasiones los estudios son realizados en piezas extraídas, donde no se tiene información de las mismas como por ejemplo, edad, sexo, raza etc.

El siguiente es el método radiográfico que, si bien nos ayuda a observar la anatomía en pacientes, tiene el inconveniente que es una imagen en dos dimensiones. Con el avance de la tecnología el uso de la tomografía ha sido de mucha utilidad en el campo de la endodoncia, ya que nos proporciona una imagen en tres dimensiones y podemos observar la anatomía de los conductos radiculares.

En la revisión de literatura podemos observar que los resultados obtenidos de la morfología de los conductos radiculares en los estudios, puede variar por diferencias entre raza y género, así como del método utilizado para el estudio⁽¹⁷⁾.

Madeira y Hetem⁽⁶⁴⁾, estudiaron una muestra de 683 centrales y 660 laterales, utilizaron el método de clarificación y tinción, encontró dos tipos que predominaron en su estudio y fue con un 88.7% y 88.2% Tipo I para centrales y laterales respectivamente, 11.3% para centrales y laterales con tipo II, no encontrando ninguna otra variante. Vertucci⁽⁶²⁾ estudió una muestra de 100 centrales y 100 laterales con el método de clarificación y tinción utilizando hematoxilina inyectada en el espacio de la cavidad pulpar de las piezas, los resultados obtenidos fueron para centrales 70% tipo I, 5% tipo II, 22% tipo III 3% tipo IV, para laterales 75% tipo I, 5% tipo II, 18% tipo III y 2% tipo 2, predominando el tipo I con un 70% y 75%, seguido del tipo III con un 22% y 18% tanto para centrales como laterales respectivamente.

Estudios con una muestra mayor fue el de Miyashita et. al.⁽¹³⁾, utilizaron una muestra de 1085 incisivos inferiores, el método utilizado para la evaluación fue el

de clarificación y tinción, encontrando un 87.6% tipo I, 9.3% tipo II, 1.4% tipo IV y 1.7% tipo V. al igual que en este estudio predominó tanto en centrales y laterales el tipo I con un 96% y 95%, seguido del tipo III 2% y 4%, y tipo II 1% y 1%.

Comparando el método radiográfico con la tomografía computarizada de haz cónico, en el método radiográfico que fue utilizado por Benjamin y Dowson ⁽²⁰⁾, en donde evaluaron 364 incisivos inferiores, comparado con este estudio los resultados fueron más altos para el tipo I con un 95% de incidencia comparado con 58.6% encontrado en el estudio radiográfico. En cuanto al tipo III, no se encontró reportado ninguna pieza dental con esta clasificación en el estudio radiográfico a diferencia de este estudio como el segundo más alto con 51 piezas un 3%, esto puede ser debido a que la tomografía nos da una visión en tres dimensiones y podemos observar con detalle la anatomía de los conductos radiculares y observar la división en dos conductos en el tercio medio de la raíz, que se da en este tipo de conductos.

En este estudio se utilizó la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), ya que es un método diagnóstico que se utiliza en endodoncia para identificar raíces y conductos adicionales y es un método no invasivo para estudiar la morfología de los conductos radiculares.

En base a los resultados obtenidos de este estudio la incidencia de encontrar un segundo conducto en la población guatemalteca fue de 5%, considerada baja comparado con estudios anteriores como el de Han et. al. ⁽²⁵⁾ con un (21.55%) estudio realizado con CBCT en una población china, Vertucci ⁽⁶²⁾ (27.5%) que fueron piezas extraídas, Al Qudah y Awawdeh ⁽⁶⁵⁾ (26.2%) piezas extraídas en Jordania, Madeira y Hetem ⁽⁶⁴⁾ (11.6%) piezas extraídas, Miyashita et. al ⁽¹³⁾ (12.4%) en piezas extraídas, Liu et. al ⁽²⁹⁾ (13.2%) estudio con CBCT en una población china, Lin Z, Hu Q, et. al. ⁽²⁸⁾ estudio con CBCT en una población China, Benjamin y Dowson ⁽²⁰⁾ (41.4%) en piezas extraídas, Kartal y Yanikoglu ⁽⁶³⁾ (45%) en piezas extraídas, Caliskan et. al. ⁽⁶⁶⁾ (31.37%) en piezas extraídas, Sert et. al. (65.3%) en piezas extraídas en una población en turca y Rahimi et. al (36.62%) en piezas extraídas en una población iraní ⁽⁶⁸⁾.

En este estudio con una muestra de 1603 piezas se encontró que 34(4%) incisivos centrales y 45 (5%) incisivos laterales tenían más de un conducto, este resultado es considerado bajo comparado con el estudio de Shemesh A, et. al. ⁽²³⁾ con una muestra de 2980 piezas en una población israelí donde se encontró que 595 (40.5%) incisivos centrales y 569 (37.9%) de incisivos laterales tenían más de un conducto, la diferencia en proporción puede darse por la diferencia entre la cantidad de la muestra utilizada en el estudio. Pero coinciden en la clasificación que predominó en los dos estudios la cual fue tipo III.

Coincidiendo con todos los estudios de morfología anteriormente mencionados, la incidencia de encontrar un conducto en incisivos centrales inferiores fue mayor 749 (96%) que de encontrar dos conductos 34 (4%) al igual que los incisivos laterales inferiores que fue una proporción similar 775 (95%) 45 (5%) dos conductos.

En la práctica clínica la presencia de un segundo conducto frecuentemente es pasada por alto, debido a que no se tiene el conocimiento de cómo y dónde buscarlo; ésta es una de las principales razones del fracaso endodóntico en incisivos inferiores ya que al no poseer este conocimiento se es incapaz de localizar debridar y obturar un segundo conducto.

Al momento de realizar el tratamiento endodóntico en estas piezas, se tiene un acceso directo al conducto bucal dejando atrás el conducto lingual que puede encontrarse cubierto por dentina que no ha sido completamente retirada y es difícil ubicarlo a simple vista. Dada esta situación y con el objetivo de clínicamente determinar la presencia de un segundo conducto en incisivos inferiores, la literatura reporta que se debe realizar el acceso lo más cercano al cíngulo, con el objetivo de eliminar dentina presente en ese nivel, para permitir un acceso en línea recta, y poder en primera instancia identificar el conducto lingual para luego conformarlo en caso de existir ⁽⁶⁷⁾.

En este estudio se encontró que la totalidad de las piezas dentales, al igual que en los estudios de Han et. al. ⁽²⁵⁾, poseían el 100% de la muestra una sola raíz.

El tipo III fue más frecuente en incisivos laterales que en centrales. El cbct es una herramienta útil para encontrar las bifurcaciones de los conductos debido a esto se encontró que la clasificación tipo III era la más frecuente en piezas que poseían dos conductos.

La configuración tipo IV donde se pueden encontrar dos conductos separados con foraminas diferentes, fue menor comparado con el tipo I, III y IV, que finalizan en un solo conducto.

Las similitudes o diferencias encontradas en este estudio, comparado con los estudios anteriores, pueden darse debido a diferencias raciales, como se ha mencionado.

El uso de tomografía para la evaluación de la morfología sigue siendo un método ideal para el diagnóstico. En casos donde se dude de la morfología debe utilizarse ésta herramienta, y así aumentar la probabilidad de éxito del tratamiento.

A pesar de que los incisivos inferiores poseen una sola raíz, se confirma que puede encontrarse una anatomía compleja, que convierte el tratamiento endodóntico en un desafío en estas piezas.

10. Conclusiones

1. La variante morfológica más frecuente en incisivos centrales y laterales inferiores según la clasificación de Vertucci fue el tipo I, la segunda más frecuente que se presenta es la configuración tipo III, seguido de tipo II, IV, V y VII, las configuraciones VI, y VIII no se encontraron en este estudio.
2. El porcentaje de encontrar dos conductos en incisivos centrales y laterales en esta muestra de pacientes guatemaltecos fue de 5%.
3. El porcentaje de encontrar dos conductos en incisivos centrales y laterales inferiores según el género fue de 53% en mujeres y 47% en hombres.

11. Recomendaciones

Debido a que la anatomía de los incisivos inferiores varía de paciente en paciente, debido al género y raza, es importante al momento de realizar un tratamiento de conductos radiculares, observar detenidamente desde un inicio en el diagnóstico la pieza dental y tomar en cuenta la probabilidad de encontrar un segundo conducto en estas piezas.

Se debe considerar que a pesar que estas piezas poseen una sola raíz, se puede encontrar un segundo conducto, además de las diferentes configuraciones existentes se debe tener el cuidado, de instrumentar y conformar cada uno y evitar fracasos endodónticos.

Al realizar el tratamiento de endodoncia se tiene un acceso directo al conducto bucal, pudiendo estar obstruido con dentina el conducto lingual y cometer el error de no instrumentarlo, es por eso que no se debe de dar por terminada la instrumentación sin inspeccionar antes por medio de lupas de aumento o de microscopio endodóntico la posibilidad de encontrar un segundo conducto, aunque en la población guatemalteca la incidencia es baja, siempre es necesario descartar la posibilidad de que exista. Una vez descartada la posibilidad de encontrar un segundo conducto, ya se puede continuar con la obturación y restauración de estas piezas.

12. Limitaciones

Una de las limitaciones de este estudio fue el encontrar tomografías con un campo de visión de 5x5 que es la ideal para observar la anatomía en los tratamientos de endodoncia, debido a que a menor campo de visión se mejora la calidad de imagen. En este estudio se utilizó un campo de visión de 12x12 porque en el centro radiológico no se contaba con el anteriormente mencionado.

13. Referencias Bibliográficas

1. Grossman LI. Endodontic practice, 7th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1970.
2. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Am 1974; 18:269– 96.
3. Baugh D, Wallace J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. J Endod 2005; 31:333-40
4. Estevez, R., et al. Root anatomy and canal configuration of the permanent mandibular first molar: a systematic review. J Endod. 2012;36:1919-31.
5. Oviedo, P. y Hernández, J. F. Tomografía computarizada Cone Beam en endodoncia. Rev Estomatol Herediana. 2012;22(1):59-64.
6. Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 1 Conventional and alternative radiographic systems. Int End J. 2009; 42:447- 462.
7. Qing-hua, Z., et al. A cone-beam computed tomography study of maxillary first permanent molar root and canal morphology in a Chinese population. J Endod 2010;36(9):1480-1484.
8. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1984 Nov;58(5):589-99.
9. Vertucci F. J. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. Endod Topics. 2005; 10:3–29.
10. Ahmed HMA, Versiani MA, De-Deus G, Dummer PMH, A new system for classifying root and root canal morphology Int Endod. 2017 Aug;50(8):761-770.
11. Neelakantan P, Subbarao C, Ahuja R, Subbarao CV, Gutmann JL Cone-Beam computed Tomography study of root and canal morphology of maxillary first and second molars in an indian population J Endod 2010;36 (10):1622-7.
12. Carrotte P. Endodontics: Part 4. Morphology of the root canal system. Br Dent J 2004; 197: 289–367

13. Miyashita M, Kasahara E, Yasuda E, Yamamoto A, Sekizawa T. Root canal system of the mandibular incisor. *J Endod* 1997;23:(8) 479–484.
14. Madeira MC, Hetem S. Incidence of bifurcations in mandibular incisors. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1973;36:589–91.
15. Laws AJ. Prevalence of canal irregularities in mandibular incisors: a radiographic study. *N Z Dent J* 1971; 67:181–6.
16. Ezoddini F, Mohammadi Z, Tabrizizadeh M. Root Canal Morphology of Human Mandibular Incisors in Yazd Province. *Dent Res J*. 2006;3(1):1-4.
17. Sert S, Bayirli GS. Evaluation of the root canal configurations of the mandibular and maxillary permanent teeth by gender in the Turkish population. *J Endod*. 2004 Jun;30(6):391-8.
18. Mauger M. Schindler W. Walker III W. An Evaluation of Canal Morphology at Different Levels of Root Resection in Mandibular Incisors. *J Endod*. 1998;24(9): 607-609 7.
19. Uma Ch. Ramachandran S. Indira R. Shankar P. Canal and isthmus morphology in mandibular incisors – An in vitro study. *Endodontology*. 2004; 16:7-11.
20. Benjamin KA, Dowson J. Incidence of two root canals in human mandibular incisor teeth. *Oral Surg* 1974; 38: 122–6.
21. Funato A, Funato H, Matsumoto K. Mandibular central incisor with two root canals. *Endod Dent Traumatol* 1998; 14:285–286.
22. Reid JS, Saunders WP, MacDonald DG. Maxillary permanent incisors with two root canals: a report of two cases. *Int Endod J* 1993; 26: 246–50.
23. Shemesh A, Kavalerchik E et. al. Root canal morphology evaluation of central and lateral mandibular incisors using cone-beam computed Tomography in an Israeli population *J Endod* 2018; 44:51-55.
24. Aminsobhani, M., Sadegh, M., Meraji, N., Razmi, H., & Kharazifard, M. J. Evaluation of the root and canal morphology of mandibular permanent anterior teeth

in an Iranian population by cone-beam computed tomography. *Journal of Dentistry* (Tehran, Iran), 2013;10(4), 358–366.

25. Han T, Ma Y, Yang L, et. al. A study of the root canal morphology of mandibular anterior teeth using cone beam computed tomography in a Chinese subpopulation *J Endod* 2014; 40:1306-1314.

26. Kamtane S, Ghodke M, Morphology of mandibular incisors: A study on CBCT *Pol J Radiol* 2016;81:15-16.

27. Verma GT, Bhadage C, et. al Cone Beam Computed Tomography study of root canal morphology of permanent mandibular incisor in Indian subpopulation. *Pol J radiol.* 2017 Jul 7; 82:371-375.

28. Lin Z, Hu Q, et. al. Use of CBCT to investigate the root canal morphology of mandibular incisors *Surg Radiol Anat* 2014;36(9):877-82.

29. Liu J, Luo J, Dou E, yang D, CBCT study of root and canal morphology of permanent mandibular incisor in a Chinese population. *Acta Odontol Scand*, 2014;72:26-30.

30. Leoni, G. B., Versiani, M. A., Pécora, J. D., & Damião De Sousa-Neto, M. Micro-computed tomographic analysis of the root canal morphology of mandibular incisors. *Journal of Endodontics*, 2014;40(5), 710–716.

31. Hargreaves KM, Cohen S. *Cohen's Pathways of the Pulp*, 10th ed. St Louis: Mosby; 2011.

32. Zhang R, Yang H, Yu X, Wang H, Hu T, Dummer PM. Use of CBCT to identify the morphology of maxillary permanent molar teeth in a Chinese subpopulation. *Int Endod J* 2011; 44:162–169.

33. Zheng Q, Zhang L, Zhou X, Wang Q, Wang Y, Tang L, Song F, Huang D. C-shaped root canal system in mandibular second molars in a Chinese population evaluated by cone-beam computed tomography. *Int Endod J* 2011; 44:857–862.

34. Leonardo, Mario Roberto. ENDODONCIA. TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES. PRINCIPIOS TÉCNICOS Y BIOLÓGICOS. 2 volúmenes. Artes Médicas Latinoamérica. Sao Paulo. 2005. 1368 pp.
35. Kabak, Y. S., & Abbott, P. V. Endodontic treatment of mandibular incisors with two root canals: Report of two cases. *Australian Endodontic Journal* 2007; 33(1), 27–31.
36. Caliskan M. Pehlivan Y. Sepetcioglu F. Türkün M. Tuncer S. Root Canal Morphology of Human Permanent Teeth in a Turkish Population. *J Endod.*1995;21(4): 200-204.
37. Nimet Gencoglu. Incidence of furcated canals in mandibular incisors and efficacy of thermafil obturator. *Saudi Dent J.* 2000;12(2): 72-76.
38. Webber RL, Messura JK an in vivo comparison of digital information obtained from tuned-aperture computed tomography and conventional dental radiographic imaging modalities. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 1999;88, 239–47.
39. Flores MT, Andreasen JO, Bakland LK et al. Guidelines for the management of traumatic dental injuries. I. Fractures and luxations of permanent teeth. *Dental Traumatology* 2007;2, 66–71.
40. Grondahl H-G, Huuonen S Radiographic manifestations of periapical inflammatory lesions. *Endodontic Topics* 2004;8, 55–67.
41. Wenzel A. A review of dentists' use of digital radiography and caries diagnosis with digital systems. *Dentomaxillofacial Surgery* 2006;35, 307–14.
42. Whaites E (2007) Chapter 10. Periapical radiography. In: *Essentials of Dental Radiology and Radiography*, 4th ed. Philadelphia, PA, USA: Churchill Livingstone Elsevier.
43. Brynolf I. A histological and roentgenological study of the periapical region of human upper incisors. *Odontologisk Revy* 1967;18 (Suppl. 11), 1–176.

44. Brynolf I. Roentgenologic periapical diagnosis IV. When is one roentgenogram not sufficient? *Swedish Dental Journal* 1970;63, 415–23.
45. Bender IB, Seltzer S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: I. *Journal of the American Dental Association* 1961;62, 152–60.
46. BingFan. YuanGao. WeiFan. Identification of a C-shaped Canal System in Mandibular Second Molars—Part II: The Effect of Bone Image Superimposition and Intraradicular Contrast Medium on Radiograph Interpretation. *J Endod.* 2008; 34:160-165.
47. Nattress B. Martin D. Predictability of radiographic diagnosis of variations in root canal anatomy in mandibular incisor and premolar teeth. *Int Endod J.* 1991; 24:58-62.
48. Santos T. Raimundo R. Arias A. Oliveira e Silva E. The use of cone beam computed tomography in dentistry. *Odontol Clín Cient.* 2010;9 (4) 303-306.
49. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone--beam technique: preliminary results. *Eur Radiol,* 1998; 8:1558-64.
50. Scarfe WC, Farman A, Sukovic P. Clinical applications of Cone-Beam Computed Tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc,*2006;72:75-80.
51. Araki K, Maki K, Seki K, Sakamaki K, Harata Y, Sakaino R, Okano T, Seo K. Characteristics of a newly developed dentomaxillofacial X-ray cone beam CT scanner (CB MercuRaye): system configuration and physical properties. *Dentomaxillofacial Radiology,* 2004;33:51-9.
52. Scarfe W, Farman A. What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am.* 2008; 52:707-30.
53. Quiroz A, L. Prevalencia de variantes anatómicas de raíces y conductos radiculares de segundas molares inferiores empleando tomografía computarizada de haz cónico en el instituto de diagnóstico maxilofacial, Perú período 2015-2016.

54. Pybus M. 3D radiography and dental imaging. *Dental Nursing Mayo* 2012;8(5): 294 – 297.
55. Qu X, Li G, Ludlow J, Zhang Z, Ma X. Effective radiation dose of promax 3D cone-beam computerized Tomography scanner with different dental protocols. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 110:770-6.
56. Scarfe W. C. Joint Position Statement of the American Association of Endodontists and the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 2011; 111(2): 234 – 238.
57. Zöllner J. E, Neugebauer J. *Cone Beam Volumetric imaging in dental, oral and maxillofacial medicine: Fundamentals, diagnostics and a treatment planning.* Germany: Quintessence publishing Co. Ltd.; 2008.
58. Sogur E, Baksi B, Grondahl H-G. Imaging of root canal fillings: a comparison of subjective image quality between limited cone beam CT, storage phosphor and film radiography. *Int Endod J* 2007; 40:179-185.
59. Cotton T. P, Geisler T. P, Holden D.T, Schwartz S. A. Endodontic Applications of Cone-Beam Volumetric Tomography. *Journal of endodontics* 2007: 33(9): 1121 – 1132.
60. Grover C, Shetty N. Methods to study root canal morphology: A review. *Endo (lond engl)* 2012;6(3):171-82.
61. Neelakantan P, Subbarao C, Subbarao CV, Comparative evaluation of modified canal staining and clearing technique, cone-beam computed tomography, peripheral quantitative computed tomography, spiral computed tomography, and plain and contrast medium-enhanced digital radiography in studying root canal morphology *J Endod.* 2010;36(9):1547-51
62. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the mandibular anterior teeth. *J Am Dent Assoc* 1974; 89:369–71.

63. Kartal N, Yanikoglu FC. Root canal morphology of mandibular incisors. *J Endod* 1992; 18:562–4.
64. Sert S, Aslanalp V, Tanalp J. Investigation of the root canal configurations of mandibular permanent teeth in the Turkish population. *Int Endod J* 2004; 37:494–9.
65. Al-Qudah AA, Awawdeh LA. Root canal morphology of mandibular incisors in a Jordanian population. *Int Endod J* 2006; 39:873–7.
66. Caliskan MK, Pehlivan Y, Sepetcioglu F, et al. Root canal morphology of human permanent teeth in a Turkish population. *J Endod* 1995; 21:200–4.
67. Mauger M. Ware R. Alexander J. Schindler W. Ideal Endodontic Access in Mandibular Incisors. *J Endod.* 1999; 25(3):206-207.
68. Rahimi S, Milani AS, Shahi S, et al. Prevalence of two root canals in human mandibular anterior teeth in an Iranian population. *Indian J Dent Res* 2013; 24:234-6.
69. Madeira MC, Hetem S. Incidence of bifurcations in mandibular incisors. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1973; 36:589–91.