



# Localización del cono medular por resonancia magnética en una población mexicana

Luis Gerardo Domínguez Gasca,<sup>1</sup> Jorge Magaña Reyes,<sup>2</sup> Jorge Mora Constantino,<sup>3</sup>  
José Luis Alcocer Maldonado,<sup>4</sup> Luis Gerardo Domínguez Carrillo<sup>5</sup>

## Resumen

**Introducción:** Existen varios estudios tanto de imagenología como en autopsias sobre la variación de la altura del cono medular. **Objetivo:** Determinar la altura del cono medular en adultos en una población mexicana. **Material y métodos:** Medición de la altura del cono medular en una muestra de 500 adultos mayores de 18 años, con resonancia magnética. **Resultados:** En muestra de 500 pacientes, 238 femeninos (47.6%) y 262 masculinos (52.4%), con edad promedio de 46 años (rango de 18 a 72), se observó variación de la altura del cono medular desde la mitad inferior de T1 al espacio L2-L3, con predominio de localización de la mitad inferior de L1 ( $n = 164$ ), 45.8%, y del espacio L1-L2 ( $n = 152$ ), 30.3%, sin diferencias en relación a edad ni género. Cuando el cono medular se localizó inferior al espacio L1-L2, se observó diferencia estadísticamente significativa ( $p$  de 0.05 y 0.03) a favor del género femenino. **Conclusiones:** El cono medular se localizó a la altura de la mitad inferior de L1 y el espacio L1-L2 en 76% de los casos, sin diferencia entre géneros ni edad, siendo predominante su localización inferior a estos niveles en el género femenino de la muestra estudiada.

**Palabras clave:** Cono medular, resonancia magnética.

## Summary

**Introduction:** There are several studies of imaging and autopsies of medullary cone height variation. **Objective:** To determine the height of the medullary cone in adults in a Mexican population. **Material and methods:** Measurement of medullary cone height in a sample of 500 adults over 18 years old, with magnetic resonance imaging. **Results:** In a sample of 500 patients, 238 female (47.6%) and 262 male (52.4%), with a mean age of 46 years (range from 18 to 72), it was observed a variation of the medullary cone height from the lower half of T1 to the L2-L3 space, with a predominance of the lower half of L1 ( $n = 164$ ), 45.8%, and of the L1-L2 space ( $n = 152$ ), 30.3 %, with no differences in relation to age or gender. When the medullary cone was located at level lower than L1-L2 space, a statistically significant difference ( $p$  of 0.05 and 0.03) was observed in the female gender. **Conclusions:** Medullary cone was located at the lower half of L1 and the L1-L2 space in 76% of the cases with no difference between genders or age, their predominance being below these levels in female gender at the studied sample.

**Key words:** Medullary cone, magnetic resonance.

<sup>1</sup> Traumatología y Ortopedia. Hospital General León. León, Guanajuato, México.

<sup>2</sup> Radiólogo. Departamento de Imagenología. Hospital Ángeles León. León, Guanajuato, México.

<sup>3</sup> Radiólogo. Jefe del Departamento de Imagenología del Hospital Ángeles León. León, Guanajuato, México.

<sup>4</sup> Neurocirujano. División de Cirugía. Hospital Ángeles León. León, Guanajuato, México.

<sup>5</sup> Especialista en Medicina de Rehabilitación. Facultad de Medicina de León. Universidad de Guanajuato. México.

Correspondencia:

Luis Gerardo Domínguez Carrillo

Correo electrónico: lgdominguez@hotmail.com

Aceptado: 18-09-2017.

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medicgraphic.com/actamedica>

## INTRODUCCIÓN

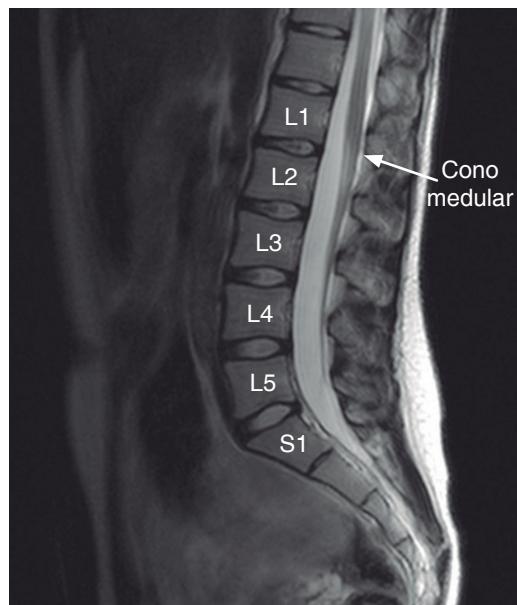
La localización de la altura del cono medular ha sido motivo de muchos estudios a lo largo del tiempo,<sup>1-4</sup> tanto de imagenología en pacientes vivos como revisiones en cadáveres.<sup>5-7</sup> Las variaciones reportadas en su localización van desde el espacio intervertebral T11-T12 hasta el espacio L2-L3, siendo su localización con más frecuencia observada a nivel del espacio L1-L2.<sup>8</sup> Al respecto, efectuamos una revisión de los estudios realizados, no encontrando ninguno en población mexicana, además de enfrentarnos en 2013 a un caso de lesión del cono medular ocasionado durante anestesia espinal, el cual reportamos en Acta Médica en 2014.<sup>9</sup> Por lo anterior, a partir de 2013 solicitamos al Departamento de Imagenología del Hospital Ángeles León recabar en su reporte radiológico la altura del cono medular en aquellos pacientes en que se efectuara resonancia magnética de columna lumbosacra, siendo el motivo de este reporte médico.

## MATERIAL Y MÉTODOS

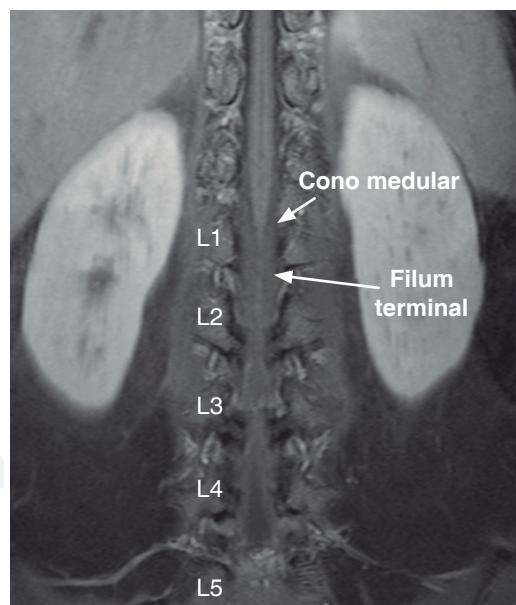
Todos los estudios de resonancia magnética (RM) de columna lumbosacra realizados en el Hospital Ángeles León de junio de 2013 a junio de 2017, efectuados en pacientes mayores de 18 años, independientemente del género en el que fue solicitada la RM por motivo de lumbalgia, con o sin datos de compresión radicular. Los

criterios de exclusión fueron: traumatismo de columna, lesión medular, presencia de escoliosis (desviación de columna mayor de 10° en el plano frontal), presencia o antecedentes de tumor, cirugía de columna previa al estudio, presencia de alteraciones estructurales importantes de vértebras dorsales o lumbares.

Las imágenes fueron adquiridas en equipo de 1.5 teslas marca Siemens Symphony, Erlangen, Alemania. Todas las mediciones fueron efectuadas en secuencias sagitales y coronales, ponderadas en T1 y T2, con y sin saturación grasa, así como por inversión-recuperación con atenuación de fluidos (FLAIR) (*Figuras 1 y 2*). La posición del cono medular fue definida como el punto más distal de la médula espinal que pudo ser visualizado en los planos sagital y coronal, señalando su localización en relación a la columna ósea en el plano sagital, tomando como referencias la mitad superior o inferior de la vértebra T12, el espacio T12-L1, la mitad superior o inferior de la vértebra L1, el espacio L1-L2, la mitad superior o inferior de la vértebra L2, el espacio L2-L3 y la mitad superior de la vértebra L3. Todas las mediciones fueron realizadas por dos radiólogos certificados. Para el análisis estadístico se utilizó:  $\chi^2$  en variables dicotómicas cualitativas (género) y ordinales (altura del cuerpo vertebral), así como prueba exacta de Fisher cuando fue necesario, con el programa SPSS versión 20 para Windows y el índice kappa para valorar la concordancia entre las observaciones de los radiólogos.



**Figura 1:** Imagen de resonancia magnética en secuencia sagital turbo espín eco, ponderada en T2 que revela la altura del cono medular a nivel de L1.



**Figura 2:** Secuencia coronal turbo espín eco ponderada en T1 con saturación grasa; nótese la morfología del cono medular y la prolongación del *filum terminale*.

## RESULTADOS

Se trabajó con un conjunto de 500 pacientes con promedio de edad de 46 años y rango de 18 a 72 años, correspondiendo al género femenino el 47.6% (n = 238) y al masculino el 52.4% (n = 262). La muestra presentó una curva de distribución normal. Se observó variación de la altura del cono medular desde la mitad inferior de la vértebra T12 al espacio intervertebral L2-L3, con predominio de localización en la mitad inferior del cuerpo vertebral de L1 en 45.8% (n = 164), siguiéndole en frecuencia la localización a nivel del espacio intervertebral L1-L2 (n = 152, 30.3%), sumando entre ambos 316 casos, correspondiendo al 76.1%, sin diferencias en relación a edad ni género. Cuando el cono medular se localizó a nivel de la mitad superior o inferior de L2, se observó diferencia estadísticamente significativa (p de 0.05 y 0.03, respectivamente) a favor del género femenino (*Tabla 1*). La concordancia de mediciones efectuadas por los dos radiólogos mostró índice kappa de 0.93.

## DISCUSIÓN

En comparación con lo reportado por prácticamente todos los estudios iniciales que utilizan resonancia magnética (RM),<sup>1-3</sup> en los cuales se divide al cuerpo vertebral en tercios, en este estudio se clasificó de manera diferente la localización de la altura del cono medular en relación a la columna ósea, ya que, de acuerdo a la evolución embrionológica de los cuerpos vertebrales, éstos se forman a partir de la migración del esclerotoma paraxial durante la cuarta semana, existiendo posteriormente una resegmentación,

pues la mitad caudal de cada esclerotoma crece y se fusiona con la mitad cefálica del esclerotoma subyacente, quedando conformada cada vértebra por la mitad caudal de un somita y la mitad craneal del siguiente; por otra parte, las células mesenquimales situadas entre las porciones cefálica y caudal del segmento del esclerotoma original no proliferan, ocupando el espacio entre dos cuerpos vertebrales y contribuyendo a la formación del núcleo pulposo que, junto con el anillo fibroso, constituyen el disco intervertebral;<sup>10</sup> por lo anterior, se consideró en este trabajo dividir a las vértebras en mitad superior e inferior, ya que, además, las arterias intersegmentarias pasan a mitad de cada cuerpo vertebral, siendo una división embrionológica y anatómica, a diferencia de otros reportes en los que la vértebra es dividida en tres o cuatro partes.

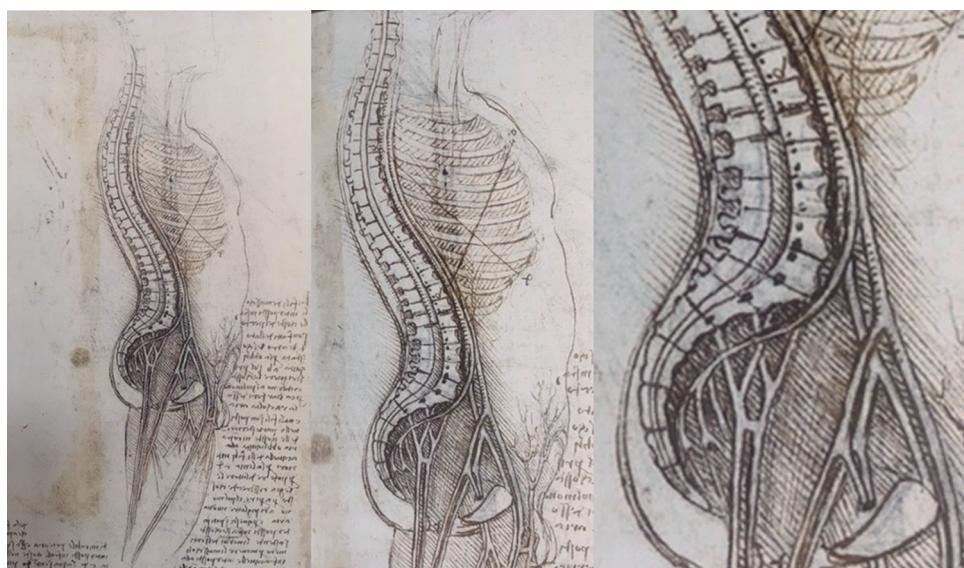
La relación de la longitud del canal vertebral y de la médula espinal es semejante en el embrión con longitud de 30 mm; posteriormente, la columna vertebral crece más rápido que la médula espinal, encontrándose el cono medular, por estudios de ultrasonido, a nivel de la vértebra L3 en la semana 14 y en L2 entre las semanas 18 y 20. Después de la semana 21, en 96% de los fetos el cono medular se sitúa a nivel del borde superior del cuerpo vertebral L2,<sup>11,12</sup> siendo homóloga a la del adulto; en el estudio de Huang et al.,<sup>13</sup> efectuado en 2014 con resonancia magnética en 141 fetos entre la semana 16 y 39 de gestación, se reporta la localización del CM desde L5 a L1, respectivamente, encontrándose más craneal conforme avanza la gestación.

En cuanto a localización del CM, Leonardo da Vinci indica la terminación del cono medular a nivel de la vértebra L1 (*Figura 3*) en el magnífico esquema de disección realizado

**Tabla 1:** Distribución de la altura del cono medular por resonancia magnética en 500 casos.

V	N	%	G	N	%	%T	G	N	%	%T	p
T12-S	0	0.00	F	0	0.00	0.00	M	0	0.00	0.00	
T12-I	10	2.00	F	4	40.0	0.80	M	6	60.0	1.20	NS
T12-L1	45	9.00	F	23	51.1	4.60	M	22	48.9	4.40	NS
L1-S	65	13.0	F	30	46.1	6.00	M	35	53.9	7.00	NS
L1-I	164	45.8	F	112	48.9	22.4	M	82	51.1	23.4	NS
L1-L2	152	30.3	F	72	47.3	14.4	M	80	52.7	16.0	NS
L2-S	53	10.6	F	31	58.5	6.20	M	22	41.5	4.40	0.05
L2-I	9	1.80	F	6	66.6	1.20	M	3	33.4	0.60	0.03
L2-L3	2	0.40	F	2	0.40	0.20	M	0	0.00	0.00	0.03
L3-S	0	0.00	F	0	0.00	0.00	M	0	0.00	0.00	NS
Total	500	100	F	238	-	47.6	M	262	-	52.4	NS

V = Vértebra; N = número; G = Género; F = Femenino; M = Masculino; %T = Porcentaje en relación al total; p = valor de p; NS = No significativo estadísticamente. S = mitad superior del cuerpo vertebral; I = mitad Inferior del cuerpo vertebral.

**Figura 3:**

Estudio anatómico de la columna vertebral y de la médula espinal, realizado por Leonardo da Vinci entre 1506 y 1508. El Artista coloca la terminación de la médula espinal (cono medular) a nivel de la mitad inferior de L1 (acercamientos de la misma imagen).

en el siglo XVI (entre 1506 y 1508);<sup>14</sup> llama la atención que no exista reporte alguno al respecto del CM en *De Humanis Corporis Fabrica* de Andrés Vesalio. Los primeros reportes científicos de localización del cono medular fueron hechos en cadáveres; como dato histórico, el más antiguo corresponde a Thomson, en 1893,<sup>15</sup> siguiéndole otros en la mitad inicial del siglo XX,<sup>5-7</sup> concordando que el CM se localiza entre T11 y L3 con promedio de localización a nivel del disco intervertebral L1-L2 o en el tercio superior de L2. Con el advenimiento de la resonancia magnética, la localización del CM se facilitó; sin embargo, existen reportes recientes como el de Kwon et al.<sup>16</sup> que indican nula correlación exacta entre los resultados de RM y estudios en cadáver (observando promedio de localización en el 1/3 superior de L2 en cadáveres), a diferencia de los estudios con RM, en los cuales el CM se localiza más cerca del cráneo (con promedio de localización en 1/3 medio de L1), corroborado en el trabajo de Soonwook et al.<sup>17</sup> Al respecto, Gatonga et al.,<sup>18</sup> en 112 cadáveres de población africana, localizaron el CM en el tercio superior de L2 en 51.9 % de los casos. Por otra parte, en los estudios en cadáver no se encuentran diferencias en relación al género, mientras que, en los reportes de RM en el género femenino, el CM se localiza más caudalmente. Las explicaciones propuestas indican que en el género femenino los cuerpos vertebrales disminuyen en altura con la edad y, por otra parte, en los estudios de autopsia, cambios como el *rigor mortis* pueden modificar la altura de CM.

Al comparar el presente estudio con ocho de los reportes más recientes<sup>3,16,19,20-24</sup> del 2009 al 2017 (*Tabla 2*), llama la atención que cinco de ellos son de Medio Oriente, y tres orientales (India y Corea); en todos ellos,

incluyendo el presente, la localización del CM presenta una curva de distribución normal, con variación entre el 1/3 superior de T12 al espacio intervertebral L2-L3. En cuanto al sitio más frecuente de localización de CM, se observa variación según el estudio consultado, desde el tercio superior de L1 (un reporte), tercio medio de L1 (tres reportes); tercio inferior de L1 (tres reportes) y espacio intervertebral L1-L2 (dos reportes), específicamente en mujeres; en el presente estudio, la localización más frecuente del CM fue la mitad inferior de L1, siguiéndole el espacio L1-L2, concordando con siete de los estudios confrontados. El reporte de Wilson y Prince<sup>25</sup> con RM en población americana en 1989, al igual que el reporte de Hara<sup>26</sup> de 1987 en población japonesa y las mediciones de Saifuddin et al.<sup>1</sup> en 1998 con población británica, concuerdan con los reportes más recientes de 2009 a 2017. Cuatro de los estudios recientes coinciden con el presente trabajo en que la localización del CM es más caudal en el género femenino. Es de notar que ninguno de los reportes recientes, incluyendo el presente, indican la presencia del CM a nivel de L3; sin embargo, en el estudio de Shiraishi y Matsumura,<sup>27</sup> efectuado en 60 cadáveres, el CM se localizó a nivel del cuerpo vertebral de L3 en 3.5% de los casos (con las aclaraciones antes anotadas de su localización más caudal en cadáveres).

Otros datos importantes a tomar en cuenta son que, de acuerdo a los reportes de Sun et al.<sup>28</sup> y de Hesarikia,<sup>29</sup> la altura del CM no se modifica en presencia de escoliosis, y, de acuerdo con el estudio de Zhaoyu et al.<sup>30</sup> tampoco existen modificaciones del CM en presencia de canal estrecho. También es de tomarse en cuenta el trabajo de Kim et al.,<sup>31</sup> el cual indica que la distancia entre el CM y la

**Tabla 2:** Estudios de localización de la altura del cono medular con resonancia magnética.

Autor	Año	País	N	X edad años	F/%	M/%	LOC FREC.	Variación	Observación
Rahmani M et al. <sup>3</sup>	2009	Irán	189	51	117/61.9	72/38.1	1/3 med L1	1/3 sup T12 a 1/3 med L2	+ caudal en femenino
Moussallem CD et al. <sup>19</sup>	2014	Líbano	141	NE	70/49.6	71/51.4	1/3 sup L1	1/3 sup T11 1/3 sup L2	NE
Rostamzadeh A et al. <sup>20</sup>	2015	Irán	350	40	151/42.8	199/57.2	1/3 inf L1	1/3 med T12 1/3 inf L1	No hay diferencia en géneros
Karabulut O et al. <sup>21</sup>	2016	Turquía	607	41.5	293/48.2	314/51.8	esp L1-L2	T12- esp L2-L3	NE
Nasr AY <sup>22</sup>	2016	Egipto	200	41	100/50	100/50	M 1/3 inf L1 F esp L1-L2	1/3 inf T12-esp L2-L3	En cadáver 1/3 inf L1 + caudal en femenino
Preeti y Chaturvedi <sup>23</sup>	2016	India	71	41.5	NE	NE	1/3 inf L1	esp T12-L1 a esp L2-L3	No hay diferencia en géneros
Kwon S et al. <sup>16</sup>	2016	Corea	248	43.3	NE	NE	1/3 med L1	1/3 inf T12 a 1/3 inf L1	En cadáver 1/3 sup L2 CM + alto en RM + caudal en femenino
Sharma BK et al. <sup>24</sup>	2017	India	63	44.3	31/49.2	33/50.8	1/3 med L1	1/3 sup T12 a esp L2-L3	+ caudal en femenino
Domínguez et al.	2017	México	500	46	238/47.6	262/52.4	1/2 inf L1	1/2 inf T1 esp L2-L3	+ caudal en femeninos

N = Número de casos; X = promedio; F = Femenino; M = Masculino; LOC FREC = Localización más frecuente; 1/3 inf, med, sup = Tercio superior, medio, inferior vertebrales; esp = Espacio intervertebral. CM = cono medular.

línea de Tuffier es menor en el género femenino que en el masculino, con significancia estadística ( $p < 0.001$ ), siendo más amplia en aquellos pacientes con sacralización que en situación de lumbarización; por otra parte, la altura del CM puede variar en relación a discartrosis u osteoporosis, presentándose más caudalmente, lo que implica mayor atención ante la aplicación de anestesia espinal.<sup>32</sup> Es de especial importancia notar que la línea de Tuffier se modifica en la mujer gestante, por lo que la distancia entre el CM y esta referencia se puede ver alterada de manera estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ).<sup>33</sup> Lo anterior está en relación con el índice de Delmas (relación de longitud alcanzada del raquis y la altura medida desde el atlas hasta la cara superior de S1), ya que un raquis con curvaturas acentuadas (como en la gestante) presenta el índice de Delmas inferior a 94, lo que significa que su longitud desarrollada es mayor que su altura, mientras que un raquis con curvaturas poco acentuadas (casi rectilíneo) posee un índice superior al 96.<sup>34</sup>

## CONCLUSIONES

En la muestra de población mexicana estudiada, la localización del cono medular se encuentra con más frecuencia a nivel de la mitad inferior del cuerpo vertebral de L1, siguiéndole en frecuencia el espacio intervertebral L1-L2, alcanzando entre ambos el 76% de los casos, con variación de presentación entre la mitad inferior de T12 al espacio L2-L3, además de localizarse en forma más caudal entre las mujeres. Los datos obtenidos concuerdan con la mayoría de las observaciones reportadas en otros países.

## REFERENCIAS

1. Saifuddin A, Burnett SJ, White J. The variation of position of the conus medullaris in an adult population. A magnetic resonance imaging study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998; 23 (13): 1452-1456.
2. Demiryürek D, Aydingöz U, Aksit M, Yener N, Geyik PO. MR imaging determination of the normal level of conus medullaris. *Clin Imaging*. 2002; 26 (6): 375-377.

3. Rahmani M, Samghabadi MAS, Bozorg SM. Magnetic resonance imaging based determination of conus medullaris position in adults. *Research Journal of Biological Sciences*. 2009; 4 (2): 157-159.
4. Soleiman J, Demaerel P, Rocher S, Maes F, Marchal G. Magnetic resonance imaging study of the level of termination of the conus medullaris and the thecal sac: influence of age and gender. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005; 30 (16): 1875-1880.
5. McCotter RE. Regarding the length and extent of the human medulla spinalis. *Anat Rec*. 1916; 10 (9): 559-564.
6. Needles JH. The caudal level of termination of the spinal cord in American Whites and American Negroes. *Anat Rec*. 1935; 63 (4): 417-424.
7. Reimann AF, Anson BJ. Vertebral level of termination of the spinal cord with report of a case of sacral cord. *Anat Rec*. 1944; 83: 127-138.
8. Burbano BH, Belalcázar BE, Fernández TS. Resonancia magnética de la columna lumbar: lo que el radiólogo debe conocer antes de elaborar un reporte. *Anales de Radiología México*. 2014; 13 (3): 292-305.
9. Domínguez-Gasca LG, Sandoval-Larios CG, López-Alcalá LA, Hasslacher-Arellano JF, Mora-Constantino J, Domínguez-Carrillo LG. Lesión del cono medular durante anestesia espinal: un diagnóstico clínico-radiológico. *Acta Med*. 2014; 12 (3): 141-145.
10. Langman S. *Medical embryology*. 10th ed., Buenos Aires, Argentina: Médica-Panamericana; 2007, pp. 144-145.
11. Vettivel S. Vertebral level of the termination of the spinal cord in human fetuses. *J Anat*. 1991; 179: 149-161.
12. Malas MA, Salbacak A, Büyükmumcu M, Seker M, Köylüoğlu B, Karabulut AK. An investigation of the Conus Medullaris termination level during the period of fetal development to adulthood. *Kaibogaku Zasshi*. 2001; 76 (5): 453-459.
13. Huang YL, Wong AM, Liu HL, Wan YL, Lin YC, Chao AS et al. Fetal magnetic resonance imaging of normal spinal cord: evaluating cord visualization and conus medullaris position by T2-weighted sequences. *Biomed J*. 2014; 37 (4): 232-236.
14. Leonardo da Vinci. In: Zöllner F. Koln, Alemania: Taschen ed. 2003. 465-466.
15. Thomson A. Fifth annual report of the committee of collective investigation of the Anatomical Society of Great Britain and Ireland for the year 1893-94. *J Anat Physiol*. 1894; 29 (Pt 1): 35-60.
16. Kwon S, Kim ST, Kim SH, Joo Rhyu JI. The tip level of the conus medullaris by magnetic resonance imaging and cadaver studies in Korean adults. *Korean J Phys Anthropol*. 2016; 29 (2): 47-51.
17. Soonwook Kwon, Tae Sik Kim, Hyung Soo Kim, Im Joo Rhyu. The Tip Level of the Conus Medullaris by Magnetic Resonance Imaging and Cadaver Studies in Korean adults. *Korean J Phys Anthropol*. 2016; 29 (2): 47-51.
18. Gatonga P, Ogeng'o JA, Awori KO. Spinal cord termination in adult Africans: relationship with intercristal line and the transumbilical plane. *Clin Anat*. 2010; 23 (5): 563-565.
19. Moussallem CD, El Masri H, El-Yahchouchi C, Abou Fakher F, Ibrahim A. Relationship of the lumbar lordosis angle to the level of termination of the Conus Medullaris and thecal sac. *Anat Res Int*. 2014; 351769.
20. Rostamzadeh A, Amiriorcid M, Taghi JM, Farzizadeh M, Fatehi D. Prevention of diagnostic errors in position of conus medullaris in adult patients. *IJER*. 2015; 2 (3): 118-125.
21. Karabulut O, Akay H, Karabulut Z, Özrevren H, Saka G, Hatipoglu S. Conus medullaris position in an adult population: analysis of magnetic resonance imaging. *Int J Morphol*. 2016; 34 (4): 1352-1356.
22. Nasr AY. Vertebral level and measurements of conus medullaris and dural sac termination with special reference to the apex of the sacral hiatus: anatomical and magnetic resonance imaging radiologic study. *Folia Morphol (Warsz)*. 2016; 75 (3): 287-299.
23. Preeti, Chaturvedi M. MRI study of level of termination of spinal cord (Conus medullaris). *International Journal of Science and Research (IJSR)*. 2016; 5: 122-124.
24. Sharma BK, Dey R, Kar S, Singh KV. A magnetic resonance imaging study of the variations of position of conus medullaris and thecal sac in the adult population in Sikkim. *Indian J Clin Anat Physiol*. 2017; 4: 8-10. doi: 10.18231/2394-2126.2017.0003.
25. Wilson DA, Prince JR. MR imaging determination of the location of the normal conus medullaris throughout childhood. *AJR Am J Neuroradiol*. 1989; 10: 259-266.
26. Hara K. Changes by age group in the caudal level of termination of the spinal cord in Japanese adults. *Kaibogaku Zasshi*. 1987; 62 (4): 329-333.
27. Shiraishi N, Matsumura G. What is the true location of Jacoby's line? *Okajimas Folia Anat Jpn*. 2006; 82 (4): 111-115.
28. Sun X, Chu WC, Cheng JC, Zhu F, Zhu Z, Yu Y et al. Do adolescents with a severe idiopathic scoliosis have higher locations of the conus medullaris than healthy adolescents? *J Pediatr Orthop*. 2008; 28 (6): 669-673.
29. Hesarikia H, Azma K, Kousari A, Nikouei F. Magnetic resonance imaging investigations of position of conus medullaris in adolescent idiopathic scoliosis as a peripheral neuropathy. *Int J Clin Exp Med*. 2015; 8 (4): 5918-5924.
30. Ba Z, Zhao W, Wu D, Huang Y, Kan H. MRI study of the position of the conus medullaris in patients with lumbar spinal stenosis. *Orthopedics*. 2012; 35 (6): e899-902.
31. Kim JT, Bahk JH, Sung J. Influence of age and sex on the position of the conus medullaris and Tuffier's line in adults. *Anesthesiology*. 2003; 99 (6): 1359-1363.
32. Horsanalı BO, Tekgül ZT, Özkalcanlı MY, Adıbelli ZH, Esen Ö, Duran FY. Radiological evaluation of the line between the crista iliaca (Tuffier's line) in elderly patients. *Turk J Anaesthesiol Reanim*. 2015; 43 (3): 149-153.
33. Kim SH, Kim DY, Han JI, Baik HJ, et al. Vertebral level of Tuffier's line measured by ultrasonography in parturients in the lateral decubitus position. *Korean J Anesthesiol*. 2014; 67 (3): 181-185.
34. Kapandji AI. Cuadernos de fisiología articular. 2da edición, Barcelona, España: Masson, 1991, pp. 24-25.