

Título en español:

Prevalencia y características de conductos en C en molares permanentes a través de tomografía computarizada de rayo de cono.

Título en inglés:

Prevalence and characteristics of C-shaped canals in permanent molars by Cone-Beam Computed Tomography.

Titulillo:

Morfología de conductos.

Autores:

- Dayana Malek Fernández
 - Odontóloga, Universidad de Costa Rica
 - Residente segundo año posgrado endodoncia, Pontificia Universidad Javeriana
 - Malekf.d@javeriana.edu.co

- Doménica Sánchez Cobo
 - Odontóloga, Universidad Católica Santiago de Guayaquil
 - Residente segundo año posgrado endodoncia, Pontificia Universidad Javeriana
 - Sanchezc_domenicam@javeriana.edu.co

- Silvia Barrientos Sánchez
 - Odontóloga General, Universidad Nacional de Colombia.
 - Especialista en Estomatología y Magister en Microbiología, Pontificia Universidad Javeriana.
 - Docente de la Pontificia Universidad Javeriana y la Universidad Nacional de Colombia.
 - barrien@javeriana.edu.co

- Catalina Méndez de la Espriella
 - Odontóloga Colegio Odontológico Colombiano.
 - Especialista en Endodoncia, Pontificia Universidad Javeriana
 - Coordinador Posgrado de Endodoncia, Pontificia Universidad Javeriana.
 - catalina.mendez@javeriana.edu.co

Resumen

Antecedentes: El conocimiento del sistema de conductos radiculares y sus posibles variaciones es de suma importancia al momento de realizar un tratamiento endodóntico. Se ha demostrado que los conductos en “C” están relacionados con la etnia y zona demográfica de las personas que lo presentan; actualmente existe solo un estudio sobre la prevalencia de conductos en “C” en molares superiores, y no hay estudios sobre la prevalencia de los inferiores en la población colombiana. El objetivo fue identificar la prevalencia y características de conductos en “C” en molares permanentes utilizando la tomografía computarizada de rayo de cono en una población colombiana.

Materiales y métodos: Estudio descriptivo, de 382 tomografías volumétricas de rayo de cono de primeros, segundos y terceros molares superiores e inferiores permanentes en la población colombiana. Se observaron 630 dientes. Se calcularon frecuencias absolutas y relativas para las variables sexo, presencia de conducto en “C”, tipo de conducto “C” según la clasificación de Fan y Jo, dirección del conducto, surco radicular y fusión radicular.

Resultados: El 6.5% del total de la muestra presentó conducto en “C”. El primer molar superior no presentó conducto en “C”, los segundos molares en un 5.5% y los terceros molares un 6%. Los terceros molares inferiores presentaron conducto en “C” con 7.7%, los segundos con 7.6% y los primeros con 1.5%. Siendo la configuración en “C” más común tipo C1 en los molares superiores en un 3.2% y en los molares inferiores del 3.8%. La fusión radicular y conducto en “C” en los molares superiores fue del 15.7% y en los inferiores fue de 53.8%. En molares superiores se presentó con mayor frecuencia la fusión del conducto radicular mesiovestibular con palatino junto con distovestibular. En molares inferiores presentaron el surco radicular hacia vestibular y lingual simultáneamente.

Conclusión: La prevalencia del conducto en “C” en la población colombiana fue de 6.5%. Se debe considerar que ante la presencia de fusión radicular la probabilidad de presentar este tipo de conducto aumenta. Se recomienda realizar más estudios con mayor tamaño de muestra.

Palabras claves:

Prevalencia, Tomografía computarizada de rayo de cono, conducto en C, anatomía.

Abstract

Background: Knowledge of the root canal system and its possible variations is of utmost importance when performing endodontic treatment. It has been shown that the “C” shaped canals are related to the ethnicity and demographic area of the people who present them; Currently there is only one study on the prevalence of “C” shaped canals in upper molars, and there are no studies on the prevalence of the lower ones in a Colombian population. The objective was to identify the prevalence and characteristics of “C” shaped canals in permanent molars using cone-beam computed tomography in a Colombian population.

Materials and methods: Descriptive study of 382 cone beam volumetric tomography of first, second and third permanent upper and lower molars in Colombian population. 630 teeth were observed. Absolute and relative frequencies were calculated for the variables sex, presence of “C” shaped canal, type of “C” shaped canal according to Fan’s and Jo’s classification, canal direction, root groove and root fusion.

Results: 6.5% of the total sample presented “C” shaped canals, among the upper molars, first molars did not present “C” shaped canals, second molars 5.5% and third molars 6%. Third lower molars presented “C” shaped canals in 7.7%, second molars with 7.6% and first molars with 1.5%. C1 was the most common “C” shaped canal configuration with 3.2% in upper molars and 3.8% in lower molars. Root fusion and “C” shaped canal configuration in the upper molars was 15.7% and in the lower molars was 53.8%. In upper molars, fusion of the mesiobuccal canal with palatal and distobuccal root canal was presented more frequently. In lower molars the root groove was present towards the buccal and lingual simultaneously.

Conclusion: The prevalence of “C” shaped canals in Colombian population was 6.5%. It should be considered that when root fusion is present, the probabilities of presenting this type of configuration arises. More studies with a larger sample size are needed.

Keywords:

Prevalence, Cone-Beam Computed Tomography, C-shaped canal, anatomy

Introducción

El conocimiento de la configuración del sistema de conductos es esencial para lograr el éxito en el tratamiento endodóntico; lograr un excelente procedimiento de limpieza y conformación de los conductos radiculares es un reto debido a las variaciones anatómicas (1). Entre las morfologías complejas reportadas en la literatura están los molares que presentan conductos en forma de “C” (CC).

Varios autores han identificado múltiples patrones que entran en el concepto de CC, el cual en general se define como un conducto radicular cuya sección transversal tiene la forma de la letra “C”(2). Históricamente el CC fue mencionado por primera vez por Keith y Knowles en 1911, quienes observaron que los segundos molares inferiores, presentaban conductos en forma de “C” y raíces en forma de “C”; la morfología específica fue observada comúnmente en secciones transversales de la raíz de un segundo molar inferior en individuos neandertales predecesores de los Mongoles, provenientes de Asia (2), sin darle una terminología específica a dicha variación anatómica(2). Tratman en 1950, estipuló que la morfología de raíces en forma de “C” se presentaban con frecuencia en individuos asiáticos y a este tipo de morfología la definió como “forma de reducción de herradura” (2). Sin embargo, hasta 30 años después, en 1979, Cooke y Cox reportaron por primera vez sus hallazgos donde determinaron que la forma en “C” de las raíces y que la forma en “C” del conducto radicular, estaban relacionados.

Definieron esta variante como una conexión del conducto mesial y una parte del distal, para formar una figura en “C” durante el desarrollo radicular (2–5).

Una de las teorías más claras del origen del CC, es por una alteración de la vaina epitelial radicular de Hertwig al fusionarse a nivel de la superficie de la raíz lingual o vestibular (6). Las interacciones epiteliales-mesenquimales pueden alterar la odontogénesis, causando una anomalía en el desarrollo y dependiendo de la etapa de desarrollo del diente, pueden generar variaciones en el número de raíz, conducto, tamaño y / o forma(7). La alteración de la vaina epitelial radicular de Hertwig en la zona vestibular dará como resultado un surco lingual, y viceversa; así mismo, esta situación en ambos lados dará como resultado la formación de una raíz cónica o en forma de prisma (8).

Se han realizado varias clasificaciones donde principalmente se ha enfocado en los molares inferiores; entre estas la de Fukuya en 1976, Kotoku en 1985, Carlsen en 1990, Melton y colaboradores en 1991. Por otra parte, Fan y colaboradores, propusieron una clasificación modificando la de Melton (2,4,9); esto debido a que, presentaba dificultad en la diferenciación entre los CC de tipo C2 y C3. Los dientes que presentan CC no siempre tienen forma de “C” continua en toda la extensión de la raíz, es decir, desde cervical hasta apical, por lo cual la clasificación se puede analizar en cada tercio radicular (2).

Pocos estudios reportados en la literatura mencionan la clasificación y prevalencia de los CC en molares superiores. Existe una variación significativa en la anatomía de los molares superiores, desde el número de raíces, hasta el tipo de fusión radicular (10). Debido a las diferencias anatómicas presentes entre los molares superiores e inferiores, la clasificación de Melton modificado por Fan y colaboradores no se puede aplicar de igual manera en molares superiores (11). En el 2016 Jo y colaboradores publicaron una propuesta para clasificar este grupo de dientes (12) al igual que Martins y colaboradores en el mismo año (11).

En la literatura se reporta que existe una correlación entre la presencia de CC y las raíces fusionadas (13). Una raíz fusionada puede combinar la variabilidad del sistema de conductos radiculares con la presencia de surcos, istmos o conductos adicionales que conectan algunas o todas las raíces (14). La fusión radicular, se determina cuando no hay evidencia del espacio del ligamento periodontal o presencia de hueso entre diferentes raíces a nivel apical al área de la bifurcación del diente (14). La fusión radicular, se define como la no división de las raíces causada por un desarrollo diferente durante la fase embriológica de la formación radicular (11).

La prevalencia de CC en los molares permanentes, ha sido evaluada en diferentes zonas geográficas del mundo, presentando diferencias en su prevalencia según la etnia y zona demográfica (15). Entre las publicaciones sobre la prevalencia de CC en molares inferiores se ha determinado que en primeros y terceros molares la presencia de este tipo de conducto es una variación anatómica muy rara y se presenta con mayor frecuencia en segundos molares inferiores (16,17). Al categorizar los estudios existentes entre las áreas demográficas se pudo encontrar que en Asia en países como Corea del Sur, Malasia y China, el porcentaje de CC puede variar del 29% al 51% (4,8,18–22) y en menor prevalencia, menos del 14% países como : India, Arabia Saudita, Turquía e Israel (6,20,23–28). También se han realizado estudios en

Europa, presentando prevalencias menores al 11% en países como Portugal, España, Inglaterra y Bélgica (16,20,29). En África, se han realizado estudios de prevalencia en Sudáfrica presentando una prevalencia de 9.3% (20). En América la prevalencia más alta de CC ha sido demostrada en Perú con un 40.5% (30), seguido de Brasil con un 6.8% a un 23% (20,31,32), México con un 14.2% (20), Estados Unidos con un 11.3% (20) y por último Chile con un 10% (29). En estudios con respecto a molares superiores se realizaron en países como Estados Unidos, Corea del Sur, Portugal y Colombia, presentando una prevalencia de 0.8% al 12.5% (11,12,14,33).

En la actualidad, la tomografía de rayo de cono (CBCT); ha sido utilizada en diversos estudios, los cuales han demostrado que es un instrumento efectivo para la detección de CC y analizar la morfología a nivel radicular y cámara pulpar debido a que, se pueden lograr diagnósticos más precisos por tercios sobre una imagen tridimensional (4,18,21,24).

Las causas del fracaso endodóntico pueden ser por factores biológicos o factores mecánicos (5). Los fracasos relacionados a la presencia de microorganismos en el complejo pulpar, puede ser causado por variaciones anatómicas como istmos, ramificaciones apicales, CC y otras irregularidades morfológicas; así que de esta manera la presencia de CC pueden dificultar la limpieza, preparación y obturación y además, se puede presentar errores técnicos de procedimiento como perforaciones, separación de instrumentos y/o dificultad en la localización de conductos radiculares (5). Por esta razón, el conocimiento de la morfología dental es esencial para poder abarcar una mejor desinfección de los conductos (7).

Actualmente existe solo un estudio sobre la prevalencia de conductos en “C” en molares superiores, y no hay estudios sobre la prevalencia de los inferiores en la población colombiana (14). El objetivo de este estudio fue determinar la prevalencia y características de CC, el tipo de CC por tercio radicular, presencia de raíces fusionadas y dirección del CC en primeros, segundos y terceros molares superiores e inferiores permanentes, a través de CBCT en una población colombiana.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio descriptivo con previa aprobación del Comité de Investigación y Ética de la Facultad de Odontología de la Pontificia Universidad Javeriana (CIEFOPUJ). Posteriormente, se llevó a cabo el análisis de 721 CBCT preexistentes de centros radiográficos en Bogotá, Colombia, que fueron realizados para otros fines odontológicos. Con un campo de visión (FOV) de 5 cm x 5 cm hasta de 17 cm x 13,5 cm y una resolución de imagen hasta 180µm. El cálculo del tamaño de la muestra se realizó con un 95% de confianza, una precisión del 3% y una frecuencia esperada del 18% con base en los resultados de otros estudios publicados de la prevalencia de CC en primeros, segundos y terceros molares superiores e inferiores permanentes (6,12,19). Tomando en cuenta los criterios de inclusión fueron primeros, segundos y terceros molares superiores e inferiores permanentes con raíces completamente formadas, sin evidencia de resorción radicular, fractura, sin evidencia de calcificación en cámara o conductos radiculares y que no presentaran retenedores intrarradiculares, ni tratamiento de endodoncia previo como tampoco tratamientos iniciados o

terminados. Dando un total final de muestra de 630 dientes superiores e inferiores, en donde también se tomó en cuenta el sexo de los pacientes.

Análisis tomográfico

Sobre las tomografías, se realizaron tres cortes transversales en el eje axial de la raíz en los molares permanentes. (Figura 1)

- Corte Cervical: a 3 mm en dirección apical a la unión amelo-cemento (UAC).
- Corte Medio: en la mitad de la distancia entre UAC y ápice radiográfico.
- Corte Apical: a 2 mm desde la punta apical radicular hacia coronal.

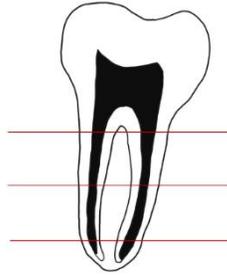


Figura 1. Cortes transversales sobre el eje axial de la raíz en los molares permanentes

Los molares permanentes fueron caracterizados como dientes con configuración en “C” si cumplían las condiciones establecidas por Fan y Colaboradores (9).

- C1: La forma es una C interrumpida sin separación o división.
- C2: La forma del conducto se asemeja a un punto y coma resultado de una interrupción del contorno en C.
- C3: - C3a: tres conductos separados
- C3b: Dos conductos separados.
- C4: Corresponde a un solo conducto redondo u ovalado observado en la sección transversal. No se tomó para el estudio.
- C5: La luz del conducto no puede ser observada. No se tomó para el estudio.

Se determinó la presencia de fusión radicular en los molares superiores e inferiores.

- En molares mandibulares: presencia o no de fusión radicular entre raíz mesial y raíz distal.
- En molares maxilares: Se clasificó la fusión radicular según Jo (12). (Figura 2)

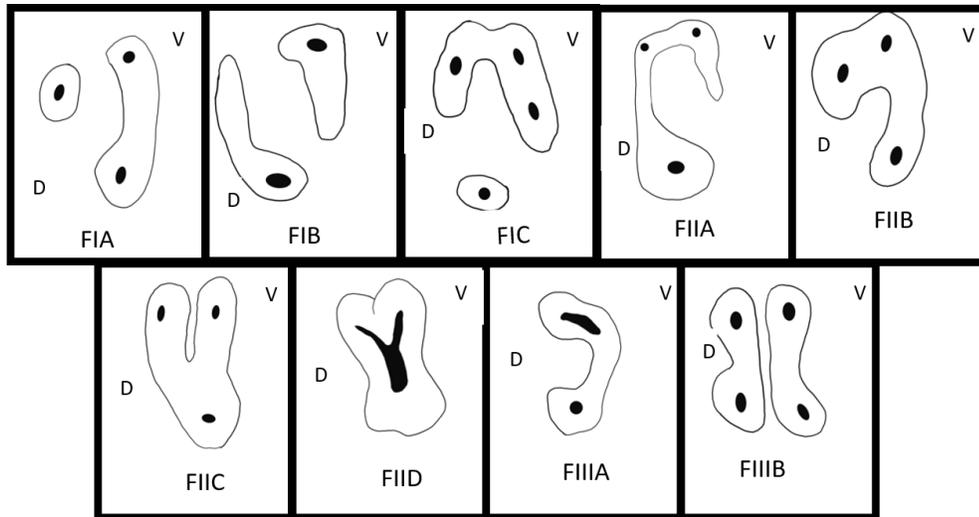


Figura 2. Clasificación de fusión radicular según Jo para molares superiores.

Se determinó la dirección del CC en los molares permanentes, dependiendo si se presentaba en un molar superior o inferior.

- En molares inferiores con presencia de surco vestibular, lingual o en ambos.
- En molares superiores según la clasificación de Hyoung-Hoon Jo (12): (Figura 3)

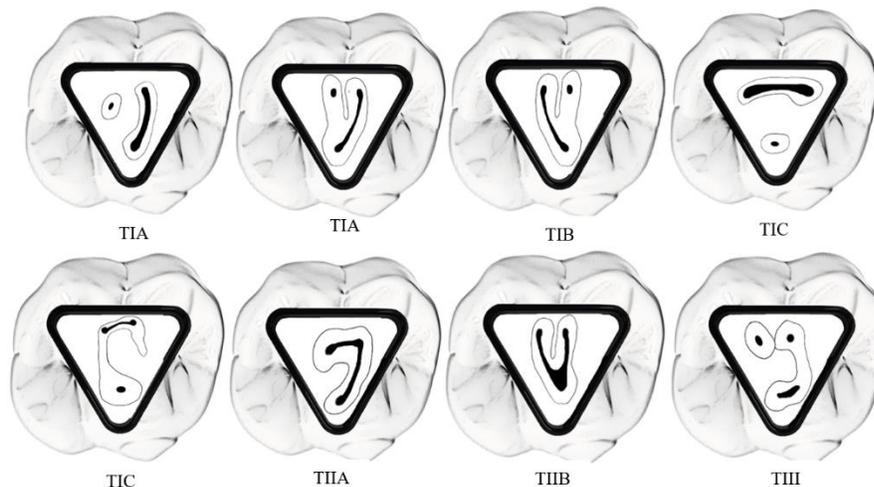


Figura 3. Dirección del conducto en "C" según Jo para molares superiores.

Análisis estadístico

Los datos se evaluaron utilizando el programa estadístico Epidat versión 4.2. Se calcularon frecuencias absolutas y relativas para las variables sexo, presencia de conducto en "C", tipo de conducto, dirección del conducto, surco radicular y fusión radicular. Se realizó análisis bivariado mediante prueba de Chi-cuadrado y razón de verosimilitud para variables cualitativas con un intervalo de confianza del 95%.

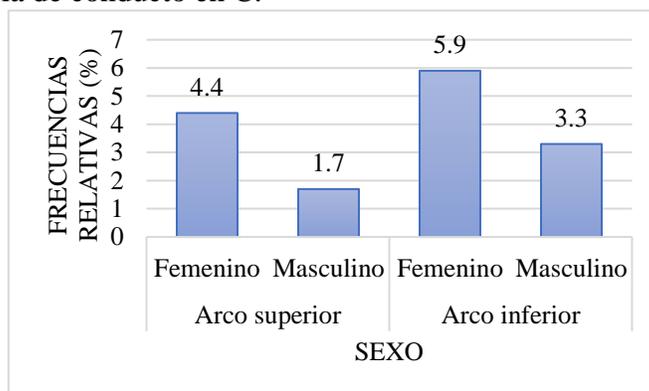
Resultado

En este estudio se evaluaron 721 tomografías, de las cuales 382 tomografías de rayo de cono cumplieron con los criterios de inclusión. De las cuales 228 correspondieron al sexo femenino y 154 al masculino. 152 tomografías correspondientes a molares inferiores y 230 tomografías de molares superiores; para un total de 630 dientes analizados (236 molares inferiores y 394 molares superiores).

De las 382 tomografías se presentó una prevalencia del CC en un 6,5% dentro la muestra incluida en este estudio. Del total de tomografías analizadas para el arco superior, la presencia de CC no se presentó en ninguno de los 146 primeros molares superiores, si en un 5,5% de los 181 segundos molares en un 5,5% y de los 67 terceros molares superiores se presentó en un 6%. Del total de tomografías del arco inferior, los 65 primeros molares inferiores analizados la presencia de CC se presentó en un 1,5%, para los 132 segundos molares en un 7,6% y para los 39 terceros molares inferiores en un 7,7%.

En la gráfica 1 se presenta la distribución relativa respecto al sexo del total de tomografías analizadas en el arco superior e inferior con presencia de CC; se determinó que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre el sexo del total de tomografías analizadas para los primeros, segundos y terceros molares.

Gráfica 1. Distribución relativa del sexo del total de tomografías analizadas en el arco superior e inferior con presencia de conducto en C.



Del total de tomografías analizadas en el arco superior, el 1,7% correspondían al sexo masculino con presencia de conducto en C y el 4,4% al femenino, para el arco inferior el 3,3% correspondían al sexo masculino del total de tomografías analizadas y que tuviesen presencia de conducto en C y el 5,9% al femenino.

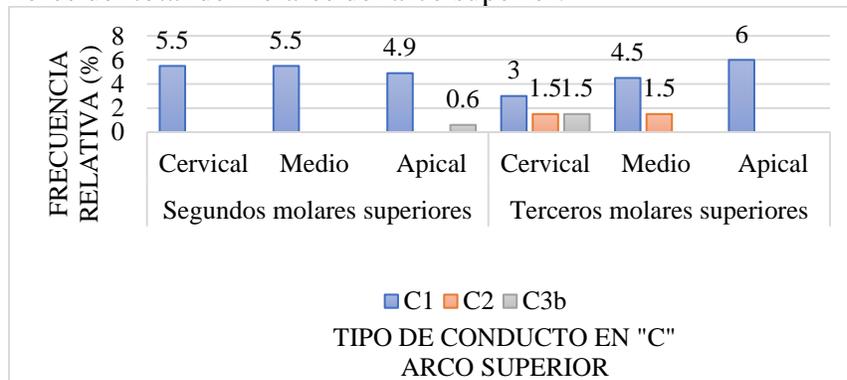
En la tabla 1, se evidencia la distribución absoluta y relativa de la presencia de conductos en C en primeros, segundos y terceros molares superiores e inferiores.

Tabla 1. Distribución absoluta y relativa de la presencia de conductos en C en primeros, segundos y terceros molares superiores e inferiores.

Tomografías	Diente	n	Presencia de conductos en "C"	
			Sí n(%)	No n(%)
Arco Superior	16	74	0 (0)	74 (100)
	17	102	6 (5,9)	96 (94,1)
	18	35	3 (8,6)	32 (91,4)
	26	72	0 (0)	72 (100)
	27	79	4 (5,1)	75 (94,9)
	28	32	1 (3,1)	31 (96,9)
Arco Inferior	36	27	1 (3,7)	26 (96,3)
	37	67	6 (9)	61 (91)
	38	23	2 (8,7)	21 (91,3)
	46	38	0 (0)	38 (100)
	47	65	4 (6,2)	61 (93,8)
	48	16	1 (6,2)	15 (93,8)

Según el tercio radicular de molares superiores, predominó el CC de tipo C1 en los tercios cervical, medio y apical en un 3%, 3,3% y 3,3% respectivamente. En la gráfica 2 se presenta la distribución relativa del tipo de CC en segundos y terceros molares superiores según el tercio radicular del total de molares del arco superior. De acuerdo con el tipo de CC que predominó en los 394 molares superiores, no se presentó en los primeros molares, para los segundos molares superiores predominó el tipo C1 en los tercios cervical, medio y apical en un 5,5%, 5,5% y 4,9% respectivamente, para los terceros molares superiores, se presentó con mayor frecuencia el tipo de conducto C1 en el tercio cervical en el 3%, al igual que para el tercio medio en el 4,5% y tercio apical en el 6% para este tipo de conducto en C. En la figura 4 se presenta cortes axiales de molares superiores en cada tercio radicular.

Gráfica 2. Distribución relativa del tipo de conducto en C en primeros, segundos y terceros molares superiores del total de molares del arco superior.



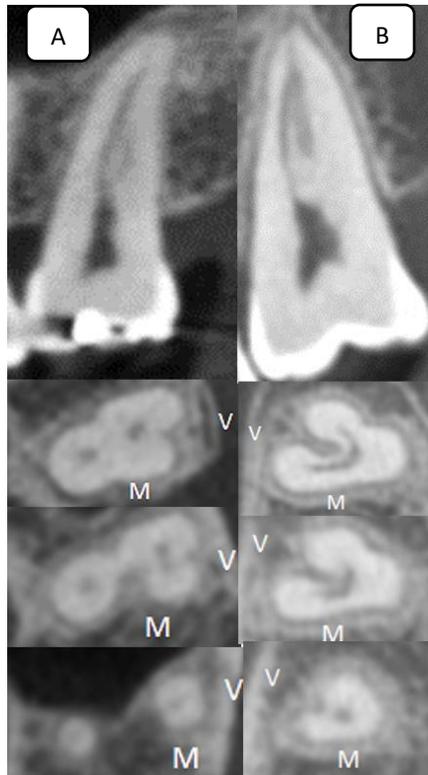


Figura 4. A. Segundo molar superior, C1 en todos los tercios, dirección TIC, fusión FIIIA. **B.** Tercer molar superior, C1 en todos los tercios, dirección TIIB, fusión FIIC.

Para el arco inferior, el tipo de CC que predominó de acuerdo con el tercio radicular en molares inferiores fue de tipo C1 en los tercios cervical, medio y apical en un 4,2%, 3,8% y 3,4% respectivamente. En la gráfica 3 se presenta la distribución relativa del tipo de CC en primeros, segundos y terceros molares inferiores según el tercio radicular del total de tomografías analizadas para el arco inferior. El tipo de CC que predominó en los 236 molares inferiores, se presentó en el 1,5% en los primeros molares en los tercios cervical, medio y apical, fueron los de tipo C1, C3a y C3b; para los segundos molares inferiores predominó el tipo C1 en los tercios cervical, medio y apical en un 6,1%, 6,1% y 4,5% respectivamente; para los terceros molares inferiores, se presentó con mayor frecuencia el tipo de conducto C1 en el tercio cervical en el 5,1%, para el tercio medio se presentó en la misma frecuencia para C1, C3a y C3b en el 2,56% y en el tercio apical predominó C1 en el 5,1% para este tipo de CC. En la figura 5 se presenta cortes axiales de molares inferiores en cada tercio radicular.

Gráfica 3. Distribución relativa del tipo de conducto en C en primeros, segundos y terceros molares inferiores del total de molares del arco inferior.

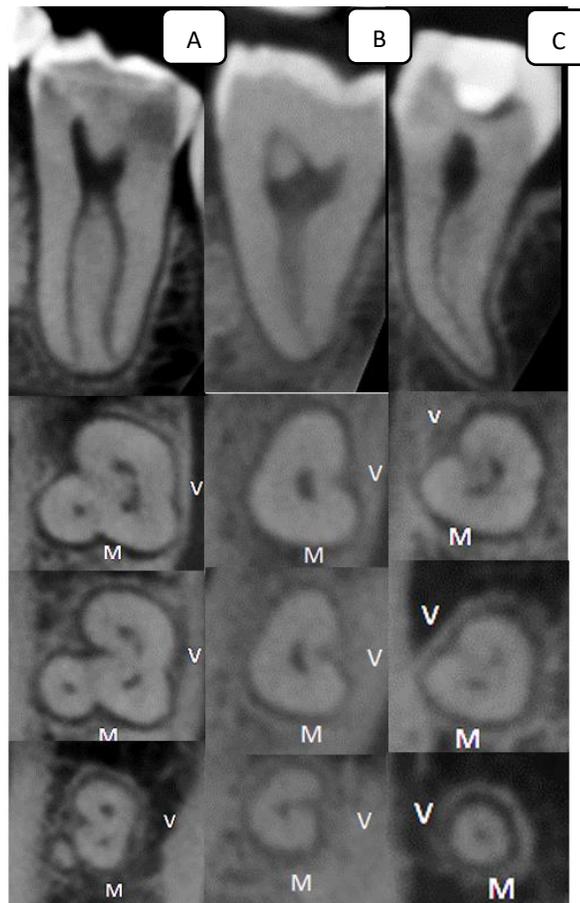
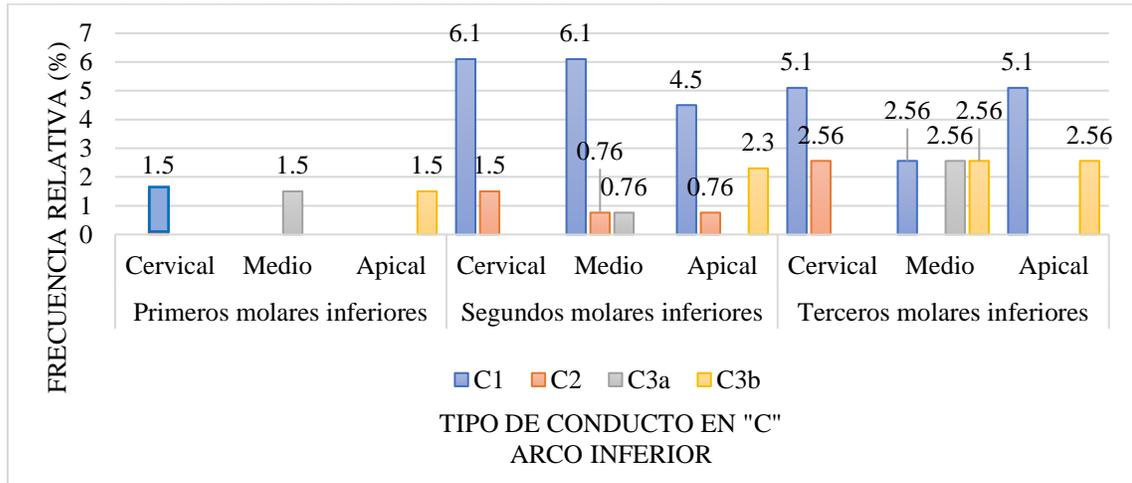
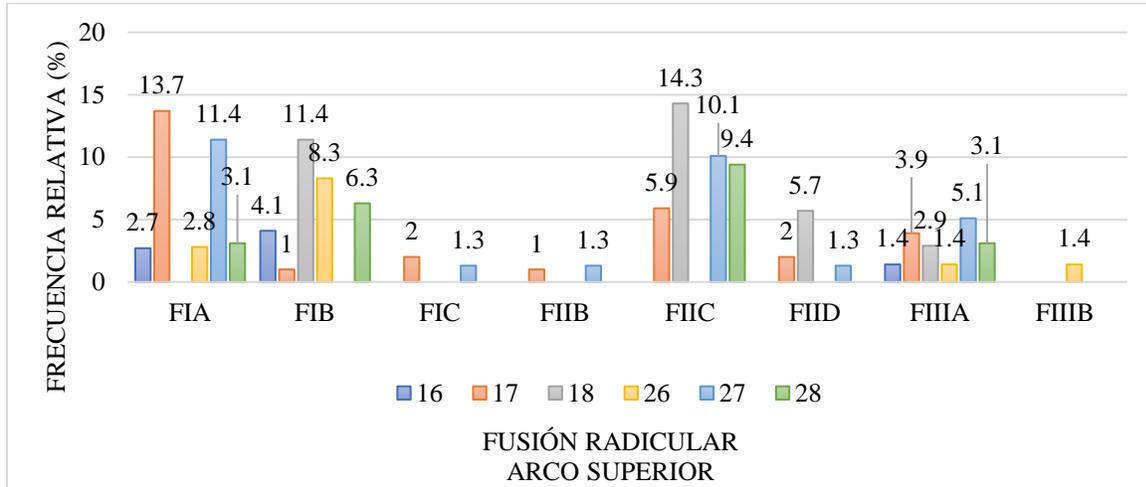


Figura 5. **A.** Primer molar inferior que presenta radix entomolaris, C1 en tercio cervical, C2 en tercio medio, C3b en tercio apical, surco por lingual. **B.** Segundo molar inferior C1 en todos sus tercios radiculares, surco por vestibular. **C.** Tercer molar inferior, C1 en tercio cervical, C3b en tercio medio y C1 en tercio apical, surco por vestibular.

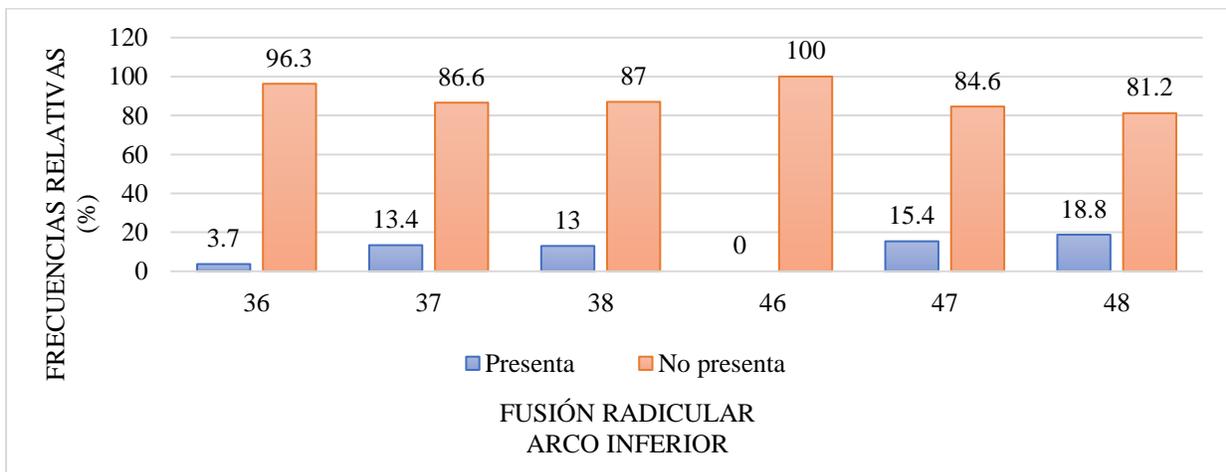
De 394 molares superiores, el 22,6% presentaron fusión radicular y CC en un 15,7%. La fusión radicular en primeros molares superiores fue del 10,9%, en los segundos molares fue un 30,4% y los terceros molares un 28,3%. En la gráfica 4, se presenta la distribución relativa de la fusión radicular para los primeros, segundos y terceros molares superiores del total de dientes analizados en las tomografías. La fusión tipo FIIIA no se observó en ninguno de los molares superiores.

Gráfica 4. Distribución relativa de la fusión radicular para los primeros, segundos y terceros molares superiores del total de molares para el arco superior.



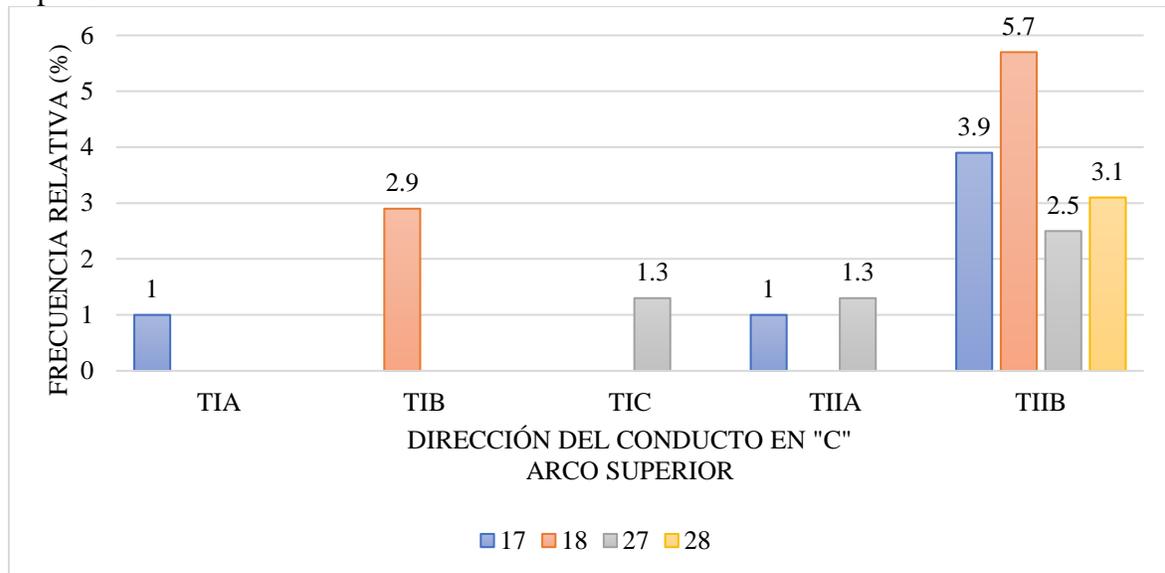
Del total de molares inferiores (236), el 11% presentaron fusión radicular, de los cuales, tenían conducto en “C” el 53,8%. El total de raíces fusionadas de molares inferiores fue del 1,5% para los primeros molares, segundos molares en un 14,4% y los terceros molares en un 15,4%. con mayor frecuencia para el diente 48 en un 18,8%. Ver gráfica 5.

Gráfica 5. Distribución relativa de la fusión radicular en primeros, segundos y terceros molares inferiores del total de molares para este arco.



Respecto a la dirección del CC en el total de molares superiores, se explica en la gráfica 6 su distribución relativa. Se observó que los segundos molares superiores (n=181) presentaron la clasificación de TIIA en un 1.1% TIA 0.5%, TIC 0.5% TIIB 3.3%. De los tipos de dirección no se presentó TIII. En terceros molares superiores (n=67) presentaron la clasificación de TIB en un 1.5%, TIIB en un 4,4%.

Gráfica 6. Distribución relativa de la dirección del conducto en C en los molares del arco superior.



Predominó en el diente 17 en el 1%, el tipo TIA el TIB en el diente 18 con el 2,9%, el TIC en el diente 27 en un 1,3%, el tipo TIIA predominó en el 27 con el 1,3%, para el TIIB en el diente 18 con un 5,7%

De acuerdo con el total de molares que presentaron CC del arco inferior, el surco radicular se describe en la tabla 2.

Tabla2. Distribución absoluta y relativa del surco radicular de primeros, segundos y terceros molares inferiores del total de molares con conducto en “C” para este arco.

	Diente	n	Surco Radicular		
			Vestibular	Lingual	Ambos
			n (%)	n (%)	n (%)
Arco inferior	Primeros molares inferiores	1	0(0)	1(100)	0(0)
	Segundos molares inferiores	10	3(30)	5(50)	2(20)
	Terceros molares inferiores	3	2(66.6)	1(33.3)	0(0)

Discusión

La morfología de los molares superiores e inferiores ha sido estudiada a través de la historia debido a las múltiples variaciones que pueden presentar. Las cuales, dificultan particularmente el llevar a cabo un tratamiento y/o retratamiento no quirúrgico de endodoncia por su complejidad (5). Sin embargo, la mayoría de los estudios se enfocan en los segundos molares inferiores donde se presenta la mayor prevalencia de CC, aunque también se puede presentar en un menor porcentaje en los otros molares superiores e inferiores.

Para el estudio en endodoncia, se ha utilizado el CBCT como método de diagnóstico que permite visualizar de una manera tridimensional un diente o una dentición en relación con los tejidos óseos circundantes (34). Este método ha sido de gran interés para la observación de CC; debido a que, las imágenes de CBCT tienen un papel en la identificación de los sistemas del conducto radicular; sin embargo, se ha limitado su uso a casos seleccionados en los que las radiografías intraorales convencionales no logran proporcionar información adecuada para planificar el tratamiento (24).

Para analizar la presencia de los CC en los dientes permanentes, han existido diferentes métodos para su diagnóstico; en 1979 Cooke y Cox por medio de observación clínica determinaron la presencia de CC in vivo en segundos molares inferiores(3). También en 1990 Dankner utilizó la observación clínica para diagnosticar la presencia de CC, de las cuales observó, en la entrada de los conductos de ambos primeros molares superiores de un mismo paciente, la forma en “C” en dirección disto-vestibular hacia palatino (35). Otro estudio similar, en el cual se utilizó análisis radiográfico y análisis clínico, Wang y colaboradores en el 2012 observaron 1146 segundos molares inferiores, y determinaron que al solo observar radiográficamente, 397 molares presentaron CC ; sin embargo, al realizar la observación clínica, la presencia de CC fue en 449 segundos molares (18).

Otra manera para observar la presencia de CC, han sido los estudios in vitro, Manning en 1990 realizó la técnica de aclaramiento en 149 segundos molares mandibulares, de los cuales 19 dientes presentaban CC (36). Sidow y colaboradores en el 2000, también realizaron esta técnica de aclaramiento, de las cuales en 150 terceros molares maxilares, 7 presentaron CC y de 150 terceros molares mandibulares, 6 presentaron CC (33). En el 2002 Gulabivala y colaboradores igualmente utilizaron esta técnica de aclaramiento y observaron que la presencia de CC fue de 10.9% respectivamente (37).

Este estudio descriptivo investigó la prevalencia y características de CC, incluyendo el tipo de CC en cada tercio radicular, la presencia de raíces fusionadas, y la dirección del CC en primeros, segundos y terceros molares superiores e inferiores permanentes, a través de CBCT en una población colombiana. Se escogió el CBCT debido a que es la forma más conservadora para investigar una prevalencia, en una población determinada.

Del total de tomografías analizadas del arco superior, la presencia de CC no se presentó en los primeros molares superiores, lo cual corresponde con los resultados de los estudios de Jo y Martins en donde demostraron que la prevalencia de este tipo de conductos fue baja siendo de

un 0.8% en Corea del Sur y 1.1% en Portugal respectivamente, con lo que se confirma que la presencia de CC en estos molares es rara (11,12).

De acuerdo a los segundos molares superiores en este estudio, se pudo observar que el CC en la población colombiana se presentó en un porcentaje levemente mayor, comparado con los estudios de Jo cuyo resultado fue de un 2.7 % en Corea del Sur y Martins 3.8% en Portugal (11,12). En cuanto a los terceros molares, la prevalencia de CC fue del 6%, estos resultados fueron mayores a los resultados demostrados por Zhang en donde el CC se presentó en 1.5% en población china (38) al igual que con los resultados presentados en los estudios de Sidow en Estados Unidos y Rawtiya en India en donde se demostró una prevalencia del 4.6% y 3.4% respectivamente (33,39).

En concordancia con estudios realizados en Corea, Portugal, Arabia Saudita, Turquía, Israel y Brasil en donde la presencia de CC para los primeros molares inferiores se observó en un 0.16% a 2.39%, concordando con los resultados de este estudio. (6,16,17,26,27,31,40). Contradictoriamente está el estudio de Vaz Azevedo en donde se publicaron resultados de la presencia de CC en una población brasileña que fue de un 24.01%, lo cual determina una alta prevalencia a diferencia del presente estudio (32).

Los molares que demostraron presentar mayor prevalencia de CC fueron los segundos y terceros molares inferiores. Este resultado concuerda con la mayoría de estudios publicados sobre CC donde se plasma que los dientes que presentan esta anatomía con mayor frecuencia son los segundos molares inferiores en un rango que oscila del 3.5% al 28.6% (6,8,40,41,16,23–25,27–29,31). Sin embargo, en publicaciones de países como Malasia en un 51% (4), China en un 44% (20), Corea del Sur 44.5% (8) y en Perú 40.5% (30) se encontró que la prevalencia de CC puede ser aún mayor. En la literatura se encuentran prevalencias muy variables para los terceros molares inferiores, que oscilaban entre el 4% hasta el 28.4% (28,33,38,39).

En cuanto a la prevalencia de CC, se pudo determinar que los porcentajes obtenidos después de una exhaustiva revisión de la literatura fueron similares a los que se presentaron en este estudio para ciertas zonas demográficas. Se debe tener en consideración que la prevalencia de anatomía de CC puede estar relacionado a la población. Estos resultados pueden variar por la zona demográfica, debido a distintas etnias, el tamaño de la muestra y las diferentes formas de definir la presencia de CC. Colombia tiene mucha diversidad étnica proveniente de grupos migratorios que datan desde los siglos XVI y XIX y desde la primera mitad del siglo XX hasta la actualidad (42). Entre estos grupos migratorios engloban británicos, jamaicanos, africanos, europeos, gitanos, judíos, asiáticos, norteamericanos y suramericanos (42).

La morfología de CC más común según los tercios radiculares en los grupos de molares fue la C1. En los primeros molares inferiores la morfología C1 en cervical, C3a en tercio medio, y C3b en apical. Alfawaz y colaboradores, identificaron que la configuración del CC que se encontró en un primer molar mandibular, se clasificó como C3a en la coronal, C3b en el tercio medio y C4 en la sección apical(6).

En los segundos molares inferiores predominó el tipo C1 en tercios cervical, medio y apical. Zheng y colaboradores vieron que en el tercio cervical radicular la configuración de tipo C1 fue la más prevalente, tipo C3b en tercio medio y C3a en apical (19). Tassoker y colaboradores, determinaron que la mayoría presentó la configuración del tipo C1, seguido del tipo C2 y el tipo C3 (43). Según Shemesh y colaboradores, mayoritariamente fue tipo C1 en el tercio cervical, en el tercio medio la mayoría fue de tipo C2 o C3; en el tercio apical se encontró principalmente tipo C1 (27). Von Zuben y colaboradores, observaron una alta prevalencia de configuración de C3 en muchas secciones del conducto radicular, lo que es consistente con los resultados de estudios previos (20). Pawar y colaboradores, observaron que en el tercio cervical y medio radicular la mayoría fue del tipo C2, y en tercio apical, C3b (23). Sinanoglu y colaboradores, observaron que la configuración más común fue C3 (24). Según Quijano y colaboradores en el 2016, observaron que a nivel del tercio coronal y tercio medio radicular es más frecuente el tipo C3, mientras que a nivel del tercio apical el tipo C1 (30).

La configuración del CC según el tercio radicular ha demostrado ser muy variable; sin embargo, en este estudio predominó el CC en forma continua en los tres tercios radiculares. En otros estudios la configuración iniciaba con tipo C1 en tercio cervical y cambiaba a lo largo de la longitud radicular o viceversa. Es importante conocer esta variabilidad en cada tercio radicular, ya que al examinar clínicamente un diente que presente CC, solamente se puede observar al inicio de la configuración de conductos y puede ser que el CC no sea igual en toda la longitud radicular (44).

Los molares mandibulares, en general, tienen 2 raíces (mesial y distal) y 3 conductos (2 mesiales y 1 distal); sin embargo, las variaciones en la configuración del conducto son comunes (21). Zheng y colaboradores determinaron que el 39.2% de segundos molares inferiores presentaban fusión radicular (19). El 98.5% de estos dientes presentaban CC y de los cuales todos los que presentaban CC estaban fusionados (19). Estos resultados concuerdan con los que fueron presentados por Pawar y colaboradores, quienes identificaron que, de 983 segundos molares mandibulares, el 13.2% presentaba CC y todos presentaban fusión radicular (23).

Existe una variación significativa en la anatomía de los molares superiores, desde el número de raíces hasta el tipo de fusión radicular (10). Una raíz fusionada puede combinar la variabilidad del sistema del conducto radicular con la presencia de surcos, istmos o conductos adicionales que conectan algunas o todas las raíces (14). Una característica morfológica distintiva de los segundos molares superiores es que sus raíces se agrupan o fusionan ocasionalmente (14). Los terceros molares superiores varían en el número de raíces y conductos entre 1 hasta 5; sin embargo es más frecuente de 1 hasta 3 raíces, presentando en el 49% raíces fusionadas (45).

La fusión radicular en los primeros molares superiores presentó variaciones, esto debido a que los molares superiores a diferencia de los inferiores presentan mayor número de raíces y por ende, las combinaciones de fusiones que se pueden presentar pueden ser más, dificultando su clasificación y presentando más opciones de fusión de conductos radiculares. Jo y colaboradores determinaron que, la incidencia de fusión radicular fue mayor en los segundos molares superiores en un 19.5% y en los primeros molares superiores en un 3.2%; de los

cuales, predominó la fusión radicular de la raíz mesiovestibular con la raíz palatina y la incidencia de la fusión de la raíz y el conducto radicular en forma de “C” fueron similares (12). Concorde al estudio de Jo, en esta investigación predominó la fusión de la raíz mesiovestibular con la raíz palatina; sin embargo la fusión de raíz mesiovestibular con raíz palatina y raíz distovestibular también se presentó en una frecuencia considerable.

Todos los dientes que presentaron CC estaban fusionados, esta característica es primordial para que el examinador lo tome en consideración al valorar un molar y determine las dificultades que se pueden presentar durante el tratamiento endodóntico. Haddad y colaboradores describieron cuatro características radiográficas que pueden permitir predecir la existencia de CC: fusión radicular, proximidad radicular, un conducto distal grande o una imagen borrosa de un tercer conducto en la mitad (46). Wang y colaboradores informaron una mayor incidencia en el reconocimiento de CC utilizando una combinación de radiografía y examen clínico bajo el microscopio, que utilizando cada herramienta diagnóstica por separado (18).

La prevalencia de la presencia de CC en segundos molares y terceros molares superiores e inferiores en este estudio fueron similares, debido a que este grupo de molares presentan con mayor frecuencia fusión de sus raíces; a pesar de que, los terceros molares son dientes que suelen ser extraídos por diversas situaciones.

La dirección del CC se determina cuando hay fusión radicular. Si la fusión radicular se encuentra presente en los molares inferiores, en la superficie externa radicular se forma un surco radicular superficial o profundo, que se encuentra en la zona vestibular o lingual de la raíz; esto representa la línea de fusión entre las raíces mesiales y distales; además, este surco tiene un sentido ocluso-apical que puede llegar hasta el tercio apical o presentarse hasta el tercio medio de la longitud radicular y presenta una superficie opuesta a este surco en forma convexa (44,47).

Según el estudio realizado por Kim y colaboradores, observaron que de 1952 primeros molares inferiores, 12 presentaban CC, en donde el surco se encontraba hacia vestibular en un diente y en los restantes hacia lingual(17). Alfawaz y colaboradores observaron que el surco en el primer molar mandibular estaba ubicado hacia vestibular. (6). En el presente estudio solo se presentó el surco radicular en un primer molar inferior y el surco estaba dirigido hacia lingual.

En varias publicaciones sobre segundos molares mandibulares presentan el surco radicular mayoritariamente hacia lingual de un 58.1% a un 98.9% (6,8,22,27). Los resultados mencionados en el presente estudio tienen similitud a los mencionados previamente. a diferencia Shefali y colaboradores, observaron que, 43.5% de los segundos molares mandibulares el surco radicular se dirige hacia vestibular (28).

En terceros molares mandibulares Shefali y colaboradores observaron que un 47.4% de dientes con CC presentaban ambos surcos radiculares en vestibular y lingual; seguido por un 31.6% hacia lingual (28). Estos resultados no concuerdan con los hallazgos de este estudio donde el surco se presentaba en la superficie vestibular en mayor frecuencia. Se debe tener en mente

que los terceros molares inferiores son considerados como las piezas dentales que pueden presentar gran diversidad anatómica.

La dirección del CC, en molares superiores puede presentar muchas variaciones debido a su anatomía, por ende, las opciones de fusión radicular son mayores. Existen pocos estudios sobre la dirección del CC en molares superiores, por esta razón su prevalencia no es muy conocida, pero es importante tenerla en cuenta al momento de tratar un diente endodónticamente. Jo y colaboradores, determinaron que, en los segundos molares superiores, 48 dientes (2.7%) tenían un CC y el tipo más común era TIC (MB-DB: 29 dientes, 1.6%), seguido de TIA (MB-P: 11 dientes, 0.6%) (12).

Hay que tener en consideración durante un tratamiento de endodoncia en dientes con CC, que al momento de conformar y limpiar los conductos se debe tener conocimiento sobre el surco radicular que presentan, ya que este puede considerarse como una zona de peligro independientemente de su dirección, por presentar paredes dentinales delgadas, que sin un debido cuidado puede conllevar a una perforación en banda (44).

En la práctica clínica hay que recordar los factores relacionados al CC mencionados previamente, para llevar a cabo un tratamiento endodóntico más exitoso. La irrigación con activación sónica o ultrasónica es fundamental para la limpieza, donde los instrumentos mecánicos no logran llegar en este tipo de morfología y así cerciorar una mayor desinfección (44). Así mismo, se busca una obturación con un selle tridimensional, donde una obturación en frío es más complicado lograrlo y presenta más riesgos de generar fisuras o fracturas al momento de condensar, ya que se necesita generar mayor presión; presentando mayor riesgo en las zonas de menor grosor dentinal en los surcos radiculares; la obturación termoplastificada ha presentado mayores beneficios para los CC, ya que el material de obturación fluye de mejor manera dentro del sistema de conductos (44). Es de crucial importancia que se tenga en consideración las zonas de menor de grosor dentinaria en estos CC al momento de restaurar el diente y la colocación de retenedor intrarradicular, ya que son dientes propensos a fracturas, donde un poste prefabricado no ajustaría de la mejor manera y es más recomendable la colocación de un retenedor en resina (48).

Conclusión

La prevalencia de conducto en “C” en la población colombiana fue de 6.5%. Los primeros molares superiores e inferiores presentan una baja prevalencia de CC, pero esto no significa que esta morfología sea inexistente. Se debe considerar que cuando se presenta fusión radicular las probabilidades de presentar este tipo de conducto aumentan.

Recomendaciones

- El tamaño de muestra en cada grupo de dientes sea más uniforme.
- Se podría realizar estudios ex vivo, con Micro-CT.

Referencias bibliográficas

1. Raisingani D, Gupta S, Mital P, Khullar P. Anatomic and Diagnostic Challenges of C-Shaped Root Canal System. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2014;7(1):35–9.
2. Kato A, Ziegler A, Higuchi N, Nakata K, Nakamura H, Ohno N. Aetiology, incidence and morphology of the C-shaped root canal system and its impact on clinical endodontics. *Int Endod J*. 2014;47(11):1012–33.
3. Cooke HG, Cox FL. C-shaped canal configurations in mandibular molars. *J Am Dent Assoc* [Internet]. 1979;99(5):836–9. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002817779950244>
4. Abdulmajeed K, Mustafa N, Kashmoola M JA. The Diagnosis and Determination of C-Shaped Canal in Lower Second Molar. *J Int Dent Med Res*. 2018;11(3):810–8.
5. Kim Y, Lee D, Kim D-V, Kim S-Y. Analysis of Cause of Endodontic Failure of C-Shaped Root Canals. *Scanning*. 2018;2018:1–7.
6. Alfawaz H, Alqedairi A, Alkhayyal AK, Almobarak AA, Alhusain MF, Martins JNR. Prevalence of C-shaped canal system in mandibular first and second molars in a Saudi population assessed via cone beam computed tomography: a retrospective study. *Clin Oral Investig*. 2019;23(1):107–12.
7. Ahmed HMA, Dummer PMH. A new system for classifying tooth, root and canal anomalies. *Int Endod J*. 2018;51(4):389–404.
8. Jin GC, Lee SJ, Roh BD. Anatomical study of C-shaped canals in mandibular second molars by analysis of computed tomography. *J Endod*. 2006;32(1):10–3.
9. Fan B, Cheung GSP, Fan M, Gutmann JL, Bian Z. C-shaped canal system in mandibular second molars: Part I - Anatomical features. *J Endod*. 2004;(1).
10. Peikoff MD, Christie WH, Fogel HM. The maxillary second molar : variations in the number of roots and canals. 1996;365–70.
11. Martins JNR, Mata A, Marques D, Anderson C. Prevalence and Characteristics of the Maxillary C-shaped Molar. *J Endod*. 2016;42(3):383–9.
12. Jo H, Min J, Hwang H. Analysis of C-shaped root canal configuration in maxillary molars in a Korean population using cone- beam computed tomography. 2016;7658:55–62.
13. Fan B, Cheung GSP, Fan M, Gutmann JL, Fan W. C-Shaped Canal System in Mandibular Second Molars : Part II — Radiographic Features. *J Endod*. 2004;30(12):904–8.
14. Marcano-caldera M, Mejia-cardona JL, Blanco-uribe MP, Chaverra-mesa EC, Rodríguez-lezama D, Parra-sánchez JH. Fused roots of maxillary molars: characterization and prevalence in a Latin American sub-population: a cone beam computed tomography study. *Restor Dent Endod*. 2019;44(2):1–12.
15. Martins JNR, Marques D, Silva EJNL, Carames J, Mata A, Versiani M. Prevalence of

- C-shaped canal morphology using cone beam computed tomography – a systematic review with meta-analysis. *Int Endod J.* 2019;1–17.
16. Martins JNR, Mata A, Marques D, Caramês J. Prevalence of C-shaped mandibular molars in the Portuguese population evaluated by cone-beam computed tomography. *Eur J Dent.* 2016;10(4):529–35.
 17. Kim S, Kim BS, Woo J, Kim Y. Morphology of Mandibular First Molars Analyzed by Cone-beam Computed Tomography in a Korean Population : Variations in the Number of Roots and Canals. *J Endod [Internet].* 2019;39(12):1516–21. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2013.08.015>
 18. Wang Y, Guo J, Yang HB, Han X, Yu Y. Incidence of C-shaped root canal systems in mandibular second molars in the native Chinese population by analysis of clinical methods. *Int J Oral Sci [Internet].* 2012;4(3):161–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/ijos.2012.42>
 19. Zheng Q, Zhang L, Zhou X, Wang Q, Wang Y, Tang L, et al. C-shaped root canal system in mandibular second molars in a Chinese population evaluated by cone-beam computed tomography. *Int Endod J.* 2011;44(9):857–62.
 20. von Zuben M, Martins JNR, Berti L, Cassim I, Flynn D, Gonzalez JA, et al. Worldwide Prevalence of Mandibular Second Molar C-Shaped Morphologies Evaluated by Cone-Beam Computed Tomography. *J Endod.* 2017;43(9):1442–7.
 21. Jung HJ, Lee SS, Huh KH, Yi WJ, Heo MS, Choi SC. Predicting the configuration of a C-shaped canal system from panoramic radiographs. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology [Internet].* 2010;109(1):e37–41. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.08.024>
 22. Seo DG, Gu Y, Yi YA, Lee SJ, Jeong JS, Lee Y, et al. A biometric study of C-shaped root canal systems in mandibular second molars using cone-beam computed tomography. *Int Endod J.* 2012;45(9):807–14.
 23. Pawar AM, Pawar M, Kfir A, Singh S, Salve P, Thakur B, et al. Root canal morphology and variations in mandibular second molar teeth of an Indian population: an in vivo cone-beam computed tomography analysis. *Clin Oral Investig.* 2017;21(9):2801–9.
 24. Sinanoglu A, Helvacioğlu-Yigit D. Analysis of C-shaped canals by panoramic radiography and cone-beam computed tomography: Root-type specificity by longitudinal distribution. *J Endod [Internet].* 2014;40(7):917–21. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.03.014>
 25. Helvacioğlu-Yigit D, Sinanoglu A. Use of cone-beam computed tomography to evaluate C-shaped root canal systems in mandibular second molars in a Turkish subpopulation: A retrospective study. *Int Endod J.* 2013;46(11):1032–8.
 26. Demirbuga S, Sekerci AE, Dinçer AN, Cayabatmaz M, Zorba YO. Use of cone-beam computed tomography to evaluate root and canal morphology of mandibular first and second molars in Turkish individuals. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.*

2013;18(4):737–44.

27. Shemesh A, Levin A, Katzenell V, Itzhak J Ben, Levinson O, Avraham Z, et al. C-shaped canals—prevalence and root canal configuration by cone beam computed tomography evaluation in first and second mandibular molars—a cross-sectional study. *Clin Oral Investig*. 2017;21(6):2039–44.
28. Shefali W, Pratap SM, Manish A, Pavithra S, Rawtiya M, Wadhvani P. Prevalence of C-shaped canals in mandibular second and third molars in a central India population: A cone beam computed tomography analysis. *J Conserv Dent*. 2017;20(5):351–4.
29. Torres A, Jacobs R, Lambrechts P, Brizuela C, Cabrera C, Concha G, et al. Characterization of mandibular molar root and canal morphology using cone beam computed tomography and its variability in Belgian and Chilean population samples. *Imaging Sci Dent*. 2015;45(2):95–101.
30. Quijano S, García C, Rios K, Ruiz V, Ruíz A. Sistema de conducto radicular en forma de C en segundas molares mandibulares evaluados por tomografía cone beam. *Rev Estomatológica Hered*. 2017;26(1):28.
31. Silva EJNL, Nejaim Y, Silva A V., Haiter-Neto F, Cohenca N. Evaluation of root canal configuration of mandibular molars in a Brazilian population by using cone-beam computed tomography: An in vivo study. *J Endod*. 2013;39(7):849–52.
32. Vaz De Azevedo KR, Lopes CB, Andrade RHTLR, Pacheco Da Costa FFN, Gonçalves LS, Dos Santos RM, et al. C-shaped canals in first and second mandibular molars from Brazilian individuals: A prevalence study using cone-beam computed tomography. *PLoS One*. 2019;14(2):1–8.
33. Sidow SJ, West LA, Liewehr FR, Loushine RJ. Root Canal Morphology of Human Maxillary and Mandibular Third Molars. *J Endod*. 2000;25(11):11–4.
34. Patel S, Durack C, Abella F, Shemesh H, Roig M, Lemberg K. Cone beam computed tomography in Endodontics – a review. 2015;3–15.
35. Dankner E, Friedman S, Stabholz A. CASE REPORT Bilateral C Shape Configuration in Maxillary First Molars. *J Endod*. 1990;16(12):601–3.
36. MANNING SA. Root canal anatomy of mandibular second molars. *Int Endod J*. 1990;23(1):40–5.
37. Gulabivala K, Opasanon A, Ng Y, Alavi A. Root and canal morphology of Thai mandibular molars Abstract. 2002;56–62.
38. Zhang W, Tang Y, Liu C, Shen Y, Feng X, Gu Y. Archives of Oral Biology Root and root canal variations of the human maxillary and mandibular third molars in a Chinese population : A micro – computed tomographic study. *Arch Oral Biol* [Internet]. 2018;95(July):134–40. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2018.07.020>
39. Rawtiya M, Somasundaram P, Wadhvani S, Munuga S, Agarwal M, Sethi P. Retrospective study of root canal configurations of maxillary third molars in Central

- India population using cone beam computed tomography Part- I. 2016;97–102.
40. Nejaim Y, Gomes AF, Rosado L de PL, Freitas DQ, Martins JNR, da Silva EJNL. C-shaped canals in mandibular molars of a Brazilian subpopulation: prevalence and root canal configuration using cone-beam computed tomography. *Clin Oral Investig*. 2020;24(9):3299–305.
 41. Mashyakhy MH, Chourasia H, Jabali A, Bajawi H, Jamal H, Testarelli L, et al. C-shaped canal configuration in mandibular premolars and molars: Prevalence, correlation, and differences: An in Vivo study using cone-beam computed tomography. Vol. 23, *Nigerian Journal of Clinical Practice*. 2020. p. 232–9.
 42. Wabgou M, Vargas D, Carabalí JA. LAS MIGRACIONES INTERNACIONALES EN COLOMBIA. *Investig y Desarro*. 2012;20(1):142–67.
 43. Tassoker M, Sener S. Analysis of the root canal configuration and C-shaped canal frequency of mandibular second molars: A CBCT study. *Folia Morphol (Warsz)* [Internet]. 2015;77(4):752–7. Available from: https://journals.viamedica.pl/fovia_morphologica/article/view/57439
 44. Fernandes M, Ataíde I de, Wagle R. C-shaped root canal configuration: A review of literature. *Conserv Dent*. 2014;17(4):312–9.
 45. Mohammadi Z, Jafarzadeh H, Shalavi S, Bandi S, Patil S. Root and Root Canal Morphology of Human Third Molar Teeth. *J Contemp Dent Pract*. 2015;16(4):310–3.
 46. Haddad GY, Nehme WB, Ounsi HF. Diagnosis, classification, and frequency of C-shaped canals in mandibular second molars in the Lebanese population. *J Endod*. 1999;25(4):268–71.
 47. Amoroso-silva P, Moraes IG De, Alves MM, Bramante CM, Zapata RO, Antonio M, et al. Analysis of mandibular second molars with fused roots and shallow radicular grooves by using micro - computed tomography. 2018;169–75.
 48. Cheung LHM, Cheung GSP. Evaluation of a Rotary Instrumentation Method for C-shaped Canals with Micro-computed Tomography. *J Endod*. 2008;34(10):1233–8.