

Identificación de vértebras lumbares II y IV por osteometría vertebral mediante fórmulas matemáticas

Identification of lumbar vertebrae II and IV by vertebral osteometry using mathematical formulas

Sandra Bahr Ulloa^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-4472-3716>

Regla Ponce de León Narváez¹ <https://orcid.org/0000-0003-2602-1443>

Katia Guisado Zamora¹ <https://orcid.org/0000-0001-8938-065X>

José Alfonso Melis Santana¹ <https://orcid.org/0000-0002-7514-3618>

Dayana García Correa¹ <https://orcid.org/0000-0002-8938-0365>

¹Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas. Cuba.

*Autor para la correspondencia: sandrab.mtz@infomed.sld.cu

RESUMEN

Introducción: Durante el hallazgo arqueológico o forense de un esqueleto incompleto, con vértebras sin características identificativas, no es posible determinar el nivel regional de la columna vertebral porque existen pocas determinantes que distingan los niveles a los que pertenece una vértebra.

Objetivo: Proponer una fórmula matemática para la identificación de las vértebras lumbares que no son particulares.

Métodos: Se realizó un estudio observacional descriptivo en la osteoteca de la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas. Se analizaron todas las vértebras lumbares entre LII y LIV de la colección para un total de 87 huesos. Se midieron y calcularon los índices para el cuerpo y el agujero, y se utilizó un cociente matemático para asociar ambas partes.

Resultados: El diámetro transversal predominó sobre el anteroposterior en el cuerpo y en el agujero. La media del cociente entre ambos fue de 0,60 cm y permitió dividir las vértebras en 2 grupos: superior e inferior; morfológicamente, deben coincidir con las vértebras lumbares LII y LIV.

Conclusiones: La relación morfométrica del cociente del cuerpo-agujero puede diferenciar las vértebras lumbares que no son particulares.

Palabras claves: vértebras lumbares; índices matemáticos; variaciones antropométricas.

ABSTRACT

Introduction: During the archaeological or forensic discovery of an incomplete skeleton, with vertebrae without identifying characteristics, it is not possible to determine the regional level of the spine because there are few determinants that distinguish the levels to which a vertebra belongs.

Objective: To propose a mathematical formula for the identification of lumbar vertebrae that are not particular.

Methods: A descriptive observational study was conducted in the osteotheque of the University of Medical Sciences of Matanzas. All lumbar vertebrae between LII and LIV in the collection were analyzed for a total of 87 bones. The indices for the body and hole were measured and calculated, and a mathematical quotient was used to associate both parts.

Results: The transverse diameter predominated over the antero-posterior in the body and in the hole. The mean ratio between the two was 0.60 cm and allowed the vertebrae to be divided into 2 groups: upper and lower; morphologically, they must coincide with the lumbar vertebrae LII and LIV.

Conclusions: The morphometric relationship of the body-hole ratio can differentiate lumbar vertebrae that are not particular.

Keywords: lumbar vertebrae; mathematical índices; anthropometric variations.

Recibido: 02/08/2022

Aceptado: 06/08/2022

Introducción

El hueso es el material biológico menos susceptible a la degradación *post mortem*. Su estudio brinda mucha información y se considera una de las piezas más valiosas de la antropología física. Gracias a las medidas de las

vértebras, se determinan el sexo, la edad, la estatura e, incluso, el linaje.^(1,2,3) Muchos forenses opinan que las vértebras lumbares, al tener mayor cobertura de tejidos blandos, se conservan mejor que los huesos largos cuando la muerte es por abrasión.⁽⁴⁾

Aunque la primera y quinta vértebras lumbares resultan las más estudiadas, recientemente se han publicado trabajos sobre rangos de medidas que identifican sexo y edad en la segunda y cuarta vértebras. La posición de una vértebra lumbar tiene pocas características debido a su semejanza osteoscópica. Los libros de anatomía refieren que, con el descenso del nivel, el cuerpo aumenta de tamaño, sobre todo su diámetro transversal hasta L4, y el agujero disminuye. No obstante, cuando no se tienen todas las vértebras de un esqueleto, se hace difícil determinar la posición a qué pertenecen.

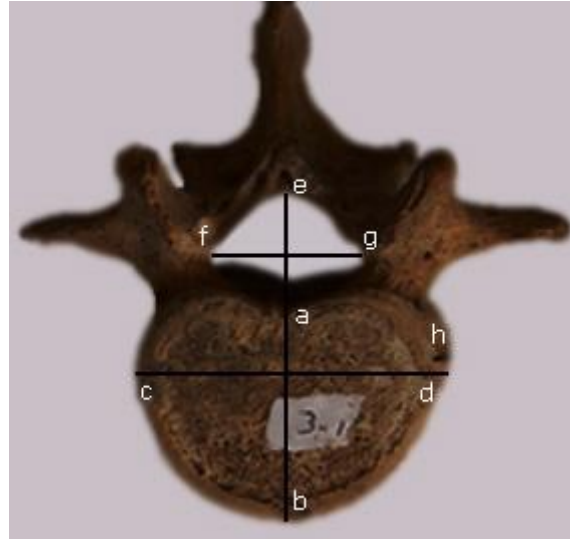
En antropometría existen herramientas matemáticas, basadas en métodos estadísticos, para comparar el cambio de una variable con respecto a otra, pero su potencial no se ha explotado en el estudio de las vértebras. Los índices y cocientes de asociación actualmente se estudian en este entorno y su uso ha permitido un análisis antropométrico más exhaustivo.

Por consiguiente, el objetivo de este artículo fue proponer una fórmula matemática para identificar las vértebras lumbares LII y LIV separadas del resto de la osamenta de la columna vertebral.

Métodos

Se diseñó una investigación observacional, descriptiva y transversal en la osteoteca de la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas entre enero de 2017 y mayo de 2019. Se analizaron las vértebras lumbares de esta colección. Se consideraron los siguientes criterios de exclusión: vértebras identificables como LI o LV, osteofitos y excrecencias óseas que modificaran la anatomía de la vértebra, y ausencia de partes de esta. De un total de 113 vértebras LII a LIV, 87 conformaron el estudio.

Se seleccionaron y operacionalizaron las variables de las mediciones osteométricas en correspondencia con el problema y los objetivos de la investigación (fig. 1).



Leyenda: ab: diámetro anteroposterior del cuerpo (dAPc); cd: diámetro transversal del cuerpo (dTc); h: altura del cuerpo (altc); ae: diámetro anteroposterior del agujero (dAPa); fg: diámetro transversal del agujero (dTa).

Fig. 1 - Medidas vertebrales.

- dAPc: distancia en la línea media del cuerpo vertebral desde la cara anterior a la cara posterior.
- dTc: distancia entre las dos caras laterales (cortezas externas) del cuerpo vertebral medido en la porción medial del cuerpo.
- altc: distancia entre los bordes superior e inferior del cuerpo vertebral en la línea media que corre a través de la cara lateral.
- dAPa: distancia en la línea media del agujero vertebral desde la cara anterior a la cara posterior.
- dTa: distancia transversal del agujero vertebral medido en la porción medial del cuerpo.
- Índice del cuerpo: multiplicación del diámetro anteroposterior del cuerpo por el diámetro transverso del cuerpo y por la altura del cuerpo, dividido por 100 ($dAPc \cdot dTc \cdot altc / 100$)
- Índice del agujero: diámetro anteroposterior del agujero por el diámetro transverso del agujero: ($dAPa \cdot dTa$)
- El cociente matemático propuesto es el siguiente:

$$cociente = \frac{\text{índice cuerpo}}{\text{índice agujero}}$$

El trabajo se realizó en la morgue de anatomía. Se midió con cinta métrica milimetrada y pie de rey con 0,1 cm de discriminación. Los datos se recogieron en hojas de Excel de Microsoft Office y los cálculos estadísticos se realizaron en el programa SPSS Statistics versión 20.0

Resultados

Se analizaron 87 vértebras lumbares. A continuación se muestran las mediciones en valores de tendencia central y dispersión de la estadística descriptiva de la osteometría vertebral (tabla 1).

Tabla 1 - Caracterización del cuerpo vertebral

Cuerpo vertebral	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Media (cm)	Desviación estándar
Diámetro anteroposterior	2,2	3,9	3,05	0,37
Diámetro transversal	2,7	5,7	4,48	0,53
Altura vertebral	2,0	3,1	2,61	0,20
Índice del cuerpo	0,19	0,62	0,36	0,09

Fuente: Vértebras lumbares de la osteoteca.

Predominó el diámetro transversal sobre el anteroposterior en más de 1 cm. A pesar de variar en casi 3 cm las dimensiones entre las vértebras más grandes y más pequeñas, el índice del cuerpo tiene un rango de 0,5 y una desviación estándar de 0,09. El diámetro transversal superó el anteroposterior en el agujero vertebral, así como los valores calculados del cociente. En este último se observó un rango importante entre los valores mínimo y máximo (tabla 2).

Tabla 2 - Caracterización del agujero vertebral

Agujero vertebral	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Media (cm)	Desviación estándar
Diámetro anteroposterior	0,2	1,5	0,64	0,23
Diámetro transversal	0,7	1,8	1,20	0,23
Índice del agujero	0,14	2,25	0,79	0,38
Cociente del cuerpo-agujero	0,10	3,0	0,60	0,54

Fuente: Vértebras lumbares de la osteoteca.

Las vértebras se clasificaron, según el cociente cuerpo-agujero, en dos grupos, atendiendo al valor de la media (tabla 3).

Tabla 3 - Agrupación de los casos según la media del cociente

Total de casos agrupados según la media del cociente	
Cociente menor de 0,60	Cociente mayor de 0,60
59 casos	28 casos
Posibles vértebras LII- LIII	Posibles vértebras LIII-LIV

Se obtuvieron 59 casos con cociente menor de 0,60, para un 67,8 % del total. Estas vértebras presentan el cuerpo en una proporción menor respecto al agujero vertebral y posibilitan la identificación de vértebras altas en posición LII o LIII.

Se contabilizaron 28 casos con cociente mayor de 0,60 para un 32,2 %. Aquí las vértebras tienen mayores dimensiones en el cuerpo con respecto al agujero y se catalogan como posibles vértebras LIII o LIV,

En el análisis de la relación entre el índice del cuerpo y el índice del agujero se observa una tendencia de pendiente negativa, con una relación inversamente proporcional: a mayor cuerpo menor agujero y viceversa.

Discusión

Las medidas vertebrales se basan en las características morfométricas de estos huesos.⁽⁵⁾ El análisis de las dimensiones de las vértebras ayuda a decidir la variante de abordaje a emplear en neurocirugía, o qué tipo de láminas y tornillos pueden usarse durante una intervención de esta zona; por ejemplo, los casos de artrodesis generan una implicación clínica importante.^(6,7,8)

Las dimensiones vertebrales de este estudio se comportaron según las características descritas en los libros clásicos de anatomía humana. El cuerpo de la vértebra lumbar es voluminoso y su diámetro transversal supera al anteroposterior. El agujero vertebral tiene forma triangular de lados iguales, relativamente pequeño, y, a partir de la segunda vértebra lumbar, solo contiene las raíces de los nervios espinales que forman la cola de caballo.^(1,2)

El índice del cuerpo se calculó por la multiplicación de las tres medidas y se dividió por 100. A pesar de variar en casi 3 cm las dimensiones entre las vértebras más grandes y más pequeñas, el índice del cuerpo se movió en un rango de 0,5 y una desviación estándar de 0,09. El trabajo de correlación

entre las partes de las vértebras se realizó con índices e, incluso, con el cociente cuerpo-agujero, para determinar un patrón de comportamiento entre la estructura del eje de la vértebra sin intervención directa de las dimensiones, sino de su variación proporcional.

Este estudio demuestran que el índice del cuerpo y el del agujero resultan inversamente proporcionales, o sea, entre mayor es el cuerpo menor es el agujero. De esta misma forma lo describen los libros de anatomía cuando se refieren a las causas que determinan el cambio de la morfología vertebral según el nivel de esta.^(9,10)

Varios trabajos detallan las particularidades antropométricas de las vértebras en tomografías computarizadas o resonancias nucleares, y utilizan medidas de perímetro circunferencial y volumétricas.^(11,12) Pocas características distinguen las posiciones de una vértebra lumbar, pero los textos de anatomía coinciden en que el cuerpo aumenta de tamaño y el agujero disminuye con el descenso del nivel. También el proceso costal de las vértebras superiores está menos desarrollado, aunque el de la última lumbar es corto, macizo y piramidal.⁽⁹⁾ Las dimensiones vertebrales se corresponden con el tamaño del individuo. En caso de que pertenezcan al mismo nivel, la relación entre los índices se mantiene igual sin importar el volumen.

El uso de índices en el análisis morfométrico vertebral no es común. Pocos autores refieren una relación entre las variables medidas. *Iliescu* y otros⁽¹³⁾ evaluaron 120 imágenes de sujetos con resonancia magnética, y relacionaron el diámetro transversal y el anteroposterior del cuerpo vertebral con la altura. Los índices de las vértebras L1 y L5 resultaron igual a 0,21 y 0,43, respectivamente, y coincidieron con los hallazgos de esta investigación. *Caula* y otros⁽¹²⁾ vincularon el volumen de cuerpos vertebrales y el índice de masa corporal en tomografía axial computarizada (TAC) en 129 pacientes; y determinaron que el volumen del cuerpo vertebral se incrementaba de la vértebra L1 a la L5.

Algunos autores emplean asociaciones en la medición del canal vertebral. *Azu* y otros⁽¹¹⁾ examinaron 170 vértebras archivadas desde 1908 hasta 1970 en la colección de osteología de la Cátedra de Anatomía Clínica de la Escuela de Medicina “Nelson Mandela”. Al calcular la proporción entre los diámetros anteroposterior del agujero y anteroposterior del cuerpo vertebral, los valores de las vértebras L1 y L5 fueron de 0,65 y de 0,53 respectivamente; sin embargo, solo usaron el diámetro anteroposterior, por tanto, difieren del presente estudio que empleó el diámetro transversal y las medidas en forma de índices. Por otro lado, concuerdan en cuanto a la disminución gradual de las vértebras L1 a L5 que alcanzaron una media de 0,59 cm y 0,49 cm.⁽¹¹⁾

Por su parte, *Torres* y otros⁽¹⁴⁾ evaluaron el diámetro del conducto lumbar por TAC en la población mexicana y determinaron que el diámetro anteroposterior

del agujero en la vértebra LIII era igual a 0,52 cm y el transverso del agujero en la vértebra LIII era de 1,58 cm.

Los valores de media permiten realizar comparaciones. En España se publicó un artículo sobre el análisis de vértebras en osteoteca. Se estudiaron 79 individuos adultos de la necrópolis de San Miguel de Escalada (León) y de ellos 35 conservaban las regiones lumbares, sacras y coccígeas.⁽¹⁵⁾

Investigadores en China establecieron modelos matemáticos de estimación de la estatura de la hembra de Han Sichuan con la intención de aportar datos esenciales a la antropología forense. Se estudiaron 206 esqueletos femeninos y en las muestras de vértebras lumbares se examinaron los parámetros de los cinco cuerpos vertebrales (L1-L5) como el borde anterior, el borde posterior y la altura central (el x1-x15), el total la altura central de la columna lumbar (el x16) y la altura real de cada muestra.⁽¹⁶⁾

La estimación de la estatura exacta permite identificar cadáveres desconocidos. *Oura* y otros⁽¹⁷⁾ determinaron la talla a partir de la cuarta vértebra lumbar: estudiaron, en 1358 individuos nacidos en Finlandia, las anchuras máximas y mínimas, profundidades y alturas del cuerpo de L4 con la precisión alta y fiabilidad. Calcularon sus sumas y medios junto con las aproximaciones de área cruz particular vertebral y volumen. Construyeron la regresión lineal simple y múltiple alrededor de los parámetros de L4, generaron las ecuaciones para la predicción de la estatura, y determinaron su exactitud sobre la base del R ajustado.

Una colaboración entre el Centro para la Investigación en Osteología Forense en Thailandia e Italia analizó una muestra de 150 columnas lumbares de la osteoteca de la universidad Chiang Mai; calculó la estatura con funciones discriminantes y regresión lineal.⁽⁴⁾

En Alemania se evaluaron nueve variables de la geometría vertebral lumbar para verificar la predicción de la estatura a través de la morfometría. Se usaron ecuaciones de regresión para identificar la medida de altura de cuerpo más fiable. La correlación con una sola medida vertebral se logró con la talla central del cuerpo vertebral de L2 como el predictor.⁽³⁾

Determinar el sexo constituye otra faceta del estudio antropológico de las vértebras lumbares. *Rohmani* y otros⁽¹⁾ demostraron que la columna vertebral presentaba un dimorfismo sexual significativo, sobre todo la primera vértebra lumbar, principalmente cuando se asociaba con la segunda cervical y la duodécima torácica.

Igualmente, *Oura* y otros⁽¹⁸⁾ estimaron el sexo según las dimensiones de la cuarta vértebra lumbar. Para ello midieron las anchuras máximas y mínimas, las profundidades y alturas del cuerpo de L4, en 365 imágenes de resonancia magnética nuclear de la cohorte de finlandeses nacidos en 1986, y

examinados a los 20 y 30 años, respectivamente. La anchura vertebral, profundidad y altura se calcularon con el área cruz y el volumen. Se determinó el sexo mediante el análisis multivariado de regresión logística.

En Francia, *Corron* y otros⁽¹⁹⁾ estudiaron a 534 individuos. La cuarta vértebra lumbar constituyó una herramienta forense importante para definir el sexo; asimismo, el área de la quinta vértebra tuvo un resultado estadístico significativo. En cuanto a las medidas vertebrales para clasificar el sexo, numerosos estudios han demostrado que el masculino supera al femenino.^(20,21)

En la Universidad de Ciencias Médicas de Irán se buscaron parámetros mediante tomografía que predijeran el sexo, la edad y la altura en la cuarta vértebra lumbar. La media de todos los parámetros fue mayor en el hombre, y el modelo de regresión lineal para predecir la edad tuvo significancia solamente con el diámetro del agujero vertebral.⁽²¹⁾

La antropometría se reconoce en el chequeo, diagnóstico y seguimiento de varias patologías. La geometría vertebral tiene gran importancia en la antropología física para determinar el sexo, la edad, la estatura o el linaje del individuo. Numerosas investigaciones utilizan los caracteres de vértebras como L1, L2 o L4.⁽⁶⁾ Sin embargo, identificar las vértebras lumbares que no son particulares como la LII y LIV ayudaría a esclarecer un caso arqueológico o forense, y utilizar las herramientas que estos huesos pueden brindar.

Las características antropométricas de las vértebras lumbares de la osteoteca de la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas mantienen las proporciones descritas para las vértebras de esta región. Existe una relación morfométrica entre las medidas estructurales de la vértebra en sus partes. El uso del índice matemático propuesto como cociente cuerpo-agujero reconoce vértebras lumbares que no son distintivas como LII y LIV.

Referencias bibliográficas

1. Rohmani A, Swarhib M, Mohd F. Sex estimation using the human vertebra: a systematic review. *Egypt J Forensic Sci.* 2021;11(25). DOI: <https://doi.org/10.1186/s41935-021-00238-2>
2. Melis JA, Bahr S, Pérez E, Guisado K, Tápanes M, García D. Caracterización antropométrica de las vértebras cervicales de la osteoteca de la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas. *Rev Méd Elect.* 2019 [acceso 12/03/2021];41(6). Disponible en: http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/3297/html_722

3. Klein A, Nagel K, Gührs J, Poodendaen C, Püschel K, Morlock MM, *et al.* On the relationship between stature and anthropometric measurements of lumbar vertebrae. *Sci Justice.* 2015;55(6):383-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2015.05.004>
4. Suwanlikhid N, Prasitwattanaseree S, La-Tegola L, Palee P, Sinthubau A, Guglielmi G, *et al.* Sex and stature estimation from adult lumbar vertebrae in a thai population based on image analysis. *Int J Morphol.* 2020;38(6):1651-56. DOI: <http://doi.org/10.4067/S0717-95022020000601651>
5. García D, Bahr S, Ponce de León R. Herramienta matemática para identificar las vértebras lumbares II, III y IV. En: Santiesteban E, compilador. *Ciencia e Innovación Tecnológica.* Las Tunas: Editorial Académica Universitaria; 2017.
6. Banik S, Rajkumari A. Morphometric analysis of lumbar vertebrae and its applied clinical importance. *Int J Anat Res.* 2019;7(2.1):6381-86. DOI: <http://doi.org/10.16965/ijar.2019.122>
7. Londhe BG, Garud RS. Morphometric assessment of adult human lumbar vertebrae. *Indian J Clin Anat Physiol.* 2020;7(1):77-80. DOI: <https://doi.org/10.18231/j.ijcap.2020.017>
8. Iliescu DM, Micu SI, Ionescu C, Bulbuc I, Bordei P, Obada B, *et al.* Axial and para-axial loading response evaluation on human cadaver-harvested lumbar vertebral blocks: In vitro experiment with possible clinical implications for clinical practice. *Exp Ther Med.* 2021;22(4):1192. DOI: <https://doi.org/10.3892/etm.2021.10626>
9. Rouviere H, Delmas A, Delmas V. *Anatomía humana, descriptiva, topográfica y funcional.* 11 ed. París: Editorial Masson; 2005.
10. García-Porrero JA, Hurlé JM. *Anatomía Humana.* 1 ed. España: Mc Graw and Hill; 2005.
11. Azu O, Komolafe OA, Ofusori DA, Ajayi SA, Naidu ES, Abiodun A. Morphometric study of lumbar vertebrae in adult South African subjects. *Int J Morphol.* 2016;34(4):1345-51. DOI: <http://doi.org/10.4067/S0717-95022016000400028>
12. Caula A, Metmer G, Havet E. Anthropometric approach to lumbar vertebral body volumes. *Surg Radiol Anat.* 2016;38(3):303-8. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00276-015-1552-2>
13. Iliescu DM, Bordei P, Ionescu EV, Albina S, Oprea C, Obada B, *et al.* Anatomic-imaging correlations of lumbar disk-vertebral morphometric indices. *Int J Morphol.* 2017;35(4):1553-59. DOI: <http://doi.org/10.4067/S0717-95022017000401553>

14. Torres R, Martínez RA, Barbarín E. Evaluation of the diameter of the lumbar vertebral canal using computed tomography in mexican population. *Columna*. June 2016;15(2):118-9. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1808-185120161502157644>
15. Sánchez E, Caro L. Variaciones anatómicas y anomalías de la región lumbosacra y sacrococcígea en San Miguel de Escalada. (León, España ss. x-xvi). 2015 [acceso 07/11/2020]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5753068>
16. Qing SH, Chang YF, Dong XA, Li Y, Chen XG, Shu YK, *et al*. Stature estimation for Sichuan Han nationality female based on X-ray technology with measurement of lumbar vertebrae. *Fa Yi Xue Za Zhi*. 2013 [acceso 07/11/2020];29(5):344-7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24466773/>
17. Oura P, Korpinen N, Niinimäki J, Karppinen J, Niskanen M, Junno JA. Estimation of stature from dimensions of the fourth lumbar vertebra in contemporary middle-aged Finns. *Forensic Sci Int*. 2018;292:71-77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.09.001>
18. Oura P, Karppinen J, Niinimäki J, Junno JA. Sex estimation from dimensions of the fourth lumbar vertebra in Northern Finns of 20, 30, and 46 years of age. *Forensic Sci Int*. 2018;290:350.e1-e6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.07.011>
19. Corron L, Marchal F, Condemi S, Telmon N, Chaumoitre K, Adalian P. Integrating growth variability of the ilium, fifth lumbar vertebra, and clavicle with multivariate adaptive regression splines models for subadult age estimation. *J Forensic Sci*. 2019;64(1):34-51. DOI: <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13831>
20. Saadat SR, Memarian A, Motamedi O, Mohamadi M, Khaleghi M, Habibi S. Fourth lumbar vertebral parameters in predicting the gender, height and age in Iranian population. *Forensic Sci Int Reports*. 2021;3:100175. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsir.2021.100175>
21. Bozdag M, Karaman G. Virtual morphometry of the first lumbar vertebrae for estimation of sex using computed tomography data in the Turkish population. *Cureus*. 2021;13(7):e16597. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.16597>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Sandra Bahr Ulloa.

Curación de contenidos y datos: Sandra Bahr Ulloa, Regla Ponce de León y Narváez y Katia Guisado Zamora.

Análisis formal de los datos: José Alfonso Melis Santana y Dayana García Correa.

Investigación: José Alfonso Melis Santana y Dayana García Correa.

Redacción-borrador original: Sandra Bahr Ulloa, Regla Ponce de León y Narváez y Katia Guisado Zamora.