



Facultad de Ciencias de la Salud

Especialidad de Ortodoncia

Tema:

Análisis volumétrico tridimensional del cóndilo mandibular en adultos con clase esquelética I, II y III mediante CBCT: estudio comparativo en población ecuatoriana

Tesis para la obtención del Título de Especialista en Ortodoncia

Presentado por:

Alejandro José Rejón Villegas

Tutor:

Ghenna Chamorro

Quito, septiembre 2026

Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Alejandro José Rejón Villegas

1757119423

Índice

Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos	2
Índice.....	3
Índice De Tablas.....	4
Índice De Figuras	5
Resumen.....	6
Abstract	7
Introducción	8
Marco Referencial.....	10
Materiales Y Métodos	15
Criterios De Inclusión Y Exclusión	16
Resultados	20
Discusión.....	24
Conclusiones	26
Referencias.....	29

Índice De Tablas

Tabla 1 Características de la muestra por clase esquelética y sexo.	21
Tabla 2 Comparación del volumen condilar entre hombres y mujeres dentro de cada clase.....	23
Tabla 3 Comparación por pares entre las clases esqueléticas en mujeres.....	23

Índice De Figuras

Figura 1 Clases esqueléticas I, II y III según ANB.....	16
Figura 2 Módulo de Segment Editor con los dos segmentos de cóndilos creados.	18
Figura 3 Herramientas Level Tracing y Draw utilizadas para la determinación del volumen condilar.....	19
Figura 4 Vista axial. Contorno superior del cóndilo derecho (primer punto de imagen hiperdenso) y límite inferior condilar (escotadura sigmoidea).	19
Figura 5 Vista coronal y axial durante la segmentación de cóndilos.	20
Figura 6 Reconstrucción condilar en 3D de ambos cóndilos.....	20
Figura 7 Volumen condilar promedio según clase esquelética y sexo.....	22
Figura 8 Correspondencia entre los volúmenes condilares derecho e izquierdo.	24

ANÁLISIS VOLUMÉTRICO TRIDIMENSIONAL DEL CÓNDILO MANDIBULAR EN ADULTOS CON CLASE ESQUELETAL I, II Y III MEDIANTE CBCT: ESTUDIO COMPARATIVO EN POBLACIÓN ECUATORIANA

Alejandro José Rejón Villegas

alejandrojrejon@gmail.com

Universidad Hemisferios

Resumen

Objetivo: el presente estudio tuvo como objetivo analizar y comparar el volumen del cóndilo mandibular en adultos con clases esqueléticas I, II y III considerando su relación con el sexo, mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). **Metodología:** este estudio observacional y retrospectivo se realizó a partir de un banco de tomografías de población ecuatoriana. La muestra estuvo constituida por 120 tomografías correspondientes a 60 hombres y 60 mujeres distribuidos de manera equitativa entre las tres clases esqueléticas con un total de 240 cóndilos para analizar. La clasificación esquelética sagital se estableció mediante el ángulo ANB y se determinaron los volúmenes condilares mediante segmentación tridimensional utilizando el software 3D Slicer. **Resultados:** se evidenció una asociación significativa entre el sexo y el volumen condilar ($p < 0,001$), mientras que la clase esquelética analizada de manera independiente no presentó diferencias significativas ($p = 0,213$); sin embargo, se evidenció una interacción significativa entre sexo y clase esquelética ($p = 0,012$). Al realizar las comparaciones por subgrupos, las diferencias entre hombres y mujeres se concentraron en la Clase II, en la cual las mujeres presentaron un volumen condilar significativamente menor ($p < 0,001$). Asimismo, dentro del sexo femenino se encontraron diferencias entre las clases esqueléticas ($p = 0,007$), con

menor volumen en las mujeres Clase II respecto a las Clases I y III, mientras que en los hombres no se observaron diferencias significativas entre clases. Tampoco se identificaron diferencias significativas entre el volumen condilar derecho e izquierdo ($p = 0,867$). **Conclusión:** las variaciones del volumen condilar están relacionadas con el sexo y su interacción con la clase esquelética, siendo las mujeres Clase II el grupo en el que se evidenciaron los menores valores volumétricos, lo que sugiere que ambas variables deben considerarse conjuntamente al interpretar las características morfológicas del cóndilo mandibular. Además, al tratarse de resultados obtenidos en sujetos sin signos radiográficos de patología condilar activa, un volumen condilar reducido debe ser interpretado dentro de las características individuales del paciente y no necesariamente como indicativo de una alteración articular.

Palabras Clave: CÓNDILO MANDIBULAR; VOLUMEN CONDILAR; CLASE ESQUELETAL; TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO.

Abstract

Objective: This study aimed to analyze and compare mandibular condylar volume in adults with skeletal Classes I, II, and III, considering its relationship with sex, using cone-beam computed tomography (CBCT). **Methodology:** This observational and retrospective study was conducted using a database of CBCT scans from an Ecuadorian population. The sample consisted of 120 CBCT scans corresponding to 60 men and 60 women, equally distributed among the three skeletal classes, for a total of 240 condyles analyzed. Sagittal skeletal classification was established using the ANB angle, and condylar volumes were determined through three-dimensional segmentation using 3D Slicer software. **Results:** A significant association was found between sex and condylar volume ($p < 0.001$), whereas skeletal class

analyzed independently showed no significant differences ($p = 0.213$). However, a significant interaction between sex and skeletal class was identified ($p = 0.012$). Subgroup comparisons showed that differences between men and women were concentrated in Class II, in which women presented a significantly lower condylar volume ($p < 0.001$). Likewise, significant differences among skeletal classes were found within the female group ($p = 0.007$), with Class II women showing lower condylar volumes than Class I and Class III women, whereas no significant differences among skeletal classes were observed in men. No significant differences were identified between right and left condylar volumes ($p = 0.867$). **Conclusion:** Variations in condylar volume were associated with sex and its interaction with skeletal class, with Class II women showing the lowest volumetric values, suggesting that both variables should be considered jointly when interpreting the morphological characteristics of the mandibular condyle. Furthermore, since these findings were obtained in subjects without radiographic signs of active condylar pathology, a reduced condylar volume should be interpreted within the individual characteristics of the patient and not necessarily as an indication of joint pathology.

Keywords: MANDIBULAR CONDYLE; CONDYLAR VOLUME; SKELETAL CLASS; CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY.

Introducción

Existe una estructura que destaca por su elevada complejidad estructural y funcional conocida como articulación temporomandibular, compuesta por tejidos blandos tales como ligamentos extra e intracapsulares, disco, cápsula articular e inserciones musculares y por componentes óseos como el cóndilo mandibular y cavidad glenoidea del hueso temporal que debido a su alta complejidad biomecánica es susceptible a la aparición de cambios estructurales y procesos patológicos. (Li, 2022, p. 2).

La morfología de la articulación temporomandibular está directamente relacionada con una actividad funcional óptima y la pérdida de este equilibrio en su función puede alterar la relación entre el maxilar y la mandíbula conllevando a una inestabilidad del aparato masticatorio y al desarrollo de patologías asociadas. En este contexto, el cóndilo mandibular es una parte anatómica crucial para el buen desempeño de la articulación temporomandibular, por ello, cualquier afectación o cambio morfológico debería ser tomado en cuenta durante la planificación del tratamiento ortodóntico con énfasis cuando se busca generar estabilidad y función a largo plazo. (Xie, 2023, p. 1).

Ciertas investigaciones han estudiado a fondo la articulación temporomandibular y las estructuras que la componen, anteriormente dichas investigaciones contaban con mucha limitación diagnóstica por realizarse en radiografías 2D, pero con la aparición de la CBCT el avance en este campo ha sido muy significativo, llegando a relacionar los trastornos temporomandibulares con cambios en la morfología condilar, el estudio del cóndilo y su relación a distintos patrones esqueléticos en su mayoría con un enfoque en el cambio de la forma, alteración de la cortical externa, entre otros aspectos, y aunque algunos realizan sus estudios con un enfoque en el volumen condilar, la evidencia sigue siendo muy limitada y el conocimiento en términos del volumen del cóndilo y su relación con la estabilidad a largo plazo, clases esqueléticas, patologías condilares sigue siendo mínimo. (Nawawi, 2022, p. 104).

La evaluación mediante CBCT ha permitido cuantificar el volumen condilar con alta precisión en todos los planos del espacio, contribuyendo a una predictibilidad en el tratamiento y a un diagnóstico más acertado (Noh, 2021, p. 127), sin embargo, la evidencia es limitada respecto a cómo varía el volumen condilar entre las clases esqueléticas I, II y III en adultos con cóndilos sanos y si el sexo introduce diferencias clínicamente relevantes. Esta ausencia de

referencias dificulta la planificación ortodóncica personalizada y la anticipación de posibles adaptaciones articulares.

Determinar los valores de referencia de volumen condilar para cada clase esquelética podría mejorar dicho diagnóstico y facilitar la planificación del tratamiento. Además, evaluar las diferencias de volumen condilar según el sexo biológico, a fin de identificar posibles patrones anatómicos diferenciados por género que complementen el análisis según clase esquelética con el fin de individualizar el diagnóstico ortodóncico, teniendo en cuenta que cada paciente presenta características únicas que deberían orientar a la determinación de un plan de tratamiento óptimo.

En concordancia con lo expuesto, el presente estudio tiene como objetivo analizar y comparar el volumen condilar mandibular con respecto al sexo y a las clases esqueléticas en pacientes adultos mediante tomografía axial computarizada de haz cónico (CBCT).

Marco Referencial

El sistema masticatorio es un componente esencial del organismo ya que contempla funciones tan fundamentales como la masticación, el habla y la deglución. Es un sistema de alta complejidad formado por huesos, articulaciones, músculos, ligamentos y los dientes, además del sistema neurológico que controla, coordina y regula a todos estos componentes. En relación con las estructuras óseas, los componentes esqueléticos son los huesos temporal, frontal, parietal, esfenoides, occipital, cigomático, nasal, maxilar y la mandíbula como hueso independiente y suspendido. Sin embargo, los tres huesos principales que forman el sistema masticatorio son el maxilar, la mandíbula y el temporal. (Okeson, 2013, p. 2-5).

El área donde el cóndilo de la mandíbula se articula con la cavidad glenoidea del hueso temporal del cráneo se denomina articulación temporomandibular (ATM) y es considerada como

una de las articulaciones de mayor complejidad del organismo ya que permite movimientos de bisagra en un plano y al mismo tiempo movimientos de deslizamiento por lo que es considerada una articulación gínglimoartrodial. La ATM propiamente dicha está compuesta por el cóndilo y la fosa mandibular del hueso temporal además de un disco articular que separa estos huesos. También es clasificada como una articulación compuesta. Las articulaciones compuestas se componen de tres huesos y aunque cabría pensar que la ATM solo presenta dos huesos, se toma en cuenta al disco articular como un tercer componente óseo, pero en este caso sin osificar que desde un punto de vista funcional permite los movimientos complejos de la articulación. (Okeson, 2013, p. 2-5).

Durante muchos años el cóndilo fue considerado como el elemento que regulaba todo lo relacionado con el crecimiento mandibular, muchos lo veían como el factor más importante y esencial capaz de determinar el ritmo, la cantidad y dirección de dicho crecimiento, incluso el tamaño y la forma final de la mandíbula. Actualmente ya no se considera como el centro maestro del desarrollo mandibular, sin embargo, es un centro de crecimiento de vital relevancia en conjunto a otros cambios adaptativos y circunstancias externas. (Aguila, 1993, p. 117).

El crecimiento condilar en sí es un proceso complejo que no determina como centro primario el desarrollo de la mandíbula, pero dadas las exigencias fisiológicas del cóndilo como componente esencial de la articulación temporomandibular, este presenta un cartílago condilar, el cual se mantiene en constante contacto con el hueso temporal del cráneo y el disco articular interpuesto, el mismo que crece y es estimulado a través de una presión directa contra la cavidad, por ende, este cartílago secundario no es un marcapaso del crecimiento mandibular. El cóndilo en conjunto con su cartílago presenta un crecimiento adaptativo gracias a su capacidad de

remodelación multidireccional causada por los estímulos, movimientos y rotaciones establecidas por la mandíbula. (Aguila, 1993, p. 117).

La adaptabilidad del cóndilo suele generar confusiones durante la observación de su morfología, ya que variaciones condilares pueden ser por adaptaciones funcionales o signos de una patología, lo cual ha motivado al desarrollo de estudios en patologías condilares tales como erosiones, osteofitos, quistes, entre otros, pero poco se ha estudiado acerca de la morfología del cóndilo sin patología asociada. (Santander, 2020, p. 2).

En relación con las tecnologías de diagnóstico, la imagen dental se ha convertido en un componente esencial de la odontología moderna, la cual provee de información crucial para elaborar un correcto plan de tratamiento basado en un diagnóstico inicial, así como darnos una idea general de las condiciones de salud oral. (Khader, 2024, p. 1795).

En este contexto, la ortodoncia es una especialidad muy dinámica que, al igual que muchas otras ramas de las ciencias médicas, está en constante evolución. La continua búsqueda de mejores diagnósticos y tratamientos a medida ha requerido procedimientos más eficaces y precisos, por tal motivo, las imágenes tomográficas de haz de cono se han convertido en una tecnología capaz de revolucionar a la ortodoncia moderna, sobrepasa las capacidades de estudios 2D que imposibilitaban a los profesionales tener un diagnóstico que represente el complejo craneofacial en tres dimensiones. (Polizzi, 2024, p. 1).

Durante muchos años la radiografía panorámica ha sido usada ampliamente como método para examinar las estructuras de la articulación temporomandibular, sin embargo, aporta muy poca información ya que permite observar solo el aspecto lateral de la articulación y es una técnica radiográfica de poca sensibilidad con relación a la ATM (Abubakr, 2025).

Relacionado al diagnóstico ortodóntico, la aparición de la tomografía de haz de cono (CBCT) vino a revolucionar la manera como se estudia a los pacientes previo a un tratamiento de ortodoncia, con la eliminación de distorsiones y sobreposición de imágenes en las radiografías bidimensionales permitió la observación de estructuras anatómicas con mayor exactitud gracias a la reconstrucción tomográfica en los 3 planos del espacio, lo que conllevó a análisis más claros sobre asimetrías y el estudio de la articulación temporomandibular, lo cual suele ser de gran importancia debido a que cambios degenerativos condilares o cambios en la posición de estos pueden alterar la relación maxilomandibular sagital o transversal y conllevar a un diagnóstico inicial errado (Ertty, 2023).

La tomografía de haz de cono o CBCT se basa en radiación al igual que las imágenes bidimensionales, sin embargo, los equipos cuentan con un panel detector de radiación con algoritmos capaces de reconstruir imágenes en tres dimensiones. Aunque se reportan estudios tomográficos desde la década de 1900, primero fue introducido como herramienta diagnóstica en odontología y posteriormente la sociedad británica de ortodoncia reporta usos específicos para la ortodoncia (Fabio Savoldi, 2024). En el caso específico de la CBCT, es una modalidad de imagen diseñada específicamente con fines odontológicos ya que utiliza un haz de rayos X en forma de cono que proporciona una mejor resolución y al mismo tiempo reduce la exposición a radiación. (Khader, 2024, p. 1795).

Actualmente se ha buscado la estandarización en lo que respecta a la morfología condilar y gracias a la integración de la CBCT en la práctica clínica dental, se puede describir al cóndilo en los tres ejes del espacio, es decir, axial, coronal y sagital; en la vista axial la morfología condilar se describe como cóncava, convexa, plana u otras formas para aquellas indeterminadas. En la vista coronal se clasifica como plano, convexo, angulado y redondo. En la vista sagital

puede presentar una morfología redonda o plana. Se pueden presentar distintas variaciones anatómicas, pero es necesario un entendimiento profundo para evitar diagnósticos incorrectos por falta de observación o experiencia clínica. (Ma, 2023, p. 2389).

El análisis volumétrico tridimensional del cóndilo mandibular ha adquirido relevancia en la literatura científica debido a su capacidad para proveer un método que calcule el volumen de dicha estructura, permitiendo al diagnosticador describir de forma precisa las variaciones morfológicas de la articulación temporomandibular y al mismo tiempo visualizar posibles efectos terapéuticos incluso antes de tratar al paciente. (Tecco, 2010, p. 1).

El uso de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y el avance en imagenología craneofacial ha facilitado la medición fiable del volumen condilar mediante técnicas de segmentación tridimensional que proporcionan representaciones en 3D fiables, permitiendo que existan diversos estudios que han validado la precisión y reproducibilidad de la CBCT para el análisis volumétrico del cóndilo mandibular cuando se emplean protocolos estandarizados y softwares especializados. (Bayram, 2011, p 1813).

La literatura describe que los cambios en el volumen del cóndilo mandibular varían según individuos y en función del patrón de crecimiento mandibular y a la adaptación funcional de la articulación temporomandibular. La influencia de la oclusión en la morfología condilar ha sido un tema de controversia durante años debido a las diferentes técnicas empleadas al momento del estudio y a la falta de métodos estandarizados. (Alhammadi, 2016, p. 80).

En cuanto a la relación existente entre el patrón esquelético y el volumen condilar, los análisis han demostrado diferencias significativas entre las clases esqueléticas. En particular, sujetos Clase esquelética III tienden a presentar un mayor volumen condilar comparado con

aquellos con clases esqueléticas I y II que presentan valores reducidos. Estas diferencias son atribuidas a las cargas biomecánicas y los vectores de fuerza ejercidos durante la masticación pudiendo generar variaciones durante el crecimiento mandibular y la adaptación funcional de la articulación; la dirección e intensidad de dichas fuerzas están condicionadas según la clase esquelética llegando a desempeñar un papel importante en la morfología y volumen condilar reforzando la hipótesis de una adaptación condilar como expresión al patrón esquelético del individuo (Saccucci, 2012, p. 7).

Adicionalmente, los estudios volumétricos tridimensionales han evidenciado diferencias del 3-5 % respecto tanto del volumen como de la superficie del cóndilo mandibular en hombres y mujeres, explicadas por el dimorfismo sexual, observándose mayores volúmenes en hombres que en mujeres, con diferencias estadísticamente significativas (Saccucci, 2012, p. 5).

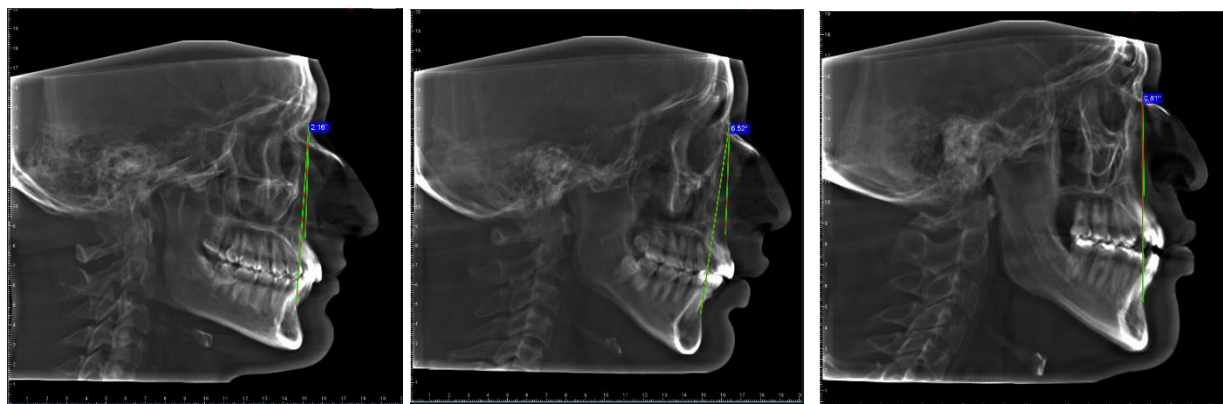
Materiales Y Métodos

Se realizó un estudio de tipo observacional, analítico, comparativo, transversal y retrospectivo, basado en tomografías computarizadas que fueron obtenidas del Banco de Tomografía de la Universidad de los Hemisferios de la ciudad de Quito, Ecuador, las cuales fueron recopiladas durante los años 2021 a 2026, solicitadas previamente a la Dra. Marjory Vaca Zapata, coordinadora del posgrado de Ortodoncia mediante carta de donación. Estas fueron obtenidas utilizando un equipo Planmeca ProMax 3D, bajo los siguientes parámetros técnicos: FOV 20.0 x 17.4 cm, 6 mA, tamaño de vóxel isotrópico de 0.400 mm, kilovoltaje de 120 kV y tiempo de exposición de 9.036 segundos, bajo protocolos y parámetros estandarizados para la obtención de una imagen de cabeza completa. La población de estudio estuvo constituida por 523 tomografías computarizadas de haz cónico de dicho banco de tomografías previamente

anonimizadas por el investigador, identificadas con un código alfanumérico. La muestra del presente estudio después de aplicar rigurosamente los criterios de inclusión y exclusión se constituyó de 120 tomografías, 240 cóndilos correspondientes a 60 mujeres y 60 hombres, quienes fueron clasificados según su relación esquelética sagital mediante el ángulo ANB (punto A - nasión - punto B). El intervalo normativo para Clase I es ($0^{\circ} < \text{ANB} < 4^{\circ}$), se consideró Clase II ($\text{ANB} > 4^{\circ}$) y Clase III ($\text{ANB} < 0^{\circ}$) (figura 1). Estos ángulos se aplicaron para categorizar a los sujetos del estudio. Para esto, se utilizó el programa Romexis Viewer (versión 6.47.99 Planmeca Finlandia) el que permitió extraer una simulación de radiografía lateral de cráneo en las que se realizó la medida propuesta y posteriormente se determinó el volumen condilar para las clases esqueléticas I, II y III en ambos sexos.

Figura 1

Clases esqueléticas I, II y III según ANB.



Criterios De Inclusión Y Exclusión

Inclusión

1. Población comprendida entre los 21 y 40 años de sexo femenino y masculino
2. CBCT con FOV que incluya ambos cóndilos y calidad diagnóstica adecuada.

3. Ausencia de patología condilar radiológica activa.
4. Registros completos para clasificación esquelética y sexo.

Exclusión

1. Artefactos de movimiento o metal que impidan una segmentación fiable.
2. Trastornos degenerativos de ATM activos (osteoartrosis, reabsorción idiopática) o evidencia de trauma condilar.
3. CBCT sin inclusión completa de una o ambas ATM.

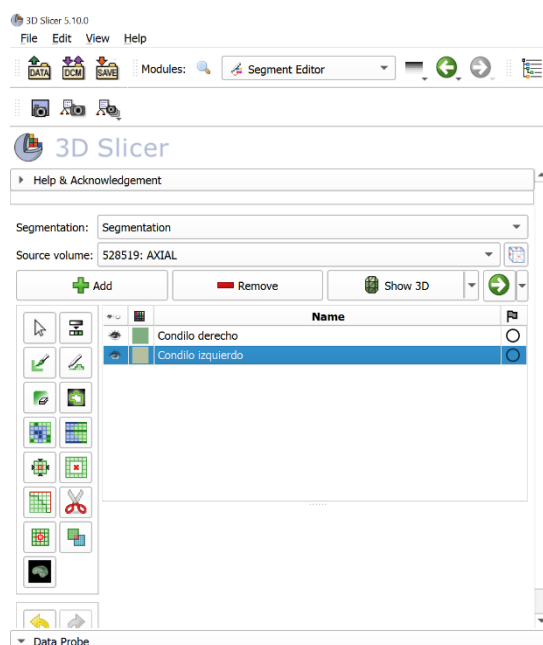
Con el propósito de garantizar la reproducibilidad y confiabilidad de las mediciones, se llevó a cabo un proceso de calibración intraobservador e interobservador utilizando la herramienta de reconstrucción multiplanar (MPR) del software seleccionado. Un especialista entrenado realizó inicialmente la identificación anatómica y la segmentación de las estructuras de interés. Posteriormente, el investigador repitió el procedimiento de forma independiente sobre las mismas imágenes tomográficas. Cinco días después, se efectuó una nueva evaluación de las mismas tomografías para determinar la reproducibilidad intraobservador. El nivel de concordancia fue analizado mediante el coeficiente de correlación intraclass (CCI), considerándose adecuado un valor $\geq 0,80$ (Botero, 2019).

Una vez determinada la clase esquelética se segmentaron los 240 cóndilos de las 120 tomografías, para lo cual se utilizó el programa 3D Slicer (en su versión 5.10.0 r34045 / a2b6d08) en el cual se cargaron los archivos en formato “Digital Imaging and Communications in Medicine” (DICOM) por sus siglas en inglés, correspondientes a cada una de las tomografías ya clasificadas previamente.

En el módulo “*Segment Editor*” se agregaron dos segmentos, uno con el nombre cóndilo derecho y con el color verde, el otro con el nombre de cóndilo izquierdo y con el color amarillo para poder diferenciarlos (figura 2).

Figura 2

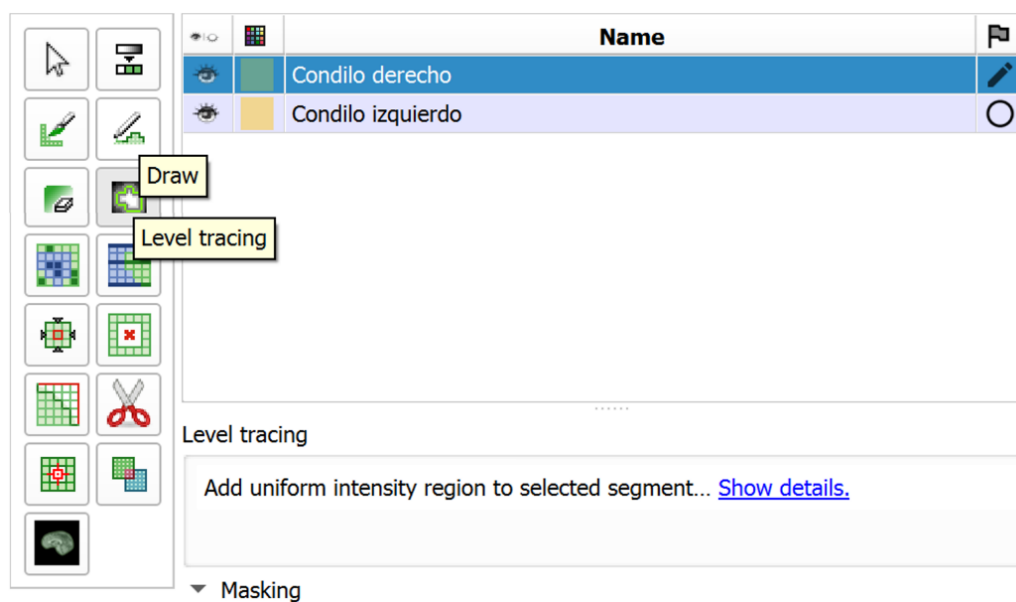
Módulo de Segment Editor con los dos segmentos de cóndilos creados.



Las herramientas “*Level tracing*” y “*Draw*” se utilizaron para la determinación del volumen condilar el cual fue tomado en los cortes axiales (figura 3). El contorno superior del cóndilo estuvo delimitado por el primer punto de imagen radiopaca que se encontró en la superficie articular y el límite inferior condilar fue seleccionado por el primer punto en el cual se observó la escotadura sigmoidea donde pierde su forma redondeada (figura 4). (Nawawi, 2022).

Figura 3

Herramientas Level Tracing y Draw utilizadas para la determinación del volumen condilar.

**Figura 4**

Vista axial. Contorno superior del cóndilo derecho (primer punto de imagen hiperdenso) y límite inferior condilar (escotadura sigmoidea).

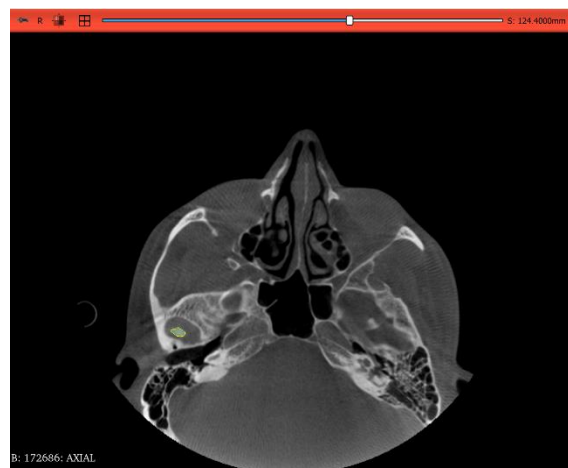
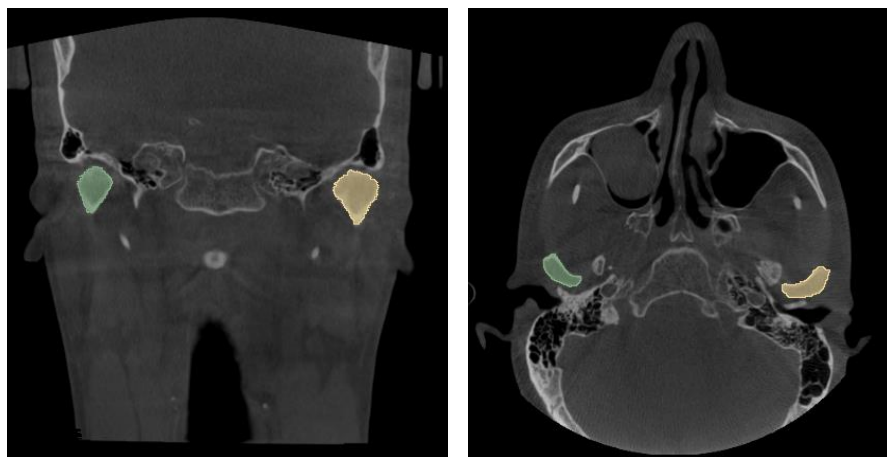


Figura 5

Vista coronal y axial durante la segmentación de cóndilos.



Luego de haber delimitado cada cóndilo se obtuvo una vista 3D de ambos (figura 6) y con la ayuda del módulo “*Segment Statistics*” el programa proporcionó el volumen de cada cóndilo en mm^3 . Estos datos fueron registrados en una hoja de Excel para su posterior análisis.

Figura 6

Reconstrucción condilar en 3D de ambos cóndilos.



La muestra estuvo constituida por 120 tomografías de adultos, las cuales se distribuyeron equitativamente según sexo y clase esquelética, con 20 hombres y 20 mujeres en cada una de las clases esqueléticas I, II y III. Las características de la muestra y los valores descriptivos de la

misma de acuerdo con el volumen condilar derecho, izquierdo y promedio según clase esquelética y sexo se muestran en la tabla 1.

Tabla 1

Características de la muestra por clase esquelética y sexo.

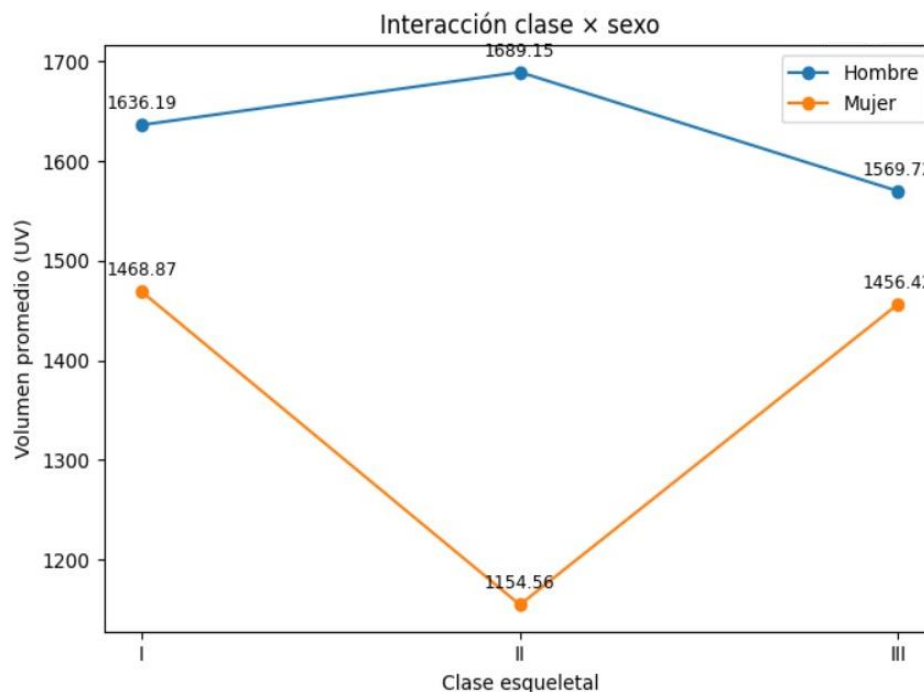
Clase esquelética	Sexo	n	Edad, media $\pm$ DE	Derecho, media $\pm$ DE	Izquierdo, media $\pm$ DE	Promedio, media $\pm$ DE
I	Hombre	20	31.40 $\pm$ 5.94	1659.16 $\pm$ 352.01	1613.21 $\pm$ 410.00	1636.19 $\pm$ 349.82
I	Mujer	20	29.30 $\pm$ 5.91	1453.79 $\pm$ 442.72	1483.95 $\pm$ 371.11	1468.87 $\pm$ 390.77
II	Hombre	20	26.75 $\pm$ 4.45	1645.00 $\pm$ 444.12	1733.30 $\pm$ 329.96	1689.15 $\pm$ 347.01
II	Mujer	20	29.20 $\pm$ 5.52	1173.08 $\pm$ 279.99	1136.03 $\pm$ 330.88	1154.56 $\pm$ 274.32
III	Hombre	20	26.00 $\pm$ 5.01	1495.58 $\pm$ 556.66	1643.85 $\pm$ 351.30	1569.72 $\pm$ 379.53
III	Mujer	20	24.40 $\pm$ 5.11	1533.02 $\pm$ 315.36	1379.82 $\pm$ 269.02	1456.42 $\pm$ 269.42

Fuente: Elaboración propia

Considerando el volumen condilar promedio, los hombres presentaron valores de 1636,19 $\pm$ 349,82 mm³ en Clase I, 1689,15 $\pm$ 347,01 mm³ en Clase II y 1569,72 $\pm$ 379,53 mm³ en Clase III. En las mujeres, los valores correspondientes fueron 1468,87 $\pm$ 390,77 mm³, 1154,56 $\pm$ 274,32 mm³ y 1456,42 $\pm$ 269,42 mm³, respectivamente (Gráfico 1).

Figura 7

Volumen condilar promedio según clase esquelética y sexo.



El análisis factorial de dos vías mostró un efecto significativo del sexo sobre el volumen condilar promedio ($p < 0,001$), mientras que no se observaron diferencias estadísticamente significativas al considerar únicamente la clase esquelética ($p = 0,213$). Sin embargo, se evidenció una relación estadísticamente significativa entre la clase esquelética y el sexo ($p = 0,012$), indicando que las diferencias en el volumen condilar entre hombres y mujeres variaron de acuerdo con la clase esquelética.

Al comparar el volumen condilar entre hombres y mujeres dentro de cada clase esquelética, se encontraron diferencias estadísticamente significativas únicamente en la Clase II. En este grupo, los hombres presentaron un volumen condilar promedio de 1689,15 mm³, mientras que en las mujeres fue de 1154,56 mm³, con una diferencia media de 534,59 mm³ ($p < 0,001$). En las Clases I y III no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos sexos ($p = 0,324$).

Tabla 2

Comparación del volumen condilar entre hombres y mujeres dentro de cada clase.

Clase esquelética	Media hombres	Media mujeres	Diferencia H-M (IC 95%)	p ajustado
I	1636,185	1468,872	167.31 (-70.19 a 404.82)	0,324
II	1689,150	1154,555	534.59 (334.01 a 735.18)	< 0,001
III	1569,717	1456,417	113.30 (-98.15 a 324.75)	0,324

Fuente: Elaboración propia

Al analizar las clases esqueléticas según el sexo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las Clases I, II y III en los hombres ($p = 0,577$). En las mujeres, por el contrario, se identificaron diferencias significativas en el volumen condilar según la clase esquelética ($p = 0,007$). Las comparaciones por pares mostraron que las mujeres Clase II presentaron un volumen condilar promedio significativamente menor que las mujeres Clase I ($p = 0,012$) y Clase III ($p = 0,004$). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las mujeres Clase I y III ($p = 0,907$).

Tabla 3

Comparación por pares entre las clases esqueléticas en mujeres.

Comparación clases esqueléticas en mujeres	Diferencia media (IC 95%)	p ajustado	g de Hedges
I vs II	314.32 (97.37 a 531.26)	0,012	0,913
I vs III	12.46 (-203.30 a 228.21)	0,907	0,036
II vs III	-301.86 (-475.91 a -127.81)	0,004	-1,088

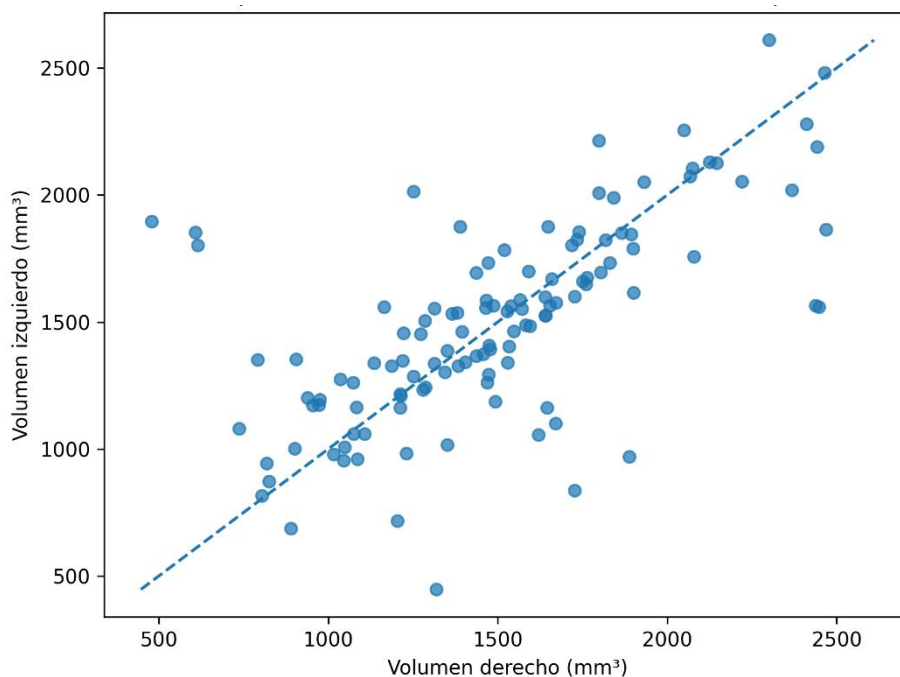
Fuente: Elaboración propia

En la comparación bilateral no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el volumen del cóndilo derecho y el izquierdo (prueba de Wilcoxon, $p = 0,867$). La

mediana de la diferencia entre ambos lados fue de $-0,33 \text{ mm}^3$ (RIC: $-149,12$ a $110,56 \text{ mm}^3$), sin evidenciarse un predominio sistemático de alguno de los lados en la muestra estudiada.

Figura 8

Correspondencia entre los volúmenes condilares derecho e izquierdo.



Discusión

En el presente estudio, los resultados evidenciaron que no existe uniformidad respecto a la relación del volumen condilar, el sexo y la clase esquelética. En particular, la diferencia entre hombres y mujeres se concentró en la clase II, donde las mujeres presentaron un volumen condilar significativamente menor. Igualmente, al analizar las clases esqueléticas dentro del sexo femenino, se observó que las mujeres clase II mostraron valores inferiores de volumen condilar respecto a los observados en clases I y III, mientras tanto, en los hombres no se identificaron diferencias significativas entre clases. Estos hallazgos sugieren que el efecto de la clase

esqueletal sobre el volumen condilar puede estar condicionado por el sexo, por lo que el análisis aislado de ambas variables podría ocultar diferencias entre subgrupos.

(Saccucci, et al., 2012) observaron diferencias significativas en el volumen condilar según la clase esquelética y el sexo, reportando mayores volúmenes en hombres que en mujeres y menores valores en sujetos clase II en comparación con las clases I y III. El estudio de Saccucci describe estas diferencias de manera global, los resultados del presente estudio muestran que la reducción del volumen condilar asociada a la clase II se concentra principalmente en el sexo femenino, por lo que coinciden parcialmente. Adicionalmente, (Mendoza, et al., 2018) evaluaron una muestra de 159 pacientes adultos identificando diferencias significativas en el volumen condilar de hombres y mujeres. Estos hallazgos coinciden con los resultados del presente estudio donde los hombres presentaron mayor volumen condilar respecto a las mujeres, sin embargo, la diferencia entre ambos sexos no se manifestó de manera uniforme en las tres clases esqueléticas, sino que alcanzó significación estadística únicamente en la clase II, específicamente en las mujeres. Esto sugiere que la influencia del sexo sobre el volumen condilar debe interpretarse en conjunto con las características del patrón esquelético y no como un efecto independiente.

(Ceratti, et al., 2022), en una muestra retrospectiva de 73 adultos y 146 cóndilos, no encontraron asociación significativa entre el volumen condilar y la clase esquelética. Su análisis mostró, en cambio, una mayor relación con el patrón vertical, observándose sujetos hiperdivergentes con volúmenes menores y mayores en individuos hipodivergentes. La ausencia de diferencias por clase esquelética en ese estudio contrasta con los hallazgos observados específicamente en mujeres de la muestra estudiada, lo cual refuerza la importancia de considerar simultáneamente variables como sexo, patrón sagital y características verticales al interpretar la morfología condilar.

En cuanto a la lateralidad, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el volumen condilar derecho respecto al izquierdo tanto en hombres como mujeres ($p = 0,867$). Estos resultados difieren de lo reportado por (Tecco, et al., 2010), quienes observaron una diferencia significativa de volumen condilar entre ambos cóndilos con predominio del cóndilo derecho sobre el izquierdo en población caucásica. Esta discrepancia podría estar relacionada, entre otros factores, con las características poblacionales de las muestras analizadas, considerando que el presente estudio fue realizado en una población ecuatoriana.

El menor volumen condilar observado en las mujeres con Clase Esqueletal II fue un hallazgo relevante del presente estudio. (Xie, et al., 2023), al evaluar mujeres adultas Clase II hiperdivergentes mediante CBCT, relacionaron menores volúmenes condilares con determinadas características dento-esqueléticas y con la presencia de cambios óseos condilares. Sin embargo, estos resultados deben compararse con cautela, ya que en el presente estudio se excluyeron sujetos con signos radiográficos de patología condilar activa. Por tanto, el menor volumen observado en las mujeres Clase II no debe interpretarse como un indicador de enfermedad articular, sino como una característica morfológica identificada en este subgrupo. Este hallazgo plantea la necesidad de investigar si determinadas características dento-esqueléticas de las mujeres Clase II pueden asociarse con un menor volumen condilar independientemente de la presencia de patología articular.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio sugieren que el sexo sí mostró una asociación significativa con el volumen condilar, con diferencias concentradas en la clase II, donde las mujeres presentaron un volumen condilar significativamente menor que los hombres, por lo que

desde el punto de vista clínico el volumen condilar debe interpretarse considerando conjuntamente el sexo y la clase esquelética del paciente. Además, el menor volumen condilar observado en mujeres Clase II en ausencia de signos radiográficos de patología condilar activa, pone en evidencia que un menor volumen condilar no necesariamente debe interpretarse como un hallazgo patológico.

Adicionalmente, la tomografía computarizada de haz cónico permitió realizar una evaluación tridimensional y cuantitativa del cóndilo mandibular, por lo que su utilización cuando se encuentre clínicamente indicada puede complementar el diagnóstico ortodóntico mediante una valoración más detallada de las estructuras óseas de la articulación temporomandibular.

Considerando que el menor volumen condilar se evidenció en mujeres con clase II esquelética, se recomienda desarrollar futuras investigaciones orientadas a este subgrupo e incluso incorporar otras variables potencialmente relacionadas con el volumen condilar, como el patrón de crecimiento, la altura de la rama mandibular, divergencia facial y otros parámetros cefalométricos con el objetivo de determinar si el menor volumen observado se asocia a otras características craneofaciales y no únicamente a la clasificación esquelética sagital.

Respecto a las limitaciones del estudio, en primer lugar, por ser de carácter retrospectivo y transversal, permite establecer asociaciones entre las variables estudiadas, pero no relaciones causales. Además, se trabajó de acuerdo con la clasificación esquelética de la muestra y no se incorporó el patrón de crecimiento dentro de los análisis. Esta última variable podría resultar relevante considerando que estudios previos han descrito variaciones del volumen condilar asociadas a diferentes tipos de patrones de crecimiento. Por último, aunque se excluyeron tomografías donde se evidenciaban signos radiográficos de patología condilar activa, el hecho de

ser una investigación retrospectiva limita la disponibilidad de información clínica complementaria sobre el estado clínico y funcional de la articulación temporomandibular.

Referencias

- Abubakr, N. H., Al-Talib, T., Bahar, N., Badani, A., Nelson, S., & Mago, J. (2025). Correlation between condylar shape and malocclusion: CBCT analysis. *Diagnostics*, 15(6), 768. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15060768>
- Bayram, M., Kayipmaz, S., Sezgin, Ö. S., & Küçük, M. (2012). Volumetric analysis of the mandibular condyle using cone-beam computed tomography. *European Journal of Radiology*, 81(8), 1812–1816. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2011.04.070>
- Ceratti, C., Maspero, C., Consonni, D., Caprioglio, A., Connelly, S. T., Inchingolo, F., & Tartaglia, G. M. (2022). Cone-beam computed tomographic assessment of the mandibular condylar volume in different skeletal patterns: A retrospective study in adult patients. *Bioengineering*, 9(3), 102. <https://doi.org/10.3390/bioengineering9030102>
- Ertty, E., Méndez-Manjón, I., Haas, O. L., Jr., Hernández-Alfaro, F., & Meloti, F. (2023). Definition of new three-dimensional cephalometric analysis of maxillomandibular sagittal relationship for orthodontics and orthognathic surgery: Normative data based on 700 CBCT scans. *Journal of Craniofacial Surgery*, 34(4), 1291–1295. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000009267>
- Khader, A., Jain, S., Sarah, S., Mishra, S., Saleem, S., & Vijayan, A. (2024). Comparing radiation doses in CBCT and medical CT imaging for dental applications. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 16(Suppl 2), S1795–S1797. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_1145_23
- Li, C.-X., Liu, X., Gong, Z.-C., Jumatai, S., & Ling, B. (2022). Morphologic analysis of condyle among different disc status in the temporomandibular joints by three-dimensional

reconstructive imaging: A preliminary study. *BMC Oral Health*, 22, 395.

<https://doi.org/10.1186/s12903-022-02438-1>

Ma, R.-H., Feng, J.-L., Bornstein, M. M., & Li, G. (2023). Relationship between development of the condylar cortex and the changes in condyle morphology: A cone-beam computed tomography (CBCT) observational study. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 13(4), 2388–2396. <https://doi.org/10.21037/qims-22-891>

Mendoza, L. V., Bellot-Arcís, C., Montiel-Company, J. M., García-Sanz, V., Almerich-Silla, J. M., & Paredes-Gallardo, V. (2018). Linear and volumetric mandibular asymmetries in adult patients with different skeletal classes and vertical patterns: A cone-beam computed tomography study. *Scientific Reports*, 8(1), 12319. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30270-7>

Nawawi, A. P., Rikmasari, R., Kurnikasari, E., Oscandar, F., & Lita, Y. A. (2022). Volumetric analysis of normal condyles and those with disc displacement with reduction in the Indonesian population: A CBCT study. *Imaging Science in Dentistry*, 52(1), 103–108. <https://doi.org/10.5624/isd.20210244>

Noh, K. J., Baik, H.-S., Han, S.-S., Jang, W., & Choi, Y. J. (2021). Differences in mandibular condyle and glenoid fossa morphology in relation to vertical and sagittal skeletal patterns: A cone-beam computed tomography study. *Korean Journal of Orthodontics*, 51(2), 126–134. <https://doi.org/10.4041/kjod.2021.51.2.126>

Polizzi, A., Serra, S., & Leonardi, R. (2024). Use of CBCT in orthodontics: A scoping review. *Journal of Clinical Medicine*, 13(22), 6941. <https://doi.org/10.3390/jcm13226941>

- Saccucci, M., D'Attilio, M., Rodolfo, D., Festa, F., Polimeni, A., & Tecco, S. (2012). Condylar volume and condylar area in class I, class II and class III young adult subjects. *Head & Face Medicine*, 8, 34. <https://doi.org/10.1186/1746-160X-8-34>
- Savoldi, F., Dagassan-Berndt, D., Patcas, R., Mak, W.-S., Kanavakis, G., Verna, C., Gu, M., & Bornstein, M. M. (2024). The use of CBCT in orthodontics with special focus on upper airway analysis in patients with sleep-disordered breathing. *Dentomaxillofacial Radiology*, 53(3), 178–188. <https://doi.org/10.1093/dmfr/twae001>
- Tecco, S., Saccucci, M., Nucera, R., Polimeni, A., Pagnoni, M., Cordasco, G., Festa, F., & Iannetti, G. (2010). Condylar volume and surface in Caucasian young adult subjects. *BMC Medical Imaging*, 10, 28. <https://doi.org/10.1186/1471-2342-10-28>
- Xie, B., Huang, L., Feng, A., Han, X., Tian, Y., & Li, J. (2023). Three-dimensional relationships between condylar volume and dentoskeletal characteristics in Class II hyperdivergent female adults. *BMC Oral Health*, 23(1), 148. [https://doi.org/10.1186/s12903-023-02838-](https://doi.org/10.1186/s12903-023-02838-x)