

ORIGINAL

Dimorfismo sexual en primera vértebra cervical en una muestra de población colombiana

César Sanabria Medina^{a,b,*}, Laura Catalina Polo^b y Miguel C. Botella^a

^a Laboratorio de Antropología, Facultad de Medicina, Universidad de Granada, Granada, España

^b Laboratorio de Antropología Forense, Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Bogotá, Colombia

Recibido el 10 de mayo de 2011; aceptado el 7 de septiembre de 2011

PALABRAS CLAVE

Atlas;
Primera vértebra cervical;
Sexo;
Identificación humana;
Antropología forense

Resumen

Introducción: El bajo número de estudios internacionales para establecer sexo a partir de primera vértebra cervical motiva la presente investigación, cuyos resultados, en nuestra opinión, son un aporte significativo para el proceso de identificación forense de cadáveres.

Material y métodos: Se evaluaron ocho dimensiones de 178 primeras vértebras cervicales extraídas de cadáveres de sexo masculino y femenino, colombianos, mayores de edad, necropsiados en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses en Bogotá D.C., Colombia. Se generaron cuatro funciones discriminantes para predecir el sexo con el 94,2, el 87,6, el 87,1 y el 86,5% de fiabilidad respectivamente. Para calibrar la toma de las medidas y la efectividad de las fórmulas discriminantes, el diseño experimental incluyó el análisis del error entre observadores; para ello se acudió a tres examinadores que adelantaron un proceso de estandarización para la toma correcta de las medidas. Posteriormente aplicaron las cuatro funciones obtenidas al 10% de la muestra examinada.

Resultados: Los resultados obtenidos por los examinadores mostraron un 80-87% de correcta asignación de sexo al porcentaje de la muestra examinada.

Conclusiones: Las fórmulas generadas son versátiles, dado que dos de ellas requieren la presencia de sólo dos y tres dimensiones respectivamente, y permiten su eventual aplicación en caso de que dicho hueso esté incompleto o alterado por afecciones tafonómicas.

© 2011 Asociación Nacional de Médicos Forenses. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: cesarsan3@yahoo.com.ar (C. Sanabria).

KEYWORDS

Atlas;
 First cervical vertebra;
 Sex assessment;
 Human identification;
 Forensic anthropology

Sexual dimorphism in the first cervical vertebra in a sample of colombian population**Abstract**

Introduction: The low number of international studies to establish sex from first cervical vertebra motivated this research. The results, in our opinion, are a significant contribution to the process of forensic identification of bodies.

Material and methods: Eight dimensions were evaluated, first cervical vertebrae removed from 178 bodies of Colombian adults, both male and female, autopsied at the National Institute of Legal Medicine and Forensic Sciences in Bogotá, Colombia. Four discriminant functions were generated to predict sex with 94.2%, 87.6%, 87.1% and 86.5% confidence, respectively. To calibrate the taking of the measurements, the experimental design looked at inter-observer error in order to standardise the taking of the measurements and the effectiveness of the discriminant formulas. To do this, three examiners proceeded to create a standard process for making accurate measurements. The four functions obtained were then applied to 10% of the samples examined.

Results: The results obtained by the examiners showed 80-87% of correct assignment of sex to the percentage of the samples examined.

Conclusions: The generated formulas are versatile, since two of them require the presence of only 2 and 3 dimensions, respectively, allowing their possible application in those cases where the bone is incomplete or affected by taphonomic damages.

© 2011 Asociación Nacional de Médicos Forenses. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La importancia forense y arqueohistórica de establecer el sexo de un cadáver a partir de sus huesos ha hecho que prácticamente todo el esqueleto humano haya sido examinado en aras de determinar cuáles son las áreas más dimórficas del cuerpo y, por lo tanto, las más efectivas o útiles para responder a este interrogante, ya que el sexo de un cadáver puede conocerse evaluando métrica y morfológicamente el esqueleto axial y apendicular¹⁻³.

La revisión de la literatura indica que los estudios de carácter osteomorfológico o cualitativo existentes para determinar sexo en individuos adultos han ido reemplazándose paulatinamente por el análisis métrico de huesos específicos^{4,5}, los cuales resultan especialmente útiles en cadáveres en los que se recuperan sólo algunas de sus estructuras óseas o fragmentos de estas.

A diferencia de la amplia gama de estudios cualitativos y cuantitativos para determinar sexo con otros huesos, las vértebras no han gozado de la misma popularidad, pues los estudios publicados hasta ahora son escasos: *a)* el índice de Baudoin quizás sea uno de los primeros estudios en que se utilizó el atlas para obtener datos matemáticos sobre el sexo de un individuo⁶; *b)* Marino⁷ estudió cuantitativamente una muestra de primeras vértebras cervicales; *c)* Del Río et al⁸ generaron fórmulas discriminantes utilizando análisis de imagen en séptima vértebra cervical; *d)* Wescott⁹ realizó un estudio cuantitativo sobre segunda vértebra cervical, y *e)* Del Río et al¹⁰ publicaron los resultados de un estudio con análisis de imagen a partir de primera vértebra cervical para establecer sexo.

No obstante lo anterior y haciendo mención de los estudios pioneros desarrollados antes de 1995 para establecer sexo a partir de vértebras, Del Río et al⁸ consideran que

estos "... han sido de poco valor práctico, dado su empirismo, en múltiples ocasiones, y la ausencia de datos estadísticos de su fiabilidad, de modo constante. Prácticamente sólo hay trabajos dedicados al atlas, para el resto de las vértebras los autores se conforman en expresar conceptos generales y lugares comunes sin valor real (más robustez, mayor tamaño, etc.) y sin aportar valoración métrica, ni comprobación estadística, o hacen caso omiso de ellas".

El presente estudio está motivado por el bajo número de estudios realizados para determinar sexo a partir de primera vértebra cervical en todo el mundo y de manera particular en población colombiana, donde son inexistentes; también por la necesidad de crear estándares osteométricos que faciliten el proceso de identificación de cadáveres procedentes de contextos forenses y, por supuesto, arqueohistóricos.

Material y métodos

El presente estudio es de tipo experimental y se desarrolló en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Bogotá, Colombia.

La muestra examinada se conforma por 178 primeras vértebras cervicales de 120 cadáveres masculinos y 58 femeninos autopsiados en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses en Colombia durante los años 2007 y 2008; 110 cuerpos correspondieron a cadáveres recientes, 38 con algún grado de descomposición y 30 a cuerpos esqueletizados. Los criterios de inclusión tenidos en cuenta para seleccionar a los individuos que conformaron la muestra exigieron que los cadáveres fueran de origen colombiano, sexo conocido y edad biológica superior a 18 años y que las vértebras examinadas no presentaran traumatismos antiguos o recientes ni enfermedades que alteraran su morfología.

Tabla 1 Prueba de igualdad de medias por sexo en primera vértebra cervical

VARIABLES	Varones	Mujeres	F	p
AMAT	78,684 ± 4,702	70,470 ± 4,316	125,758	< 0,001
AMCS	49,925 ± 2,994	46,965 ± 2,877	39,195	< 0,001
AMTD	9,497 ± 1,716	8,614 ± 1,645	10,638	0,001
DAPTD	7,447 ± 2,305	6,327 ± 2,178	9,573	0,002
DAPTA	6,588 ± 0,977	6,042 ± 0,813	13,565	< 0,001
AMIAA	16,891 ± 1,761	15,812 ± 1,545	15,843	< 0,001
AMFV	28,978 ± 1,744	27,673 ± 2,364	17,203	< 0,001
LMFV	31,319 ± 1,983	29,166 ± 1,692	50,527	< 0,001

AMAT: anchura máxima apófisis transversas; AMCS: anchura máxima carillas superiores (variable utilizada por el estudio de Marino⁸); AMFV: anchura máxima foramen vertebral; AMIAA: anchura máxima interna arco anterior; AMTD: altura máxima tubérculo dorsal; DAPTA: diámetro anteroposterior tubérculo anterior; DAPTD: diámetro antero-posterior tubérculo dorsal; LMFV: longitud máxima foramen vertebral⁸.

Los datos expresan media ± desviación estándar.

El sexo en cadáveres recientes y con algún grado de descomposición se estableció mediante observación directa de órganos genitales externos; en los cadáveres esqueletizados se tuvo en cuenta criterios morfológicos y métricos utilizados en antropología forense: *a*) evaluación de la morfología de esqueleto craneal y poscraneal, según parámetros de Buikstra et al¹¹, y *b*) evaluación métrica de fémur según parámetros de Trancho et al¹², evaluación métrica de húmero según parámetros de Díaz¹³, evaluación métrica de tibia según parámetros de Correa¹⁴ y evaluación de arco ventral según parámetros de Shuterland et al¹⁵.

El criterio edad consideró cadáveres mayores de 18 años; para establecerla se utilizaron diferentes técnicas: en cadáveres recientes y con algún grado de descomposición que fueron identificados plenamente, se acudió a la lectura del documento de identificación (cédula de ciudadanía), el cual certificaba su edad cronológica; en cuerpos esqueletizados (sin identificar), se evaluaron criterios óseos y dentales con diferentes técnicas, entre las que podemos mencionar: *a*) morfología de la unión epifisial de la cresta iliaca anterior y la clavícula medial según método de Webb et al¹⁶; *b*) evaluación de morfología de la articulación costocondral según método de Loth et al¹⁷; *c*) morfología de la sínfisis púbica según método de Suchey et al¹⁸, y *d*) la edad dental suministrada por el odontólogo forense que participó en el estudio de cada caso.

El proceso de limpieza en vértebras con remanentes de tejido blando consistió en sumergirlas en recipientes de plástico rotulados que contenían hipoclorito de sodio al 12% durante 2 h; después, se retiraron los remanentes de tejido blando utilizando bisturí; las vértebras esqueletizadas fueron sometidas a limpieza utilizando agua a temperatura ambiente y cepillos de cerdas suaves. Se utilizó un calibrador pie de rey digital (Mitutoyo; Absolute Digimatic). Las medidas fueron tomadas en milímetros y se ingresaron sistemáticamente en una base de datos creada con el *software* SPSS (Statistical Package for the Social Science) versión 11.5 para Windows.

Para calibrar la toma de las medidas y la efectividad de las fórmulas discriminantes, el diseño experimental incluyó la evaluación del error entre observadores; para ello se acudió a tres examinadores, quienes inicialmente adelantaron un proceso de entrenamiento para calibrar o estandarizar la

toma correcta de las medidas. Posteriormente aplicaron las cuatro funciones obtenidas al 10% de la muestra examinada.

Resultados

Se analizó la primera vértebra cervical de 178 individuos, de los que 58 correspondieron a mujeres; las edades de los 178 cadáveres fluctuaron entre 18 y 60 años.

La diferencia por sexo de cada una de estas medidas se presenta en tabla 1.

El presente estudio consideró ocho dimensiones (figs. 1A-C) que incluyeron diámetros, longitudes y grosores.

Análisis discriminante

En todas las variables se mostró que, en promedio, las medidas tomadas a la primera vértebra cervical de los varones son mayores que en las mujeres; por otro lado, los datos referentes a desviación estándar indican que los varones presentan mayor dispersión en siete de las ocho variables analizadas, excepto en AMFV, donde se observa que el comportamiento de los datos es más heterogéneo en las mujeres. Todas las dimensiones tomadas a primera vértebra cervical (C1) presentan diferencias estadísticamente significativas por sexo, de lo cual se deduce que las funciones discriminantes generan óptima capacidad para discriminar entre los dos grupos.

La selección de las funciones discriminantes se realizó mediante el procedimiento por pasos; el criterio de selección en cada paso fue lambda de Wilks; además se calculó el coeficiente de correlación (R) y su correspondiente coeficiente de determinación (R²) (tabla 2). Los coeficientes, centroides y porcentajes de clasificación correcta de cada una de las funciones encontradas en el análisis discriminante se presentan en la tabla 3.

La distribución de varones y mujeres clasificados correctamente osciló entre el 87,6 y el 94,2%; esta última función discriminante es la que logró el porcentaje más alto de clasificación correcta de los varones, en tanto que la tasa de clasificación correcta de mujeres se obtiene con la primera

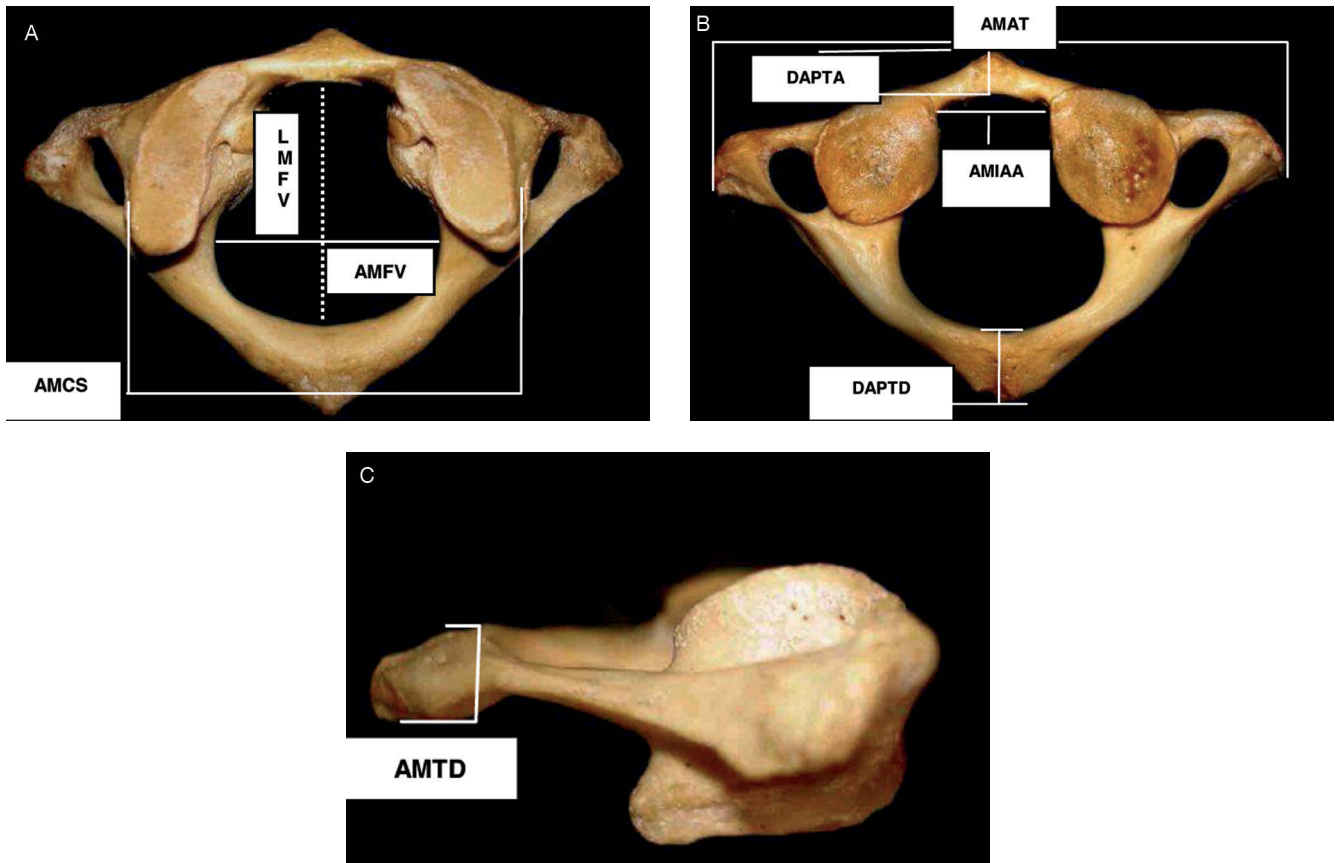


Figura 1 Atlas. A: vista superior. B: vista inferior. C: vista lateral. AMAT: anchura máxima apófisis transversas; AMCS: anchura máxima carillas superiores (variable utilizada por el estudio de Marino⁶); AMFV: anchura máxima foramen vertebral; AMIAA: anchura máxima interna arco anterior; AMTD: altura máxima tubérculo dorsal; DAPTA: diámetro anteroposterior tubérculo anterior; DAPTD: diámetro antero-posterior tubérculo dorsal; LMFV: longitud máxima foramen vertebral⁸. (Fotografías tomadas por César Sanabria Medina.)

Tabla 2 Resultados del procedimiento por pasos en primera vértebra cervical

Función	Variable introducida	λ de Wilks	p	F	p	R	R ²
1	AMAT	0,583	< 0,001	125,758	< 0,001	0,656	0,43
2	LMFV	0,541	< 0,001	74,098	< 0,001	0,657	0,432
3	DAPTD	0,511	< 0,001	55,486	< 0,001	0,694	0,482
4	AMFV	0,5	< 0,001	43,315	< 0,001	0,707	0,5

AMAT: anchura máxima apófisis transversas; AMFV: anchura máxima foramen vertebral; DAPTD: diámetro antero-posterior tubérculo dorsal; LMFV: longitud máxima foramen vertebral⁸.

función discriminante y se asocia al alto valor del coeficiente discriminante de la variable DAPTD (tabla 3).

El promedio de error del observador fue del 0,707%, en tanto que el error entre observadores fue del 1,021%; el porcentaje más alto de ambos errores se presenta en la variable AMAT. El modelo fue probado para cada una de las funciones discriminantes mediante el índice kappa de concordancia; para la primera función, este se calculó en $\kappa = 0,79$ (intervalo de confianza del 95% [IC95%], 0,705-0,875); para la segunda, $\kappa = 0,69$ (IC95%, 0,591-0,789); para la tercera, $\kappa = 0,65$ (IC95%, 0,547-0,753); para la cuarta, $\kappa = 0,71$ (IC95%, 0,613-0,807); de

acuerdo con la valoración cualitativa del índice kappa, todos presentan buena fuerza de concordancia. En resumen, los resultados obtenidos por los examinadores durante el ejercicio de control entre observadores fue de un 80-87% de correcta asignación de sexo al porcentaje de la muestra examinada.

Discusión

La determinación cuantitativa de sexo a partir de primera vértebra cervical no se utiliza habitualmente (a diferencia

Tabla 3 Funciones discriminantes para determinar el sexo a partir de la primera vértebra cervical

Variable	Función 1	Función 2	Función 3	Función 4
AMAT	0,182	0,163	0,206	0,185
DAPTD	0,214	0,157		0,13
AMFV		0,259	-0,187	-0,139
LMFV			0,277	0,298
Constante	-20,351	-21,453	-18,778	-20,125
Centroide varones	0,636	0,676	0,665	0,692
Punto de corte	0	0	0	0
Centroide mujeres	-1,316	-1,399	-1,377	-1,431
Varones clasificados correctamente, %	90,8	91,7	90,8	94,2
Mujeres clasificados correctamente, %	79,3	72,4	77,6	74,1
Total de clasificados correctamente, %	87,1	85,4	86,5	87,6

AMAT: anchura máxima apófisis transversas; AMFV: anchura máxima foramen vertebral; DAPTD: diámetro antero-posterior tubérculo dorsal; LMFV: longitud máxima foramen vertebral⁸.

Tabla 4 Resultado del error del observador y entre observadores en la primera vértebra cervical

Variable	Casos	Porcentaje de error	
		Observador	Entre observadores
AMAT	20	0,94	1,27
AMCS	20	0,903	1,229
AMTD	20	0,472	0,784
DAPTD	20	0,547	0,722
DAPTA	20	0,451	0,704
AMIAA	20	0,676	1,106
AMFV	20	0,829	1,177
LMFV	20	0,840	1,175

AMAT: anchura máxima apófisis transversas; AMCS: anchura máxima carillas superiores (variable utilizada por el estudio de Marino⁶); AMFV: anchura máxima foramen vertebral; AMIAA: anchura máxima interna arco anterior; AMTD: altura máxima tubérculo dorsal; DAPTA: diámetro anteroposterior tubérculo anterior; DAPTD: diámetro antero-posterior tubérculo dorsal; LMFV: longitud máxima foramen vertebral⁸.

de lo que ocurre con otras estructuras óseas del esqueleto humano); además, es bajo en todo el mundo el número de estudios publicados sobre el tema; de hecho, en Colombia no se ha realizado hasta el momento uno similar, situación que al parecer se repite en toda Latinoamérica. El bajo número de estudios radica especialmente en la ausencia de colecciones óseas humanas apropiadas, es decir, bien documentadas y preferiblemente conformadas por individuos de quienes se conozcan sus datos biográficos en vida.

No es usual que, si se dispone de un esqueleto casi completo, se utilice la primera vértebra cervical o cualquier otra vértebra para establecer su sexo; no obstante, los estudios citados aquí y los resultados de la presente investigación confirman que puede utilizarse para sexar prácticamente con el mismo nivel de exactitud que brindan otras estructuras óseas.

Por lo anterior, la primera vértebra cervical se convierte en protagonista de gran utilidad para determinar el sexo en

cadáveres desmembrados o restos humanos que conserven esta estructura, ya sean restos óseos contemporáneos o arqueohistóricos.

Los resultados obtenidos muestran buen nivel de significancia y fiabilidad, reflejados en los porcentajes de varones y mujeres correctamente clasificados con las cuatro funciones discriminantes obtenidas (el 94,2, el 87,6, el 87,1 y el 86,5% respectivamente).

Nuestro estudio indica que la variable AMAT, con $\lambda = 0,583$, es la que mejor discrimina a varones y mujeres, seguida de LMFV y AMFV; por otro lado, la cuarta función discriminante logró el porcentaje más alto de clasificación correcta de varones (94,2%), en tanto que el porcentaje de clasificación correcta para mujeres se obtiene con la primera función discriminante y se asocia al alto valor del coeficiente discriminante de la variable DAPTD.

Los resultados del presente estudio muestran un buen margen de confianza al contrastarlo con los obtenidos en otros que han examinado atlas y otras vértebras cervicales, como los de Marino⁷, que mostró niveles de confianza entre el 75 y el 85% en el estudio métrico de primera vértebra cervical, Del Río et al⁸, que analizando la séptima vértebra cervical por análisis de imagen obtuvieron un 90,7% de confianza en el diagnóstico de sexo con el diámetro mínimo de dicha estructura ósea, y Del Río et al¹⁰, que obtuvieron un 82% de fiabilidad en su estudio de análisis de imagen de primera vértebra cervical.

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten mencionar las siguientes conclusiones:

- Las fórmulas regresivas obtenidas pueden ser utilizadas en población colombiana; no obstante, es importante ponerlas a prueba en otras poblaciones con el fin de establecer su aplicabilidad, particularmente en países latinoamericanos, dada su cercanía geográfica y posiblemente genética.
- La aplicación de las fórmulas regresivas propuestas permite predecir el sexo con el 94,2, el 87,6, el 87,1 y el

86,5% de confianza, independientemente de que se trate de un cadáver reciente, en avanzado estado de descomposición o esqueletización; solamente se requiere tener acceso a la primera vértebra cervical que conserve las dimensiones requeridas por cada función discriminante.

- Teniendo en cuenta el impacto de los posibles efectos tafonómicos que puedan afectar a la primera vértebra cervical durante la etapa *post mortem*, el presente estudio generó cuatro funciones discriminantes que utilizan diferentes dimensiones para obtener el sexo con dicha vértebra, lo cual se convierte en una ventaja adicional ya que, si la vértebra evaluada está incompleta por afección tafonómica, se dispone de cuatro opciones diferentes que permiten evaluarla matemáticamente con cuatro, tres o dos puntos anatómicos presentes en este hueso.

Agradecimientos

A la División de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses en Bogotá (Colombia), en particular a su Jefa, la Dra. Liliana Tamara y por supuesto a Martha Soriano y Wilson Hernández, quienes asesoraron el diseño experimental y el proceso estadístico de esta investigación.

Al Programa de Doctorado en Antropología Física y Forense de la Facultad de Medicina de la Universidad de Granada, a sus profesores y compañeros de curso.

A los colegas y compañeros del laboratorio de antropología forense, a los patólogos y odontólogos del Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses en Bogotá (Colombia), quienes participaron de diferentes formas en el proceso de recolección de la muestra.

A los jóvenes colegas María Isabel Cardona y Emmanuel Rodríguez, quienes apoyaron la fase final del proceso de preparación y selección de la muestra.

Financiación

La investigación presentada en este artículo forma parte de la tesis doctoral del Dr. Sanabria.

La presente investigación no recibió apoyos económicos en forma de becas ni de ninguna otra índole, fue realizado en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Bogotá, Colombia, y a la fecha no ha sido presentado en congresos nacionales o internacionales.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Iscan MY, Miller P. Discriminant function sexing of the tibia. *J Forensic Sci.* 1984;29:1087-93.
2. Sanabria MC. Determinación de sexo a partir de restos óseos humanos. En: Sanabria MC, editor. *Antropología forense y la investigación médico legal de las muertes.* Bogotá: Rasgo y Color; 2008. p. 269-303.
3. Díaz G. Análisis osteométrico de dimorfismo sexual en una muestra de húmeros de población colombiana contemporánea de morgue. *Revista Colombiana de Ciencias Forenses.* 2002;1:6-10.
4. Wiredu EK, Kumoji R, Seshadri R, Biritwum R. Osteometric. Analysis of sexual dimorphism in the sternal end of the rib in a West African Population. *J Forensic Sci.* 1999;44:921-5.
5. Berrizbeitia A. Sex determination with the head of the radius. *J Forensic Sci.* 1989;34:1206-13.
6. Reverte Coma JM. *Antropología forense.* 2.ª ed. Madrid: Ministerio de Justicia, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones; 1999.
7. Marino EA. Sex estimation using the first cervical vertebra. *Am J Phys Anthropol.* 1995;97:127-33.
8. Del Río MPA, Sánchez SJA. Discriminación sexual en la séptima vértebra cervical mediante el análisis de imagen. *Rev Esp Med Legal.* 1997;21:49-54.
9. Wescott JM. Sex variation in the second cervical vertebra. *J Forensic Sci.* 2000;45:462-6.
10. Del Río MPA, Sánchez SJA, Prieto CJL. Determinación del sexo mediante el análisis de imagen en el atlas. *Cuad Med Forense.* 2000;22:45-52.
11. Buikstra JE, Ubelaker DH. Standards for data collection from human skeletal remains. *Arkansas Archaeological Survey Research Series, N.º 44.* p. 83.
12. Trancho GJ, Robledo B, López-Bueis I, Sánchez JA. Sexual determination of the femur using discriminant function. Analysis of Spanish populations of known sex and age. *J Forensic Sci.* 1997;42:181-5.
13. Díaz GDM. Análisis osteométrico de dimorfismo sexual en una muestra de húmeros de población colombiana contemporánea de morgue. *Revista Colombiana de Ciencias Forenses.* 2002;1:6-10.
14. Correa NS. Determinación de sexo a partir del análisis métrico y discriminante en una muestra de tibias en la población local de Bogotá. *Revista Colombiana de Ciencias Forenses.* 2002;1:17-21.
15. Shuterland DL, Suchey JM. Use of the ventral arc in pubic sex determination. *J Forensic Sci.* 1991;36:501-11.
16. Webb PA, Suchey JM. Epiphysial union of the anterior iliac crest and medial clavicle in a modern multiracial sample of American males and females. *Am J Phys Anthropol.* 1985;68:457-66.
17. Iscan MY, Loth SR, Wright RK. Metamorphosis at the sternal rib end: A new method to estimate age at death in white males. *Am J Phys Anthropol.* 1984;65:147-56.
18. Brooks S, Suchey JM. Skeletal age determination based on the os pubis: a comparison of the Acsádi-Nemeskéri and Suchey-Brooks methods. *Hum Evol.* 1990;5:227-38.