



ARTÍCULOS ORIGINALES / *Originals* / Premio AAOMM 2018

## LAS DIFERENCIAS ANTROPOMÉTRICAS ENTRE SEXOS DE LA COLUMNA LUMBAR, MEDIDAS POR DXA, NO AFECTAN A TODAS LAS VÉRTEBRAS EN FORMA UNIFORME: PROBABLE IMPLICANCIA EN LA INCIDENCIA DE FRACTURAS

Haraldo Claus-Hermsberg,<sup>1\*</sup> María Pía Lozano,<sup>1</sup> Magdalena Rey,<sup>1</sup> Silvana Boffa,<sup>2</sup> María Josefina Pozzo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Servicio de Endocrinología. <sup>2</sup> Sección Densitometría. Hospital Alemán, Buenos Aires, Argentina.

### Resumen

Las fracturas vertebrales osteoporóticas son más frecuentes en la mujer. El segmento toracolumbar es el preferentemente comprometido, en especial las vértebras D11 a L2, mientras que L4 contribuye en una proporción mínima a este evento. El objetivo del presente estudio fue investigar si el menor tamaño de las vértebras lumbares en las mujeres con respecto a los varones, involucra a todas las vértebras por igual o solamente a las que con más frecuencia se fracturan. Se analizaron en forma aleatoria las densitometrías óseas (DXA) de la región lumbar de 48 mujeres y 45 varones adultos. Se consideró el ancho del segmento L1-L2 (S L1-L2) y de L4 como un subrogado del área de sus cuerpos vertebrales.

Resultados: ancho S L1-L2 Hombres:  $4,32 \pm 0,33$  cm; Mujeres:  $3,78 \pm 0,23$  cm,  $p < 0,001$ . Ancho L4 Hombres:  $5 \pm 0,37$  cm; Mujeres:  $4,66 \pm 0,38$  cm,  $p < 0,001$ .

Diferencia de L4 menos S L1-L2: Hombres:  $0,69 \pm 0,25$  cm, Mujeres:  $0,88 \pm 0,27$  cm  $p < 0,001$ .

Ancho relativo (S L1-L2/L4): Hombres:  $0,86 \pm 0,04$ , Mujeres  $0,81 \pm 0,04$   $p < 0,001$ .

Conclusiones: en el presente estudio observamos, en consonancia con lo ya conocido, que las mujeres tienen en promedio vértebras más pequeñas que los hombres. La diferencia de tamaño no es uniforme en las vértebras lumbares, siendo el segmento L1-L2 particularmente menor comparado con L4.

Estas diferencias estructurales entre mujeres y hombres deben ser consideradas para explicar, dentro del contexto multifactorial de las fracturas vertebrales, la mayor incidencia de éstas en el sexo femenino, en particular de L1 y L2.

**Palabras clave:** fracturas vertebrales, tamaño vertebral, DXA (densitometría de doble haz de rayos X).

### Abstract

**GENDER ANTHROPOMETRIC DIFFERENCES OF THE LUMBAR SPINE, MEASURED BY DXA, DO NOT INVOLVE ALL VERTEBRAE UNIFORMLY: PROBABLE IMPLICATION IN THE INCIDENCE OF FRACTURES**

Vertebral fractures occur most frequently in thoracolumbar region, especially D11- L2, while L4 contributes minimally to this event. That cannot be explained by differences in loading during daily activities or bone quality between vertebrae. Differences exist in vertebral size.

The aim of the study was to evaluate in female lumbar spines if vertebrae which most frequently fracture are smaller than L4.

We analyzed BMD (DXA) of 48 women (W) and 45 men (M). The width of the segment L1-L2 (S L1-L2) and of L4 was considered a surrogate of vertebral bodies

Results: Width S L1-L2: Men:  $4,32 \pm 0,33$  cm; Women:  $3,78 \pm 0,23$  cm,  $p < 0,001$ .

Width L4: Men:  $5 \pm 0,37$ ; Women:  $4,66 \pm 0,38$  cm,  $p < 0,001$ .

Difference between L4 and S L1-L2: Men:  $0,69 \pm 0,25$  cm, Women:  $0,88 \pm 0,27$  cm  $p < 0,001$ .

Relative width (S L1-L2/L4) Men:  $0,86 \pm 0,04$  Women:  $0,81 \pm 0,04$   $p < 0,001$ .

Conclusions: the study shows, as already known, that women have smaller vertebrae than men. The differences are not uniform in the lumbar spine, L1 and L2 being particularly smaller compared to L4. These structural differences between women and men should be considered to explain, within the multifactorial

\*E-mail: [hclaus@fibertel.com.ar](mailto:hclaus@fibertel.com.ar)

*context of vertebral fractures, the greater incidence in female, particularly L1 and L2.*

**Key words:** *vertebral fractures, vertebral size, DXA (Dual-Energy X-Ray Absorptiometry).*

## Introducción

A partir de la menopausia aumenta el riesgo de fracturas osteoporóticas vertebrales y no vertebrales. La incidencia y prevalencia de fracturas vertebrales es varias veces mayor en la mujer que en el hombre. Las regiones más afectadas son la mediotorácica y toracolumbar, siendo relativamente poco frecuente la fractura de L4.<sup>1</sup> Desde un punto de vista estrictamente mecánico, la fractura es el resultado de la acción de una fuerza sobre una estructura que no es suficientemente fuerte en sus propiedades mecánicas. Un mayor conocimiento de la relación entre ambos factores podría explicar las características epidemiológicas mencionadas previamente.

Los estudios relativos al patrón de cargas compresivas y de cizallamiento que las diversas actividades diarias ejercen sobre las estructuras de la columna (vértebras incluidas) son de difícil realización en forma directa in vivo.<sup>2</sup> Mejores resultados se obtienen aplicando modelos biomecánicos computacionales que predicen el patrón de carga sobre la columna mediante simulaciones.<sup>2</sup> Aplicado a mujeres, este modelo muestra que las cargas en la región toracolumbar difieren poco entre vértebras. Por lo tanto cabe preguntar cuáles son las diferencias estructurales por las que L4 exhibe una mayor fortaleza que D11-L2. No existen diferencias demostradas en la calidad del material óseo entre vértebras. Entre las múltiples diferencias estructurales y funcionales de importancia biomecánica entre el segmento D11-L2 y L4 cabe mencionar el mayor tamaño de L4, lo que le confiere una mayor rigidez estructural y fortaleza mecánica para soportar las cargas.<sup>2-4</sup>

Esta diferencia de tamaño para explicar la menor propensión a la fractura de L4 también puede servir para explicar la menor incidencia y prevalencia de fracturas vertebrales en los hombres, al tener éstos vértebras en general más grandes que las mujeres sin diferencia en la densitometría ósea (DMO) volumétrica entre ambos.<sup>2-4</sup> Evidencias de la importancia del tamaño vertebral surgen de un estudio en mujeres en las que se compara el área seccional y la DMO volumétrica del cuerpo vertebral por tomografía axial computarizada (TAC) de mujeres con y sin fractura, en las que la diferencia más significativa está en el área

de las vértebras.<sup>5,6</sup> Todos los estudios de tamaño vertebral mencionados se efectuaron con TAC. En un estudio de correlación entre el área del cuerpo vertebral medido por TAC y el ancho medido por DXA se obtuvo una buena correlación entre el área seccional de L3 por TAC y el ancho de la misma vértebra por DXA ( $r = 0,7$ ).<sup>7</sup>

En base a esta observación se consideró el promedio del ancho del segmento L1-L2 y de L4 como un subrogado del tamaño de sus cuerpos vertebrales.

Los objetivos del estudio fueron: 1) Reproducir con DXA las diferencias entre sexos obtenidas con TAC. 2) Investigar si el menor tamaño de las vértebras lumbares en las mujeres con respecto a los varones, involucra a todas las vértebras por igual o solamente a las que con más frecuencia se fracturan.

## Material y métodos

Se ingresaron en forma aleatoria 48 mujeres y 45 hombres adultos que efectuaron una densitometría de columna con las pautas de la ISCD para considerarla evaluable (se excluyeron estudios en los que las variaciones intervertebrales del Z score eran mayores a 1 DS). Los estudios se efectuaron con un densitómetro Lunar Prodigy Advance. Se midió el promedio del ancho del segmento L1-L2 (S L1-L2) y de L4. Con el propósito de evaluar si las diferencias de S L1-L2 son simplemente una manifestación más de las diferencias antropométricas entre mujeres y hombres se consideraron las siguientes covariables: talla (dada su relación con el distinto hábito corporal entre mujeres y hombres y con los distintos segmentos corporales en general) y ancho de L4 (como vértebra de referencia por su menor propensión a fracturas) con el propósito de evaluar eventuales diferencias puntuales en la proporcionalidad de S L1-L2 en relación a esa vértebra. Los anchos vertebrales mencionados se obtuvieron de los datos auxiliares del protocolo de informe del equipo DXA.

## Análisis estadístico

Se utilizó estadística descriptiva. Los resultados se expresaron como media  $\pm$ SD. Test t de Student para la significación estadística de la comparación entre sexos de



las medias de todas las variables y los siguientes parámetros: diferencia L4 menos S L1-L2 y de S L1-L2 relativo a L4 (cociente S L1-L2/L4). Análisis de covarianza para comparación de medias de ancho S L1-L2 entre sexos ajustadas a talla y ancho L4.

Regresiones univariadas para ancho S L1-L2 vs talla y ancho L4 en toda la población y en cada grupo según sexo. Regresión univariada de S L1-L2/L4 vs.L4 en cada sexo.

Regresión multivariada para S L1-L2 como variable dependiente vs sexo, talla y L4.

Se consideró resultado significativo con una  $p < 0.05$ .

## Resultados

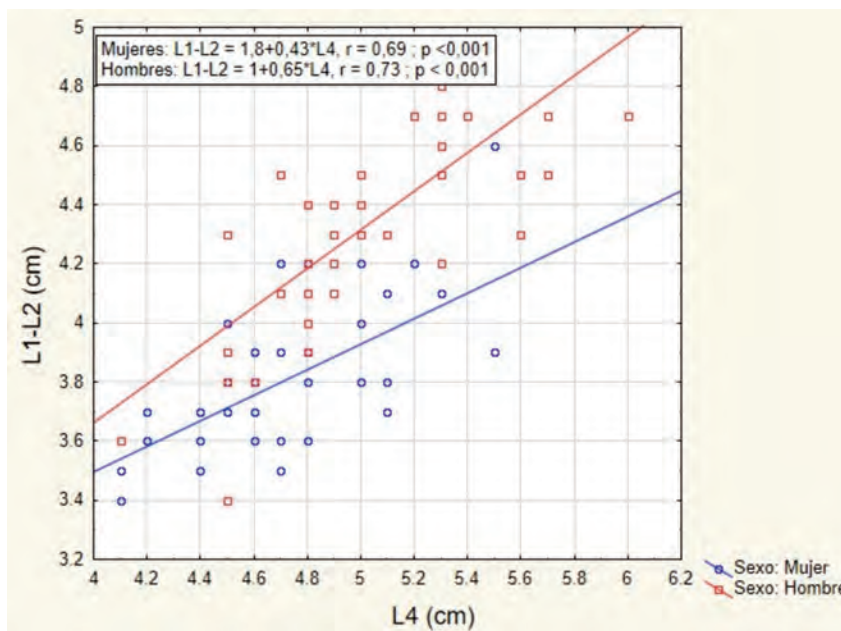
La talla, S L1-L2 y L4 son significativamente mayores en los hombres (Tabla 1).

El ancho del S L1-L2 correlaciona significativamente con la talla y con el ancho de L4 en toda la población:  $r = 0,5$  y  $r = 0,75$  respectivamente ( $p < 0,001$ ). Dicha regresión deja de ser significativa con respecto a la talla al separar por sexos. Por el contrario ancho S L1-L2 correlaciona con L4 ( $r = 0,73$  hombres,  $r = 0,69$  mujeres,  $p < 0,001$  para ambos, con un mayor coeficiente de regresión en hombres (Figura 1).

**Tabla 1.** Talla, ancho S L1-L2 y L4 en toda la población y en cada sexo (Media  $\pm$  DS)

	Todos	Hombres	Mujeres	p*
Talla (cm)	164 $\pm$ 8	169 $\pm$ 7	159,3 $\pm$ 80	<0,001
Ancho S L1-L2 (cm)	4 $\pm$ 0,40	4,32 $\pm$ 0,23	3,78 $\pm$ 0,23	<0,001
L4 (cm)	4,8 $\pm$ 0,40	5 $\pm$ 0,37	4,66 $\pm$ 0,38	<0,001

\*Diferencias entre hombres y mujeres

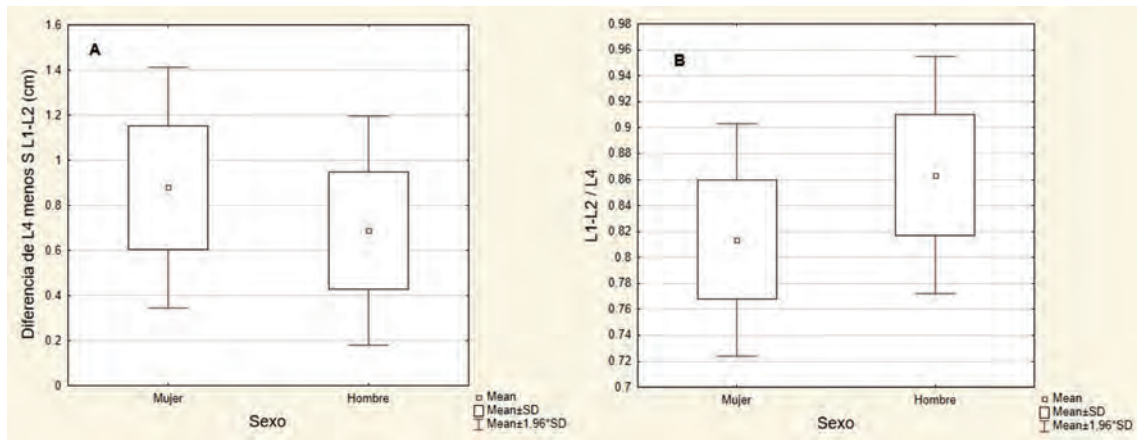


**Figura 1.** Regresión S L1-L2 vs L4 en mujeres y hombres. Ambos sexos tienen similar coeficiente “r” de correlación, pero la variación de S L1-L2 por cada unidad de variación de L4 expresada en los respectivos coeficientes de regresión, es mayor en hombres que en mujeres.

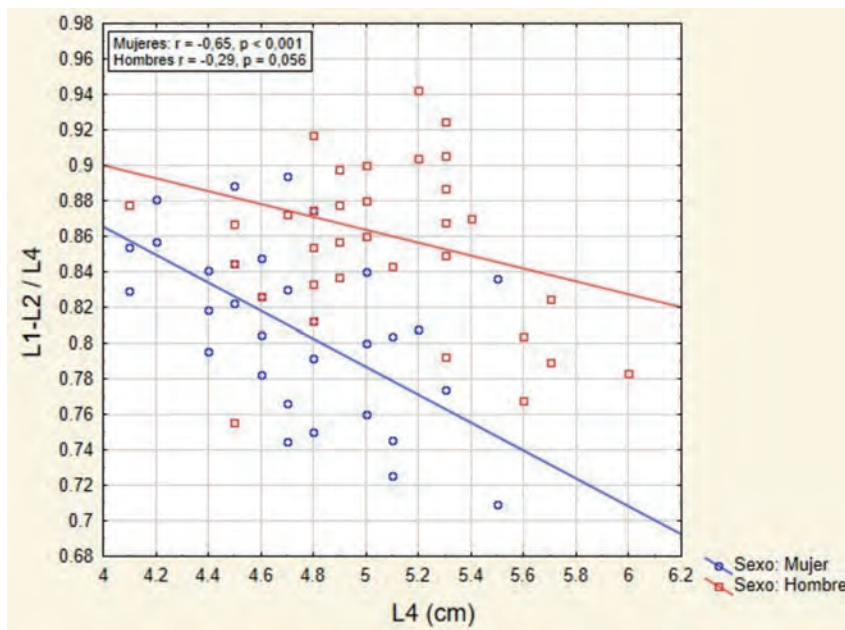
**Tabla 2.** Ancho S L1-L2 en distintos modelos de ajuste además de sexo (Media  $\pm$ ES)

	Hombres	Mujeres	p*
Sexo +talla (cm)	4,28 $\pm$ 0,05	3,81 $\pm$ 0,04	< 0,001
Sexo + L4 (cm)	4,22 $\pm$ 0,03	3,87 $\pm$ 0,03	< 0,001
Sexo + talla y L4 (cm)*	4,22 $\pm$ 0,03	3,86 $\pm$ 0,03	< 0,001

\*La talla deja de ser un determinante del ancho de L1-L2 en este modelo de ajuste



**Figura 2.** A. Media  $\pm$  DS de la diferencia L4 menos S L1L2 en hombres y mujeres. B. Media  $\pm$  DS del cociente S L1L2 / L4 en hombres y mujeres.



**Figura 3.** Regresión del cociente SL1-L2 / L4 vs L4 en hombres y mujeres. El ancho relativo de S L1-L2 con respecto a L4 disminuye más en mujeres a medida que aumenta L4.



La regresión multivariada de L1-L2 como variable dependiente vs sexo, talla y L4 como variables explicativas, mejora el coeficiente de correlación ( $R = 0.86$ ) con los siguientes coeficientes de regresión  $\beta \pm ES$ : L4  $0.56 \pm 0.062$   $p < 0.001$ , sexo:  $0.46 \pm 0.069$   $p < 0.001$ , talla: NS. La diferencia de ancho entre L4 y el S L1-L2 es  $0.88 \pm 0.27$  cm en las mujeres y  $0.69 \pm 0.26$  cm en los varones;  $p < 0.001$  (Figura 2 A), diferencia que continua significativa ajustando ancho de S L1-L2 a L4 y talla (Tabla 2).

El ancho relativo de S L1-L2 con respecto al ancho de L4 (S L1-L2/L4) es significativamente menor en las mujeres que en los hombres ( $0.81 \pm 0.04$  y  $0.86 \pm 0.04$  respectivamente,  $p < 0.001$ ) (Figura 2 B). La regresión de ese parámetro (ancho S L1-L2/L4) vs L4 tiene signo negativo en ambos sexos pero con un valor absoluto del coeficiente de regresión mayor en las mujeres (Figura 3).

## Discusión

Las diferencias entre sexos del ancho del segmento L1-L2 (SL1-L2) y L4 medidos por DXA del presente estudio están en consonancia con la diferencias del área vertebral medida por TAC en estudios de otros autores.<sup>3,4</sup> Esto, además de la buena correlación entre ambas mediciones observada en un estudio previo<sup>7</sup> avala la posibilidad de utilizar el ancho vertebral medido por DXA como un subrogado confiable de su área.

Las vértebras son más pequeñas en las mujeres que en los hombres y esta diferencia no está determinada por la talla. El presente trabajo presenta evidencia original de una diferencia ontogénica en el desarrollo de la columna, por lo menos, a nivel toracolumbar (SL1-L2) con respecto a L4, vértebra que muestra la menor diferencia entre sexos. Efectivamente ambos sexos muestran que SL1-L2 es menor que L4, manteniendo una significativa proporcionalidad con esa vértebra pero con un coeficiente de regresión menor en las mujeres como lo muestra la figura 1. La figura 3 permite ilustrar esa relación mediante un análisis diferente, al mostrar que a medida que L4 aumenta, el SL1-L2 lo hace en menor medida en las mujeres que en los hombres.

Esto tendría implicancias biomecánicas, por las que las fracturas vertebrales son más frecuentes en la región toracolumbar en las mujeres.<sup>3-5</sup> Dentro de lo multifactorial de las

fracturas vertebrales, esta particularidad sería un factor más que justificaría la mayor susceptibilidad a las fracturas en las mujeres.

El área de la sección axial de las vértebras es un atributo fundamental que contribuye a la fortaleza para soportar fuerzas compresivas a las que son sometidas en su historia funcional cotidiana. El riesgo de colapso de las vértebras aumenta cuando la relación: máxima capacidad de soportar una fuerza compresiva/fuerza ejercida (cociente conocido como "factor de seguridad") se acerca a 1 o es menor de 1.<sup>2,3</sup>

El numerador de este cociente está determinado por la calidad del material óseo (que entre otros factores incluye la DMO volumétrica) y el área de la menor sección axial vertebral (centro de la vértebra).<sup>3</sup> Las vértebras aumentan el área en sentido caudal por lo que L4 es más fuerte que sus vecinas en sentido cefálico.<sup>8</sup> A igual calidad del material el aumento del área aumenta la rigidez estructural de la vértebra y disminuye el stress (fuerza por unidad de área) de la fuerza actuante.<sup>2,3,9</sup> Estimaciones con respecto al denominador calculan que las cargas resultantes del peso del tronco corporal y de la actividad muscular de diversas actividades cotidianas, también aumentan en sentido caudal y son de mayor magnitud en varones que en mujeres, pero en virtud que las vértebras de la transición toracolumbar son más pequeñas en mujeres, el factor de seguridad se encuentra particularmente comprometido en ellas.<sup>2</sup> Estos argumentos están basados en la "teoría de la compresión de columnas (vigas)". Por otra parte la fuerza requerida por los músculos paraespinales y transmitidas a las vértebras para estabilizar la columna vertebral durante la flexión anterior es inversamente proporcional al tamaño de las mismas<sup>4,5</sup>, contribuyendo también a disminuir el factor de seguridad mencionado.

## Conclusiones

El presente estudio se distingue de los demás en llegar con la metodología DXA, más ampliamente disponible, a conclusiones similares a las obtenidas utilizando TAC.

En consonancia con lo ya conocido, observamos, que las mujeres tienen en promedio vértebras más pequeñas que los hombres. La diferencia de tamaño no es uniforme en las vértebras lumbares, siendo el segmento L1-L2 particularmente menor comparado con L4.

Estas diferencias estructurales entre mujeres y hombres deben ser consideradas para explicar, dentro del contexto multifactorial de las fracturas vertebrales, la mayor incidencia de éstas en el sexo femenino, en particular de L1 y L2.

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Recibido: noviembre de 2018

Aceptado: diciembre de 2018

---

## Referencias

1. Siminoski K, Lee K-C, Jen H, et al. Anatomical distribution of vertebral fractures: comparison of pediatric and adult spines. *Osteoporosis Int.* 2012; 23: 1999-2008.
2. Bruno AG, Burkhart K, Allaire B, Anderson DE, Bouxsein ML. Spinal loading patterns from biomechanical modeling explain the high incidence of vertebral fractures in the thoracolumbar region. *J Bone Miner Res.* 2017; 32(6):1282-1290
3. Bouxsein ML, Melton LJ 3rd, Riggs BL, Muller J, Atkinson EJ, Oberg AL, et al. Age and sex-specific difference in the factor of risk for vertebral fracture: A population-based study using QCT. *J Bone Miner Res* 2006; 21:1475-1482.
4. Gilsanz V, Boechat R, Gilsanz R, Loro ML, Roe TF, Goodman WG. Gender differences in vertebral size in adults: biomechanical implications. *Radiology* 1994; 190: 678-83.
5. Gilsanz V, Loro ML, Roe TF, Sayre J, Gilsanz R, Schulz EE. Vertebral size in elderly women with osteoporosis: Mechanical implications and relationship to fractures. *J Clin Invest* 1995; 95: 2332-37.
6. Bruno AG, Broe KE, Zhang X, Samelson EJ, Meng CA, Manoharan R, et al. Vertebral size, bone density, and strength in men and women matched for age and areal spine BMD. *J Bone Miner Res* 2014; 29: 562-569
7. Claus-Hermberg H, De Luca S, Troncoso F, Lozano MP, Rey M, Boffa S, et al. Densidad Ósea Volumétrica vertebral obtenida sin fantoma en estudios de rutina de tomografía computada de abdomen: correlación con los valores medidos por densitometría ósea areal por rayos X. *Actual. Osteol.* 2016; 12:180 -187.
8. Buck A M, Price RI, Sweetman IM, Oxnard CE. An investigation of thoracic and lumbar cancellous vertebral architecture using power-spectral analysis of plain radiographs. *J Anat* 2002; 200: 445-456.
9. Turner CH, Burr DB. Basic bio mechanical measurements of bone: A tutorial. *Bone* 1993; 15: 595-608.