

TÍTULO ESPAÑOL

**MEDICIÓN EN TOMOGRAFÍAS DE ESTRUCTURAS ÓSEAS CRANEALES
PARA DETERMINAR EL DISMORFISMO SEXUAL EN LA POBLACION
ANDINA. PARTE I**

TÍTULO INGLÉS

**TOMOGRAPHY MEASURES OF CRANIAL BONE STRUCTURES TO
DETERMINE SEXUAL DISMORPHISM IN THE ANDEAN POPULATION. PART I**

Resumen

Objetivo: Determinar mediante herramientas digitales el dimorfismo sexual en la población andina del sur del Ecuador.

Métodos: Se midieron las superficies del foramen magno en 385 tomografía computarizada Cone Beam (CBCT) con un tamaño de ventana completo del macizo cráneo facial, Se midió la superficie del agujero magno en cortes axiales obteniendo valores del largo y ancho por tres observadores, se calculo la superficie del agujero magno a través de las formulas establecidas por Routal y Teixeira.

Resultados: La medición del foramen magno tiene una sensibilidad cercana al 70 % para determinar el dimorfismo sexual de los cráneos analizados.

Conclusión: Este estudio valida la medición digital de la superficie del foramen magno obtenida de CBCT siendo una herramienta a usar en la definición del sexo a través del macizo cráneo facial. Es definitiva si se obtienen extremos, pero necesitará del estudio de otra estructura cuando presente valores intermedios.

Palabras clave: Cráneo, antropología, hueso occipital, tomografía

Abstract

Objective: Determine through digital tools the sexual dysmorphism in the Andean population of the south of Ecuador.

Methods: The surfaces of the foramen magnum were measured in 385 Cone Beam computed tomography (CBCT) with a full window size of the cranial facial mass. The surface of the foramen magnum was measured in axial sections, obtaining length and width values by three observers, the surface of the great hole was calculated through the formulas established by Routal and Teixeira.

Results: The measurement of the foramen magnum has a sensitivity close to 70% to determine the sexual dysmorphism of the skulls analyzed.

Conclusion: This study validates the digital measurement of the foramen magnum surface obtained from CBCT being a tool to be used in the definition of sex through the cranial bones. It is definitive if the values obtained are in high or low numbers, but you will need a complementary measurement with another structure when intermediate values are present.

Key words: Skull, anthropology, occipital bone, tomography

Introducción

El aporte de la antropología física y/o forense es de gran importancia en la identificación del sexo a partir de restos humanos para formar el perfil biológico, afinidad poblacional y edad promedio. En la mayoría de especies animales existe una diferencia notoria entre macho y hembra adultos en términos del tamaño corporal medio. Este fenómeno es conocido como el Dimorfismo de Tamaño Sexual (SSD) y este se puede observar también en humanos aunque en menor magnitud.¹ Existen modelos internacionales que determinan el sexo mediante formulas matemáticas. Estas fórmulas deben probarse en nuestras latitudes para verificar son aplicables a las particularidades de nuestra población y comprobar su exactitud diagnóstica.

Los huesos sexualmente dismórficos más confiables del esqueleto humano son los huesos innominados (unión del íleon, isquion y pubis). También el sexo se puede determinar a partir del cráneo, dimensiones de huesos largos, características específicas de tamaño general, y varias pruebas de función discriminante que comparan las dimensiones óseas a sus valores medios dentro de bases de datos pobladas por individuos de sexo conocido.² Se han comparado todos los huesos craneales y faciales entre ambos sexos, sobresaliendo el hueso occipital y su foramen magno como una estructura que se estabiliza pronto en el tiempo y sus dimensiones varían significativamente entre los sexos.¹

La estructura del hueso occipital y su foramen magno, tiene un crecimiento y una osificación progresiva desde la etapa fetal para completarse al finalizar la primera

década de vida.³ Estudios de medición han establecido su calcificación y crecimiento desde el séptimo mes de vida intrauterina al nacimiento; durante este lapso de tiempo el radio de crecimiento sagital es mayor en 5.4% que el crecimiento transversal. Este vector proporcional de crecimiento cambia del nacimiento a los 6 meses, un crecimiento inverso, 7.65% más rápido el crecimiento transversal. El diámetro sagital completa su crecimiento a los 5 años, y el diámetro transversal a los 10 años. Los promedios de dimensión que presentan son 35mm en sentido sagital y 30mm en sentido transversal. ³

Aunque lo común en el área antropométrica es medir mediante el proceso de necropsia las estructuras óseas in situ; en la actualidad ese acto mecánico puede ser reemplazado por una medición imagenológica a escala exacta mediante la tomografía.

La tomografía computarizada de haz de cono (CTCB) suministra información precisa que puede ser almacenada y revisada en múltiples ocasiones y con diferentes enfoques, siendo el “gold estándar” en diagnóstico por imágenes, debido a una resolución sub-milimétrica en imágenes de alta calidad diagnóstica de las estructuras en los tres planos del espacio en diferentes diseños. Las imágenes multi planares ayudan a identificar morfología, posición, forma, tamaño y diversidad en las estructuras anatómicas del macizo craneo facial, por lo que es aplicado en todas las sub especialidades de la odontología, y la odontología forense no es la excepción. ⁴ Nos brinda la posibilidad de realizar disecciones virtuales ilimitadas del espécimen sin incurrir en cualquier daño físico adicional son posibles a través de la sección de varios planos del conjunto de datos reconstruido. Un solo escaneo de la muestra se puede comparar luego con cualquier variedad posible de las imágenes de películas, se siguen probando usos

potenciales del CBCT para ser utilizado como una alternativa de diagnóstico en medicina forense.⁵⁻⁶

El presente estudio valoró en la población de la sierra sur del Ecuador si el dimorfismo sexual de las medidas métricas del foramen magnum podrían determinarse usando la modalidad de imagen CBCT.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las imágenes de las tomografías de haz cónico fueron tomadas del departamento de Imagenología, de la Universidad de Cuenca- Facultad de Odontología, ubicado en el sur de los Andes Ecuatorianos, en el periodo de julio del 2016 a julio del 2018. Las imágenes tomografías se realizaron en el tomógrafo digital 3D Accuitomo 170 marca MORITA, con una ventana de trabajo de 120 x 170 mm y un tamaño de vóxel es de 80 µm. Los valores aplicados al equipo fueron de 60-90 kV y 8 mA con un tiempo de exposición de aproximado de 15 segundos dependiendo de la contextura física.

El universo de la muestra fue de 420 pacientes que acudieron con solicitud de estudio tomográficos. Los criterios de inclusión fueron pacientes de 10 a 89 años de ambos sexos con estructura craneal completa. Los criterios de exclusión se consideraron patologías de la base del cráneo, escaneos que no cubrían todo el alcance de él foramen magnum y las imágenes de baja calidad con borrosidad o artefactos causados por objetos metálicos. En total quedo una muestra de 385 imágenes CBCT que cumplen con los criterios de inclusión y exclusión

Se realizó la calibración y valoración de las imágenes a través de dos observadores independientes (radiólogos), sin conocimiento de los datos de sexo y edad. Utilizando el software digital i-Dixel, analizando de manera independiente las secciones de imágenes reconstruidas

Las imágenes CBCT obtenidas en el formato DICOM se transfirieron a la estación de trabajo, un lugar adecuado y tranquilo en el que se editaron y realizaron las medidas necesarias a través del software i-Dixel del equipo 3D Accuitomo 170 MORITA, sistema DICOM el cual nos brinda los diferentes cortes tomográficos, seleccionando el corte Axial (transversal), paralelo al plano del foramen magnum para medir las distancias máximas. La valoración se realizó en las pantallas de los monitores tipo LED con luz brillante (Hewlett Packard Company, 71004 Boeblingen, Alemania) con una resolución 1366 768.

Las medidas aplicadas en el estudio fueron las siguientes:

1. **(LFM)**, Longitud máxima del foramen magnum medida que se obtiene a nivel del eje largo del foramen en dirección antero-posterior
2. **(WFM)**, Ancho máximo del foramen magnum siendo el diámetro trasnversal mas ancho del foramen medido a nivel perpendicular al LFM
3. **Area** del foramen magnum a travez:

Área 1: fórmula de Rotal $\text{Área} = \frac{1}{4} * \pi * \text{ancho} * \text{largo}$

Área 2: fórmula de Teixeira $\text{Área} = \pi [(\text{largo} * \text{ancho}) / 4]^2$

ANÁLISIS

Los datos obtenidos se aplicaron en un análisis descriptivo dando la comparación entre los grupos de hombres y mujeres, se efectuó la prueba de detección no emparejada con un valor p - inferior a 0,05 como nivel significativo. La correlación se realizó con el coeficiente de correlación de Pearson con significación en el nivel 0.01, luego se realizó un análisis funcional discriminante para predecir el sexo en función del valor de las medidas del foramen magnum. El análisis de los datos se realizó utilizando el software, SPSS versión 16.

RESULTADOS

Se evaluaron un total de 385 exploraciones (varones y mujeres con un rango de edad de 10 a 89 años)



Figura 1. Medida Longitudinal FM

Figura 2. Medida Transversal FM

TABLA 1: Distribución de las medidas sexo femenino			
		SAGITAL mm	TRANSVERSAL mm
FEMENINO	MEDIA	33,1	28,4
	MEDIANA	33,19	28,3
	DE	2,6	2,4
	MINIMO	24,74	21,5
	MÁXIMO	40,18	36,25

TABLA 2: Distribución de las medidas sexo masculino			
		SAGITAL mm	TRANSVERSAL mm
MASCULINO	MEDIA	34.98	29.9
	MEDIANA	34.78	29.9
	DE	2.3	2.7
	MINIMO	29.8	25.2
	MÁXIMO	40.5	38.2

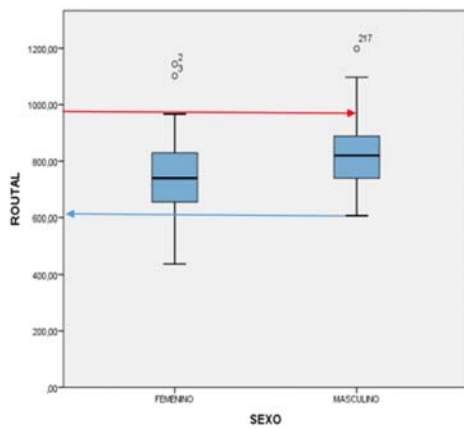


Gráfico 1: Fórmula Routal

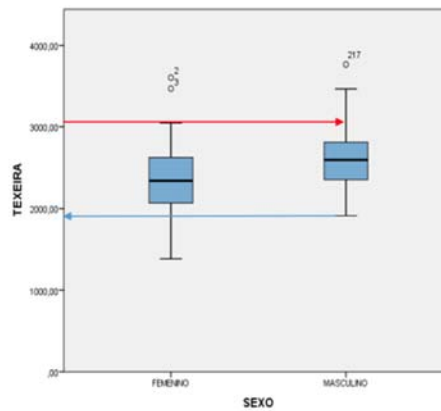


Gráfico 2: Fórmula Teixeira

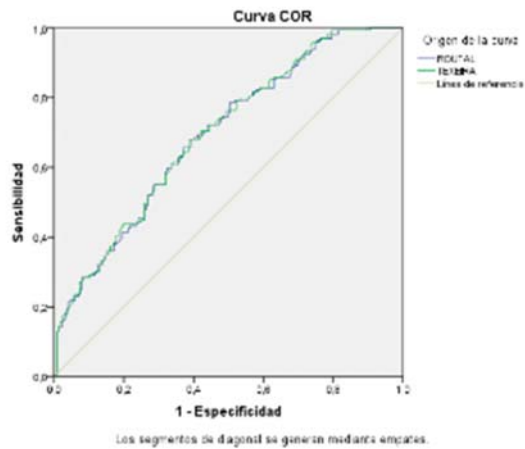


Gráfico 3: Curva COR (receiver operating characteristic curve (ROC))

En el análisis de los resultados no se encontraron diferencias relevantes en las medidas de transversal y sagital entre los dos sexos. Se obtuvieron dos valores outlier en mujeres (normales fuera del rango), y un valor outlier en varones.

Se obtuvieron en el sexo femenino (Tabla 1): en el diámetro transversal (ancho) un mínimo de 21.50 mm, un máximo de 36.25 mm, en el diámetro sagital (longitud) un mínimo 24.74mm y un máximo de 40.18mm. En el sexo masculino (Tabla 2): en el diámetro transversal (ancho) un mínimo de 25.19 mm, un máximo de 38.21 mm, en el diámetro sagital (longitud) un mínimo 29.80mm y un máximo de 40,56mm. Estos datos nos muestran en relación de la media y mediana (Tabla 1 y 2) valores menores en el sexo femenino que el masculino, pero una diferencia solamente de entre 1 a 2 mm.

Con la fórmula Rotal (Gráfico 1) mayores de 1144 son siempre varones, y valores menores 606 son siempre mujeres, valores intermedios se encuentran en la zona de intersección tienen un 50% de probabilidad de ser cualquiera de los dos sexos.

Con la fórmula Teixeira (Gráfico 2), valores mayores de 3604 siempre son varones, y valores menores 1913 son siempre mujeres, valores intermedios se encuentran en la zona de intersección tienen un 50% de probabilidad de ser cualquiera de los dos sexos

En referencia a la curva de COR (Gráfico 3) (que es) observamos que la tendencia que sigue ambas formulas matemáticas creadas para potenciar las diferencias de los valores de área obtenidos, nos arrojan cerca de 70% de exactitud diagnóstica en la estimación del sexo usando ambas formulas indistintamente.

Discusión

En la actividad de investigación forense, el estudio de las características antropométricas es de vital importancia para resolver problemas relacionados con identificación y documentación. la base craneal conforma los huesos más duros del esqueleto humano, por lo que es aplicable para la determinación del dimorfismo.^{3,9} Biomecánicamente no hay musculatura que actúa sobre la forma y el tamaño del foramen magnum (su forma y diámetro no son estimulados por fuerzas internas o externas musculares). Su función principal es desarrollarse conjuntamente con el sistema nervioso y protegerlo. El sistema nervioso se desarrolla y alcanza la madurez una edad muy joven en comparación con otros sistemas del cuerpo. Esto se evidencia por la finalización de la fusión de los diferentes elementos de la hueso occipital por 5 a

7 años de edad y la finalización de la fusión en el C1 se centra por 5 a 6 años de edad y una finalización del crecimiento del foramen magno cercano a los 10 años.^{3,10}

Los métodos estadísticos permiten representar resultados objetivamente facilitando la comparación y documentación. En este estudio la comparación entre los grupos de varones y mujeres mostró que el grupo de mujeres tenía valores inferiores en promedio para todos los cuatro parámetros métricos del foramen magnum, es decir, la longitud (sagital), el ancho (transversal), área 1 y área 2 en comparación con los valores del grupo masculino.

Entre los autores que han estudiado esta singularidad ósea, se encuentra Uthman et al ⁷ que aplicó la tomografía computarizada helicoidal a 88 pacientes iraquíes valorando el diámetro sagital del foramen magnum (FM), diámetro transversal, área y circunferencia y concluyó que las medidas en sagital y dimensiones transversales del FM fueron significativamente mayores en varones que en cráneos femeninos a través de análisis discriminantes por sexo. ^{7,8} En un estudio de Murshed et al. sobre las dimensiones FM de una población turca que aplicó tomografía en espiral, el valor medio registrado de la longitud fue de 37.2 mm \pm 3.43 mm en los varones y de 34.6 mm \pm 3.16 mm en las mujeres y de la anchura era 31.6 mm \pm 2.99 mm en hombres y 29.3 mm \pm 2.19 mm en mujeres.¹¹ Estos resultados fueron ligeramente mayores que los registrados en el presente estudio que obtuve en la medición sagital 34.98.22 mm \pm 2.34 mm varón y 33.1 mm \pm 2.6 mm mujeres y en el transversal fue de 29.8 mm \pm 2.65 m de varón y 28.4 mm \pm 2.43 en las mujeres.

Esta variación puede atribuirse a diferencias estructurales de la población o diferentes medidas técnicas imagenológicas adoptadas en su estudio, en lo que respecta al área del foramen magnum, el estudio realizado por Gapert et al. en una población británica registraron el valor medio de Área 1 como $862.41 \pm 94.79 \text{ mm}^2$ en varones y $801.78 \pm 85.43 \text{ mm}^2$ en mujeres y el área 2 como $868.95 \pm 96.36 \text{ mm}^2$ en varones y $808.14 \pm 85.40 \text{ mm}^2$ en mujeres. Estos resultados son más altos que aquellos registrado en el presente estudio, excepto por el valor del área 2, donde este valor de estudio excede el valor calculado en Gapert et al.

Raghavendra YR y col. en un estudio de 90 cráneos secos de sexo conocido de la zona costera en India, para identificar el dimorfismo sexual de los parámetros de FM concluyó que la zona (utilizando la fórmula derivada de Radinsky y Teixeira, las probabilidades predichas se observaron en 81.6% y 82.2% respectivamente) y el diámetro anteroposterior (86.5%) fueron mejores herramientas para sexar las calaveras.¹³ Estos resultados están de acuerdo con los resultados de este estudio, es decir, área (usando la fórmula derivada por Routal / Radinsky y Teixeira, las probabilidades predichas fueron observado que es 68.7% y 68.8% respectivamente) con diferencias porcentuales mínimas.^{13,14}

La correlación entre longitud y ancho fue débil Murshed et al.¹¹ afirmaron que el área de la FM mostró correlaciones altamente significativas con ambos diámetros sagitales es decir, longitud ($r = 0,847$) y diámetro transversal, es decir, ancho ($r = 0.834$); estos resultados concuerdan con los del presente estudio teniendo en cuenta tanto el área 1 como el área 2. El mejor parámetro para determinar el sexo fue área del foramen magnum expresadas en la fórmula matemática potenciada (ambas áreas 1 y 2).

La mayoría de los estudios previos sobre el dimorfismo sexual del foramen magnum se basan en métodos anatómicos o radiológicos (utilizando CT escanear).

Actualmente, dado que el uso de escaneos CBCT está en un aumento constante en el campos dentales hay una mayor disponibilidad en casos que requieren identificación ósea del sexo. Es por lo tanto probable que estos datos también sean más accesibles con frecuencia en el área odontológica, que necesita registros dentales para una determinación dental. Trocheset DA et al. concluyó que las imágenes CBCT permitir la comparación / identificación forense dental—superior a CT médica para este propósito.¹⁵

La CBCT representa un menor costo que la tomografía médica y al tener una resolución espacial mayor que proporciona imágenes isotrópicas e isométricas con un tiempo de escaneo rápido, ofrece mayor facilidad y simplicidad de operación, y sumamos que emite dosis baja de radiación. La evaluación de imágenes CBCT preexistentes de una muestra grande en un la población se puede utilizar para proporcionar datos fácilmente disponibles para su uso como un muestra de referencia para comparación en casos que justifican para establecer una identidad.

Conclusión

El presente estudio valido que en la población del sur del Ecuador las características sexuales en el agujero magno y la significancia estadística es parcialmente útil para anunciar el sexo en valoraciones del agujero magno a través de análisis de función discriminante cuando otros métodos tienden menor nivel de confiabilidad.

La prueba demuestra que utilizando tanto Routal (0.687) y Teixeira (0.688), establecen una confiabilidad de $p: 0.69$, estableciendo que casi el 70% de los valores medidos se puede identificar el sexo. Para el resto proponemos una segunda medida de manera alternativa/complementaria que es la medición del ángulo mandibular, presentado en la parte II del artículo.

REFERENCIAS

1. Lovich JE, Gibbons JW. A review of techniques for quantifying sexual size dimorphism. *Growth Development and Aging*. 1992;56:269
2. Morel P. Historia y evolución de la antropología. in: morel p, editor. *La Antropología física*. 1964. p. 7–9.
3. Richards GD, Jabbour RS. Foramen magnum ontogeny in *Homo sapiens*: A functional matrix perspective. *Anat Rec (Hoboken)* 2011;294:199–216. [[PubMed](#)]
4. Jaju PP, Jaju SP. Clinical utility of dental cone-beam computed tomography: current perspectives. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2014;6:29e43.
5. Santos Junior O, Pinheiro LR, Umetsubo OS, Sales MAO, Cavalcanti MGP. Assessment of open source software for CBCT in detecting additional mental foramina. *Brazilian oral research*. 2013;27(2):128-35

6. Gamba TO, Oliveira ML, Flores IL, Cruz AD, Almeida SM, Haiter-Neto F, et al. Influence of cone-beam computed tomography image artifacts on the determination of dental arch measurements. *The Angle Orthodontist*. 2013;84(2):274-8.
7. Uthman AT, Al-Rawi NH, Al-Timimi JF. Evaluation of foramen magnum in gender determination using helical CT scanning. *Dentomaxillofac Radiol*. 2012;41(3):197e202.
8. Morphometrische Graw M, Morphognostische. Geschlechtsdiagnostik an der menschlichen Schadelbasis. In: Oehmicen M, Geserick G, eds. *Osteologische Identifikation and Altersschätzung* Schmidt-Romhild, Lubeck. 2001:103e121.
9. Ukoha U, Egwu OA, Okafor IJ, Anyabolu AE, Ndukwe GU, Okpala I. Sexual dimorphism in the foramen magnum of nigerian adult. *Int J Biol Med Res*. 2011;2(4):878e881
10. Scheuer L, Black S. *Developmental Juvenile Osteology*. London: Academic Press; 2000.
11. Murshed KA, Ç ıçekciibas, i AE, Tuncer I. Morphometric evaluation of the foramen magnum and variations in its shape: a study on computerized tomographic images of normal adults. *Turk J Med Sci*. 2003;33:301e306
12. Gapert R, Black S, Last J. Sex determination from the foramen magnum: discriminant function analysis in an eighteenth and nineteenth century British sample. *Int J Leg Med*. 2009;123:25e33.
13. Raghavendra Babu YP, Kanchan T, Attiku Y, Dixit PN, Kotian MS. Sex estimation from foramen magnum dimensions in an Indian population. *J Forensic Leg Med*. 2012;19(3):162e167.

14. Teixeira WRG. Sex identification utilizing the size of the foramen magnum. *Am J Forensic Med Pathol.* 1982;3(3):203e206.
15. Trochesset DA, Serchuk RB, Colosi DC. Generation of intra-oral-like images from cone beam computed tomography volumes for dental forensic image comparison. *J Forensic Sci.* 2014;59(2):510e513.
16. Sarment DP, Christensen AM. The use of cone beam computed tomography in forensic radiology. *J Forensic Radiol Imaging.* 2014;2(4):173e181.
17. Lucena J, Mora E, Rodriguez L, Muñoz M, Cantin MG, Fonseca GM. Cone beam computed tomography (CBCT) as a tool for the analysis of nonhuman skeletal remains in a medico-legal setting. *Forensic Sci Int.* 2016 Jun 23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.06.025>. pii: S0379e0738(16)30277