



Localización adecuada del espacio intervertebral L3-L4 por palpación según el ultrasonido en voluntarios sanos

Lorena Alejandra Cruz Arroyo,¹ José Manuel Athié García,²
Vicente Adalberto Martínez Rosete,³ Francisco Roberto Martínez Cruz³

Resumen

Introducción: La técnica más usada para localizar el espacio intervertebral L3-L4 para bloqueo neuroaxial es la palpación. **Objetivo:** Determinar con ultrasonido la proporción de localización adecuada del espacio L3-L4 por palpación, establecer la proporción de “nivel arriba” y “abajo”, evaluar la asociación entre el índice de masa corporal y la localización inexacta. **Métodos:** Se estudiaron 100 voluntarios sanos de 18 a 75 años; en decúbito lateral izquierdo se procedió a localizar por palpación el espacio intervertebral L3-L4 y se colocó una marca; sin mover al paciente, con la sonda de ultrasonido lineal, se localizaron la apófisis de T12 y el borde superior del sacro, y contando las apófisis espinosas, se identificó el espacio intervertebral marcado. **Resultados:** En 68% de las evaluaciones, la localización por referencias anatómicas era adecuada; el 75% de las ocasiones la marca estaba un “nivel arriba” y 25% un “nivel abajo”; a mayor índice de masa, mayor inexactitud en la localización de este espacio. **Conclusiones:** La localización del espacio intervertebral L3-L4 por palpación tuvo una inexactitud del 32% corroborada por ultrasonido. El mayor índice de masa corporal incrementó la inexactitud de la localización de L3-L4 por palpación.

Palabras clave: Espacio intervertebral, bloqueo neuroaxial lumbar.

Summary

Introduction: The most commonly used technique to locate the intervertebral space L3-L4 for neuraxial blockade is palpation. **Objective:** To determine with ultrasound the ratio of adequate location of the L3-L4 space by palpation, setting the proportion of “level above” and “below”, and to evaluate the association between body mass index and inaccurate location. **Methods:** 100 healthy volunteers aged 18 to 75 years were studied; in the left lateral decubitus, we proceeded to locate by manual palpation the intervertebral space L3-L4 and placed a mark; without moving the patient, with the linear ultrasound probe, the processes of T12 and the top edge of the sacrum were located, and counting the spinous processes, we identified the previously marked intervertebral space. **Results:** In 68% of the evaluations, the mark was adequate; in 75% of these, the landmark was a “level above”, and in 25%, a “level below”; the greater the body mass index, the greater the inaccuracy in locating this space. **Conclusions:** The location of the L3-L4 intervertebral space by manual palpation had a 32% inaccuracy confirmed by ultrasound. A higher body mass index increased the inaccuracy of the location of L3-L4 by palpation.

Key words: Location of the intervertebral space, lumbar neuraxial blockade.

¹ Médico Anestesiólogo. Facultad Mexicana de Medicina. Universidad La Salle.

² Médico Anestesiólogo. Director Médico del Hospital Ángeles Mocel. Profesor titular de la Especialidad de Anestesiología.

³ Médico Anestesiólogo. Profesor adjunto de la Especialidad de Anestesiología. Hospital Ángeles Mocel.

Correspondencia:

Lorena Alejandra Cruz Arroyo

Correo electrónico: lorenacruz@hotmail.com

Aceptado: 18-08-2016.

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

INTRODUCCIÓN

El bloqueo neuroaxial de la columna lumbar es el estándar en los procedimientos obstétricos y ortopédicos de las extremidades inferiores y cuando está contraindicada la anestesia general.¹ En la anestesia regional, incluyendo los bloqueos neuroaxiales, la correcta identificación de las estructuras y los espacios intervertebrales, peridural y subaracnoideo no sólo determina el éxito de la técnica, sino también el inicio de acción, los efectos secundarios y las potenciales complicaciones.²

El cono medular en el adulto se encuentra más a menudo al nivel del cuerpo de la primera vértebra lumbar; sin embargo, su ubicación en cualquier paciente sigue una distribución normal y puede variar desde el centro de T12 hasta el tercio superior de L3.³ El cono medular da lugar al filum terminal. El saco tecal normalmente termina, en promedio, en la segunda vértebra sacra (S2), aunque puede variar desde el borde superior de S1 hasta el borde inferior de S4.⁴ Durante el bloqueo neuroaxial, el anestésico local se inyecta vía epidural o intratecal en un nivel lumbar que se presume está por debajo del cono medular, con el fin de minimizar el riesgo de trauma accidental a la médula espinal; se considera un nivel seguro el espacio intervertebral entre L3 y L4.⁵ Las complicaciones neurológicas de la anestesia neuroaxial relacionadas con trauma incidental al cono medular o al filum terminal son infrecuentes; Yves Auroy reportó que la incidencia de radiculopatía y neuropatía periférica en pacientes obstétricas con anestesia neuroaxial subaracnoidea es relativamente baja (tasa de 2.68 por 10,000), mientras que para la técnica epidural se observa una tasa de incidencia de 3.62 por 10,000.^{6,7} En general, casi siempre son de corta duración y sólo un mínimo porcentaje de ellas son de carácter permanente (1:20,000 anestesia); desafortunadamente, para las personas afectadas implican profundas repercusiones clínicas y limitaciones físicas.⁸

La técnica que más se utiliza para localizar el espacio intervertebral es la palpación guiada por referencias anatómicas; C7 es la primera apófisis espinosa prominente encontrada durante la palpación por la parte posterior del cuello, el siguiente nivel es T1, identificada como la apófisis espinosa más prominente. La vértebra torácica 12 se puede identificar mediante la palpación de la doceava costilla y su unión con ésta.⁹ La línea de Tuffier se define como la línea dibujada a través de lo alto de las crestas ilíacas y que cruza la columna vertebral en el nivel del proceso espinoso de L4 a través del cuerpo vertebral L4 o en el espacio L4-L5,^{10,11} lo que no es absolutamente cierto, ya que el nivel vertebral en la línea intercrestal puede variar desde L3 a S1.¹²

La evidencia sugiere que la técnica de localizar los espacios intervertebrales mediante la guía de las referen-

cias anatómicas mencionadas es imprecisa. Broadbent y colaboradores, en un estudio observacional, compararon la palpación externa con la resonancia magnética y demostraron que la palpación externa podría ser bastante inexacta, ya que los niveles fueron identificados correctamente sólo en 29% de las ocasiones.⁵ Los métodos radiológicos como fluoroscopia, tomografía axial computarizada o resonancia magnética nuclear pueden proporcionar información muy segura y fidedigna del sitio de punción y la anatomía del raquis; sin embargo, son costosos e imprácticos;¹³ de este modo, el ultrasonido de la columna lumbar se vuelve una herramienta práctica, de bajo costo y con posibilidad de ser realizada en la sala de quirófano, ya sea como un escaneo previo al bloqueo o como guía en tiempo real durante él.

El primer informe de punción lumbar guiada por ultrasonido apareció en la literatura rusa en 1971.¹⁴ Halpern, Margarido y sus respectivos equipos determinaron que la curva de aprendizaje asociada con el uso del ultrasonido para identificar con precisión una apófisis espinosa requiere 40 casos para alcanzar la competencia en la ecografía de la columna lumbar.^{15,16} El reconocimiento de patrones es esencial en la interpretación de la sonoanatomía espinal.¹⁷ Los errores en la identificación son más probables en las primeras etapas del aprendizaje^{15,16} y, generalmente, son resultado de una errónea identificación del espacio intervertebral L5-S1¹⁶ o el no reconocimiento de anomalías del desarrollo de la unión lumbosacra, que se producen en aproximadamente el 12% de la población en general;¹⁸ la sacralización de la vértebra L5 es más común (existencia de un grado de fusión entre L5 y el sacro que involucra uno o ambos procesos transversales).¹⁷

Chin y sus colegas describieron una técnica sistemática para la correcta localización del espacio intervertebral guiada por ultrasonido, que consiste en deslizar en sentido caudal la sonda mientras se mantiene una orientación paramedial sagital oblicua hasta que se localice la línea horizontal hiperecótica del sacro; el espacio entre ésta y los dientes de sierra de la lámina L5 es el espacio intervertebral L5-S1 (*Figuras 1 y 2*). Una característica de la lámina L5 es que es más estrecha que otras láminas lumbares. Los otros espacios intermedios lumbares son fácilmente identificados contando hacia arriba de la unión lumbosacra. La identidad de los espacios intervertebrales se puede confirmar mediante la identificación de la vértebra T12 por su articulación con la duodécima costilla y, luego, deslizando la sonda en una dirección caudal para visualizar cada espacio intervertebral sucesivo.¹⁷

Los objetivos del presente estudio fueron determinar la proporción de localización adecuada del espacio L3-L4 por palpación de acuerdo al ultrasonido; establecer la proporción de "nivel alto" y "bajo", así como evaluar la asociación entre el índice de masa corporal y la localización inexacta de dicho espacio.

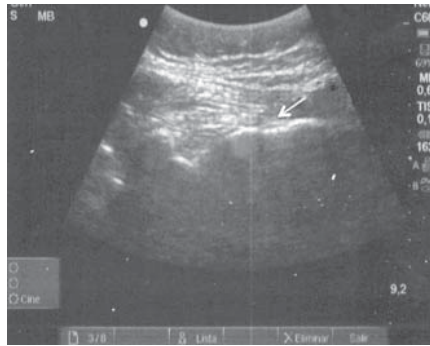
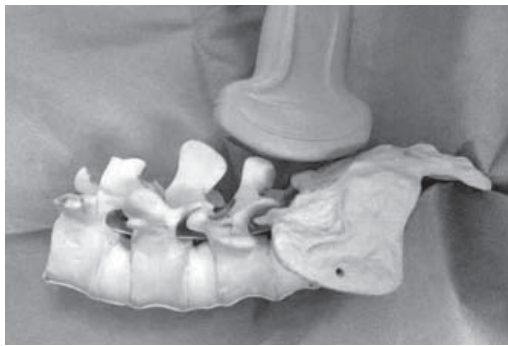


Figura 1.

Corte longitudinal paramedial. Imagen del sacro: línea hiperecoica continua y arqueada con concavidad inferior en la pantalla. (Tomado de: Anestesia neuroaxial guiada por ultrasonografía en la embarazada. *Rev Mex Anest.* 2012; 35 (4): 245-254).

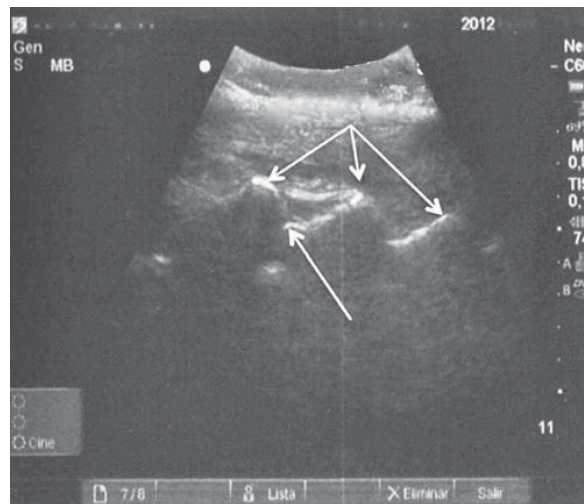
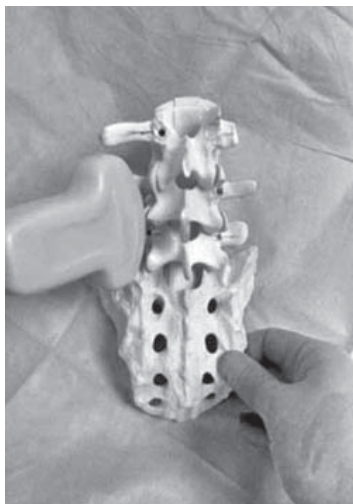


Figura 2.

Abordaje longitudinal paramedial oblicuo. Línea hiperecoica parecida a dientes de sierra. (Tomado de: Anestesia neuroaxial guiada por ultrasonografía en la embarazada. *Rev Mex Anest.* 2012; 35 (4): 245-254).

De acuerdo a la inexactitud obtenida, un segundo trabajo será realizado en un futuro para comparar la analgesia adecuada y disminución de las complicaciones utilizando el ultrasonido para la localización exacta del espacio intervertebral.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio transversal. Participaron 100 voluntarios sin patología de la columna lumbar, de ambos géneros, de 18 a 75 años de edad, trabajadores del Hospital Ángeles Mocel, de junio a diciembre de 2015, con firma de consentimiento informado de cada uno. Aquéllos con cirugía de columna, antecedente de artropatía o embarazo fueron excluidos. Los individuos con cuatro o seis vértebras lumbares detectadas por ultrasonido fueron eliminados. Se utilizó el ultrasonido eZono 300 con sonda lineal 8LA-SC (7.5 MHz) y la báscula de pedestal con estadímetro Bame modelo 420.

Una vez colocada la bata clínica, se tomaron el peso y la talla sin zapatos y, posteriormente, se colocó al paciente en decúbito lateral izquierdo y se procedió a localizar el espacio intervertebral L3-L4 mediante palpación guiada

por referencias anatómicas; se colocó una marca con un plumón para piel. Posteriormente, sin mover al sujeto, se aplicó gel transductor y se colocó la sonda de ultrasonido en plano sagital oblicuo; se realizó un escaneo ecográfico de acuerdo a la técnica reportada por Chin y colaboradores,¹⁷ la cual consiste en localizar el borde superior del sacro, identificar el espacio intervertebral L5-S1 y avanzar contando los espacios en sentido cefálico hasta llegar al espacio intervertebral con la marca colocada previamente, y corroborar su identidad al localizar T12, que cuenta con el proceso articular orientado lateral, proceso espinoso aplanado y posterior, además de su unión a la doceava costilla; de esta forma podemos observar la transición de T12 a L1.

Las mediciones fueron hechas por el investigador principal previo adiestramiento por un experto. Una vez alcanzada una correlación interobservador del 0.95 ($p = 0.01$), se iniciaron las mediciones del estudio.

Los datos se resumieron con promedio y desviación estándar o proporciones de acuerdo al tipo de variable. La asociación entre índice de masa corporal categorizado (normal, sobrepeso y obesidad) y localización adecuada

fue evaluada con una Ji-cuadrada (χ^2) de tendencias. Se consideró significativo un valor de $p < 0.05$. Se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 22 para Windows.

RESULTADOS

Se incluyeron 100 pacientes: 74 del sexo femenino (74%) y 26 del sexo masculino (26%). Las características demográficas se encuentran resumidas en el [cuadro 1](#). Se observaron 36 (36%) individuos con un índice de masa corporal normal, 54 (54%) con sobrepeso, 10 (10%) con obesidad. Se encontró que en 68 (68%) de las evaluaciones, la localización con palpación guiada por referencias anatómicas se encontraba en el sitio indicado corroborado con el escaneo de ultrasonido, y en el 32% de las ocasiones no; de estos 32 sujetos, el 75% de las veces (24 personas) la marca colocada se encontraba un espacio intervertebral por arriba del esperado, es decir, L2-L3, y en el 25% de ellas (ocho pacientes), un nivel intervertebral por debajo del esperado (L4-L5), como se observa en el [cuadro 2](#).

Al aplicar el índice de correlación de Kendall, encontramos un valor Tau-b de 0.614, lo que indica que existe una buena correlación entre la localización por palpación

y la realizada por ultrasonido ($p = 0.000$), como se puede ver en el [cuadro 3](#).

La ji cuadrada (χ^2) de tendencias mostró que a mayor índice de masa corporal, la exactitud de la localización del espacio L3-L4 por clínica disminuye ($p = 0.141$), como se muestra en el [cuadro 4](#) y la [figura 3](#).

DISCUSIÓN

El escaneo ecográfico de la columna lumbar previo al bloqueo neuroaxial ha demostrado tener beneficios clínicos.¹⁹ En su investigación, Vallejo y sus colegas dividieron en dos grupos a 370 parturientas que recibieron bloqueo epidural. Una sección fue sometida a ecografía antes del procedimiento de la columna lumbar y la otra no. La información obtenida de la ecografía fue comunicada al residente que realizó el bloqueo epidural, que posteriormente fue supervisado por un anestesiólogo del *staff* cegado. La tasa de fracaso epidural (definido como analgesia inadecuada que requiere la sustitución de la epidural) fue significativamente menor en el grupo guiado por ultrasonido (1.6 versus 5.5%, $p < 0.02$).²⁰

Para el presente estudio, se realizó la localización del espacio intervertebral L3-L4 con palpación guiada por referencias anatómicas (línea intercrestal, la apófisis espinosa de C7, T12 y línea media) y, posteriormente, sin mover al individuo, se realizó esta misma localización guiada con la sonda de ultrasonido, observando si la localización había sido adecuada o no.

Como lo mencionan en su trabajo Furness y su grupo, quienes realizaron radiografías laterales de columna lumbar a 50 sujetos para comparar la efectividad en la localización de un espacio intervertebral entre la palpación guiada por referencias anatómicas y el escaneo ecográfi-

Cuadro 1. Características demográficas.

Edad (años)	30.91	± 9.67
Peso (kg)	69.52	± 11.51
Talla (m)	1.632	± 0.073
IMC* (kg/m ²)	26.05	± 3.47

* Índice de masa corporal.

Cuadro 2. Tabla de contingencia, ubicación por palpación.*

			Ubicación por USG		
			Correcta	Incorrecta	Total
Ubicación por palpación	Adecuada	Recuento	68	0	68
		% dentro de la ubicación por USG	100.0%	0.0%	68.0%
	Abajo	Recuento	0	8	8
		% dentro de la ubicación por USG	0.0%	25.0%	8.0%
	Arriba	Recuento	0	24	24
		% dentro de la ubicación por USG	0.0%	75.0%	24.0%
Total	Recuento	68	32	100	
	% dentro de la ubicación por USG	100.0%	100.0%	100.0%	
* Ubicación por USG.					

* Ubicación por USG.

Cuadro 3. Palpación.

			Ultrasonido			Total
			L3-4	L2-3	L4-5	
Palpación	L3-4	Recuento	57	2	0	59
		% del total	57.0%	2.0%	0.0%	59.0%
	L2-3	Recuento	4	11	6	21
		% del total	4.0%	11.0%	6.0%	21.0%
	L4-5	Recuento	7	11	2	20
		% del total	7.0%	11.0%	2.0%	20.0%
Total	Recuento		68	24	8	100
	% del total		68.0%	24.0%	8.0%	100.0%

co, las imágenes de ultrasonido acertaron en el 71% de los casos y la palpación sólo en el 30% de las veces.²¹ En nuestro estudio encontramos que, al hacer el escaneo ecográfico, en el 68% de las ocasiones la localización del nivel intervertebral marcado como L3-L4 era adecuada y en el 32% no, por lo que nuestros resultados fueron similares. Watson y sus colaboradores realizaron una investigación pequeña que incluyó sólo 17 personas, donde reportaron la localización correcta del espacio L3-L4 guiado por ultrasonido en cerca del 76% confirmado por resonancia magnética,²² que es el estándar de oro para esta región anatómica. Nuevamente, los resultados son parecidos a los obtenidos en nuestro trabajo.

Otro estudio, el realizado por Schlotterbeck y su equipo, en el que se evaluaron 99 pacientes 24 y 72 horas después de la atención obstétrica con el fin de comprobar con el ultrasonido el nivel de punción reportado por el anestesiólogo en la hoja de registro anestésico, se obtuvo como resultado que sólo en el 36.4% de las ocasiones correspondía, y en el 50% de los casos resultó ser más cefálico de lo reportado en el registro anestésico.²³ En comparación con nuestra investigación, encontramos que en el 75% (24 individuos) de las ocasiones, el espacio marcado como L3-L4 era en realidad L2-L3, y que en el 25% (ocho sujetos) se trataba de L4-L5.

Furness y sus colaboradores también determinaron que la ecografía puede identificar los niveles intervertebrales contando las apófisis espinosas hacia arriba desde el sacro; este método es más preciso que la estimación clínica usando la línea intercrestal;²¹ sin embargo, la precisión de la ecografía se puede mejorar mediante la combinación de un conteo hacia abajo de la vértebra T12 (principalmente identificada por su unión con la duodécima costilla).²⁴ Del mismo modo, Chin y su grupo, en la revisión más grande encontrada al respecto, describieron un procedimiento sistemático basado en el conteo cefálico desde el espacio

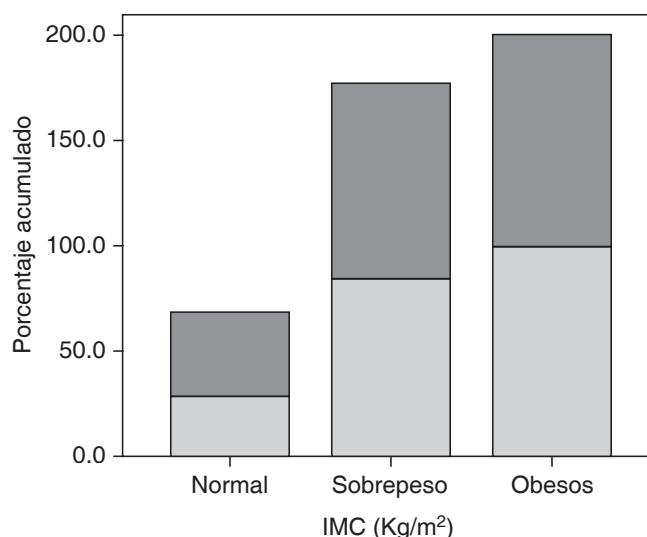
L5-S1, posteriormente corroborado con un conteo hacia abajo de los espacios intervertebrales desde T12;¹⁷ es por esto que en nuestro estudio decidimos realizar un rastreo ecográfico desde T12 y tomar el borde superior del sacro como referencia.

En cuanto a las características demográficas de la población, en nuestro trabajo dimos especial relevancia a la relación existente entre el índice de masa corporal y la localización por referencias anatómicas del espacio intervertebral, y encontramos que la localización fue correcta en 27 de las 36 personas (75%) con un índice de masa corporal normal, en 36 de los 54 pacientes (66.6%) con sobrepeso y en cinco de los 10 individuos (50%) con obesidad. Al aplicar la Ji cuadrada (χ^2) de tendencias encontramos que a mayor índice de masa corporal existe mayor inexactitud en la localización adecuada del espacio intervertebral L3-4 por palpación; del mismo modo, encontramos que la localización correcta de espacio intervertebral fue posible con la guía del ultrasonido en el 100% de estos sujetos. Al respecto encontramos que Saranteas observó en su investigación que en las personas obesas, las imágenes ecográficas de la columna vertebral son de menor calidad;²⁵ sin embargo, Whitty y sus colegas indicaron en su estudio que, como mínimo, las apófisis espinosas (indicando la línea media) y los espacios intervertebrales pueden ser identificados en el escaneo de la columna lumbar de este tipo de pacientes.²⁶

El estándar de oro para la localización adecuada de los espacios intervertebrales es la resonancia magnética; el ultrasonido ha demostrado una correlación de cerca del 80%, pero tiene la ventaja de ser un método no invasivo que se puede aplicar en el quirófano, con el individuo en posición de bloqueo e, incluso, nos da la opción de realizar un bloqueo neuroaxial con guía ecográfica en tiempo real y de fácil acceso al anestesiólogo. La localización

Cuadro 4. Tabla de contingencia, IMC (kg/m²).

			Ubicación por USG		
			Correcta	Incorrecta	Total
IMC (kg/m ²)	Normal	Recuento	27	9	36
		% dentro de la ubicación por USG	39.7%	28.1%	36.0%
	Sobrepeso	Recuento	36	18	54
		% dentro de la ubicación por USG	52.9%	56.2%	54.0%
	Obesos	Recuento	5	5	10
		% dentro de la ubicación por USG	7.4%	15.6%	10.0%
Total	Recuento		68	32	100
	% dentro de la ubicación por USG		100.0%	100.0%	100.0%

Figura 3.

Ubicación por USG

 Correcta
 Incorrecta

adecuada del espacio intervertebral da como resultado un nivel anestésico óptimo y menor número de complicaciones. En la práctica diaria, la técnica más usada para realizar el bloqueo neuroaxial sigue siendo la palpación con referencias anatómicas, la cual ha demostrado, por ultrasonido, tener una exactitud del 40%. La identificación incorrecta del nivel intervertebral tiene especial importancia, ya que está relacionada con lesiones traumáticas a la médula espinal posteriores a la punción dural.^{27,28} Los eventos adversos neurológicos tienen una incidencia con anestesia neuroaxial de 1:10,000 en sujetos de cualquier especialidad;²⁹ Estos eventos pueden dejar secuelas graves

para la persona intervenida y para el anestesiólogo, ya que son la segunda causa de demanda reportada por la ASA.³⁰ Chin y su equipo, en la revisión más grande encontrada en relación a este tema, concluyen que la guía ecográfica es una técnica útil que puede ayudar a hacer más segura la identificación correcta del espacio intervertebral, entre otras cosas; sin embargo, se requiere una formación adecuada y experiencia clínica para aplicarla como una técnica estándar.¹⁴

Nuestro estudio evaluó la proporción de la identificación adecuada del nivel intervertebral lumbar con palpación guiada por referencias anatómicas mediante un escaneo ecográfico. Si bien es cierto que tiene como limitación el hecho de haberse realizado en una población de pacientes sanos de un hospital privado, es de fácil reproducción y aplicación; del mismo modo, sirve como base para futuros estudios en donde se pueda comparar la analgesia adecuada y si disminuyen las complicaciones asociadas.

CONCLUSIÓN

La localización del espacio intervertebral L3-L4 por palpación tuvo una inexactitud del 32% corroborada por ultrasonido. El mayor índice de masa corporal fue un factor que incrementó la inexactitud de la localización de L3-L4 por palpación.

REFERENCIAS

1. Grau T, Leipold RW, Fatehi S, Martin E, Motsch J. Real-time ultrasonic observation of combined spinal-epidural anaesthesia. *Eur J Anaesthesiol.* 2004; 21 (1): 25-31.
2. Asenjo JF. Ecografía para acceder al canal vertebral: mito o realidad. *Rev Mex Anest.* 2008; 31 (Supl. 1): 15-16.
3. 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.

4. Macdonald A, Chatrath P, Spector T, Ellis H. Level of termination of the spinal cord and the dural sac. A magnetic resonance study. *Clin Anat.* 1999; 12 (3): 149-152.
5. Broadbent CR, Maxwell WB, Ferrie R, Wilson DJ, Gawne-Cain M, Russel R. Ability of anaesthetists to identify a marked lumbar interspace. *Anaesthesia.* 2000; 55 (11): 1106-1126.
6. Brull R, McCartney CJ, Chan VW, El-Beheirv H. Neurological complications after regional anesthesia: contemporary estimates of risk. *Anesth Analg.* 2007; 104 (4): 965-974.
7. Auroy Y, Narchi P, Messiah A, Litt L, Rouvier B, Samii K. Serious complications related to regional anesthesia: results of a prospective survey in France. *Anesthesiology.* 1997; 87 (3): 479-486.
8. Navarro JR, Luquetta J, Tejada E. Lesión nerviosa periférica secundaria a anestesia regional subaracnoidea en paciente ginecobstétrica. *Rev Col Anest.* 2009; 37: 71-78.
9. Barash P, Cullen B, Stoelting R. *Clinical Anesthesia.* Cap 25. 5.a ed. Lippincott; 2005.
10. De Figueiredo LG, Almeida MC, Pereira AA. Uso del ultrasonido para determinación del nivel de punción lumbar en embarazadas. *Rev Bras Anesthesiol.* 2010; 60 (1): 8-11.
11. Snider KT, Kribs JW, Snider EJ, Degenhardt BF, Bukowski A, Johnson JC. Reliability of Tuffier's line as an anatomic landmark. *Spine (Phila Pa 1976).* 2008; 33 (6): E161-E165.
12. Hogan QH. Tuffier's line: the normal distribution of anatomic parameters. *Anesth Analg.* 1994; 78 (1): 194-195.
13. Ramírez-Paesano CR, Hachoue-Saliba ZS, Silva-Hernández MC. Anestesia neuroaxial guiada por ultrasonografía en la embarazada. *Rev Mex Anest.* 2012; 35 (4): 245-254.
14. Chin KJ, Perlas A. Ultrasonography of the lumbar spine for neuraxial and lumbar plexus blocks. *Curr Opin Anesthesiol.* 2011; 24: 567-572.
15. Halpern SH, Banerjee A, Stocche R, Glanc P. The use of ultrasound for lumbar spinous process identification: a pilot study. *Can J Anaesth.* 2010; 57: 817-822.
16. Margarido CB, Arzola C, Balki M, Carvalho JC. Anesthesiologists' learning curves for ultrasound assessment of the lumbar spine. *Can J Anaesth.* 2010; 57: 120-126.
17. Chin KJ, Karmakar MK, Peng P. Ultrasonography of the adult thoracic and lumbar spine for central neuraxial blockade. *Anesthesiology.* 2011; 114 (6): 1459-1485.
18. Bron JL, van Royen BJ, Wuisman PI. The clinical significance of lumbosacral transitional anomalies. *Acta Orthop Belg.* 2007; 73: 687-695.
19. Hao Li. The use of ultrasound guidance in lumbar neuraxial blockade. *UWOMJ.* 2013; 82 (2): 12-13.
20. Vallejo MC, Phelps AL, Singh S, Orebaugh SL, Sah N. Ultrasound decreases the failed labor epidural rate in resident trainees. *Int J Obstet Anesth.* 2010; 19 (4): 373-378.
21. Furness G, Reilly MP, Kuchi S. An evaluation of ultrasound imaging for identification of lumbar intervertebral level. *Anaesthesia.* 2002; 57 (3): 277-280.
22. Watson MJ, Evans S, Throp JM. Could ultrasonography be used by an anaesthetist to identify a specified lumbar interspace before spinal anaesthesia? *Br J Anaesth.* 2003; 90: 509-511.
23. Schlotterbeck H, Schaeffer R, Dow WA, Touret Y, Bailey S, Diemunsch P. Ultrasonographic control of the puncture level for lumbar neuraxial block in obstetric anaesthesia. *Br J Anaesth.* 2008; 100: 230-234.
24. Tyl RW, Chernoff N, Rogers JM. Altered axial skeletal development. *Birth Defects Res B Dev Reprod Toxicol.* 2007; 80: 451-472.
25. Saranteas T. Limitations in ultrasound imaging techniques in anesthesia: obesity and muscle atrophy? *Anesthesia & Analgesia.* 2009; 109: 993-994.
26. Whitty RJ, Maxwell CV, Carvalho JC. Complications of neuraxial anesthesia in an extreme morbidly obese patient for Cesarean section. *Int J Obstet Anesth.* 2007; 16: 139-144.
27. Hamandi K, Mottershead J, Lewis T, Ormerod IC, Ferguson IT. Irreversible damage to the spinal cord following spinal anesthesia. *Neurology.* 2002; 59: 624-626.
28. Reynolds F. Damage to the conus medullaris following spinal anaesthesia. *Anaesthesia.* 2001; 56: 238-247.
29. Marrón PM, García PMC. Embarazo y anestesia para cirugía no obstétrica. En: Marrón PM. *Anestesia en la embarazada de alto riesgo.* PAC Anestesia 2. Libro 10. Edición Latinoamericana. México: Ed. Intersistemas; 2000; 3: 24-31.
30. Marrón PM. Eventos adversos de la anestesia neuroaxial ¿Qué hacer cuando se presentan? *Rev Mex Anest.* 2007; 30 (Supl. 1): S357-S375.