

ESTUDIO ANATÓMICO DE LA AMPLITUD DE LOS DISCOS INTERVERTEBRALES Y DE LA ZONA FORAMINAL A NIVEL TORACOLUMBAR EN PERROS ADULTOS

G. O. Alonso^{1*}, J. F. Ramirez¹, F. J. Camacho¹

Artículo recibido: 28 de febrero de 2012; aprobado: 7 de agosto de 2012

RESUMEN

La columna vertebral del perro ha sido utilizada como modelo experimental en medicina humana, y es uno de los animales domésticos más estudiados en medicina veterinaria. Sin embargo, existen limitados datos sobre la amplitud del disco intervertebral (DIV) y el foramen intervertebral (FIV). El propósito de este trabajo es medir cuantitativamente la amplitud de los DIV y FIV, e igualmente, la distancia entre la emergencia de los nervios espinales lumbares y el borde anterior del cuerpo vertebral caudal adyacente o altura del triángulo de seguridad de Kambin (ATK). Se realizó un estudio descriptivo en cinco cadáveres de perros. Se midieron: los diámetros discales ventrales, la distancia entre la emergencia de los nervios espinales y el borde anterior del cuerpo vertebral caudal adyacente (CVCA), y los diámetros de los FIV de los niveles toracolumbares T12 – L6. La amplitud del DIV en el borde ventral fue en promedio de 7,34 mm (SD± 2,209), y la distancia entre los nervios espinales y el borde posterior del DIV, de 3,56 mm (SD 1,366). Los diámetros promedio del FIV fueron en su aspecto craneocaudal de 5,24 mm (SD 1,838) y dorsoventral de 4,73 mm (SD 1,098). Se evidenció para esta muestra una correlación gráfica entre la ATK y la ADIV, y una longitud máxima de todas las estructuras medidas en el segmento L4 – L5. Además, se plantea la posibilidad del desarrollo de instrumentales intradiscales y transforaminales con un diámetro de 3 mm, hechos a medida para caninos a partir de los 10 kg de peso.

Palabras clave: disco intervertebral, foramen, amplitud, morfometría, modelo experimental, perros.

ANATOMICAL STUDY OF INTERVERTEBRAL DISC WIDTH AND DOG'S FORAMINAL ZONE

ABSTRACT

Dog's spine has been used as an experimental model in human medicine and is also one of the most studied animals in veterinary medicine. However, there are limited descriptions of intervertebral disc IV and intervertebral foramen IF width. The purpose of this study is to measure the width of the IV (IVW) and IF and its relations with the

¹ Centro Latinoamericano de Investigación y Entrenamiento en Cirugía de Mínima Invasión (Clemi). Cl. 134 nro. 7B-83 Of. 201, Edificio El Bosque, Bogotá (Colombia). Tel. (571) 6257445, Cel. 3187352834.

* Autor para correspondencia: clemi@clemi.edu.co

exit of the spinal nerves. A descriptive study was performed in 5-dogs' cadavers. Were measured IV width, distance between emerging spinal nerve and the adjacent vertebral body (KTH), and the IF diameters. The IV ventral width average was 7.34 mm (SD 2.209) and distance from the spinal nerve and the posterior edge of IV was 3.56 mm (SD 1.366). The average diameters were, in craniocaudal aspect IF was 5.24 mm (SD 1.838) and dorsoventral was 4.73 mm (SD 1.098). The anatomical relationships of ID and IF are fundamental in the development of approaches and instruments for minimally invasive surgery. For this sample, it showed a graphical relationship between KTH and IDW and a maximum length of all measured structures in L4 – L5. This study raises the possibility of developing instrumental for canine dorsolateral percutaneous approach, made for dogs from 10 kg.

Key words: intervertebral disc, foramen, width, morphometry, experimental model, dogs.

INTRODUCCIÓN

La utilización de la columna vertebral canina como modelo experimental, así como para el desarrollo de procedimientos clínicos en esta misma especie, se ha reportado ampliamente (Fujimaki *et al.* 2006; Ganey *et al.* 2003; Hohaus *et al.* 2008; Meisel *et al.* 2007; Toru *et al.* 2000). Sin embargo, existen limitantes en cuanto a aspectos anatómicos que permitan el desarrollo de nuevos procedimientos, como son los mínimamente invasivos, ya que estos por sus características requieren un mayor detalle en su descripción. La cirugía mínimamente invasiva se aplica en pacientes humanos en el tratamiento de enfermedad degenerativa discal, estenosis foraminal y otras entidades patológicas de la columna desde hace más de cuatro décadas (Hijikata 1989; Kambin y Gellman 1983; Ottolenghi 1955; Smith 1964). Se señala el abordaje percutáneo posterolateral como una herramienta fácil, segura y económica, que permite el ingreso al disco intervertebral sin lesionar estructuras adyacentes y, por ende, mantiene la estabilidad de la columna en humanos y perros (Hijikata 1989; Kambin y Gellman 1983; Kinzel *et al.* 2005).

La enfermedad degenerativa discal (EDD) en perros presenta una prevalencia global de 2% del total de enfermedades caninas (Brisson 2010), y se constituye en uno de los problemas neurológicos más comunes que aquejan a estos animales. Específicamente, para el segmento Toracolumbar (TL) se ha reportado un 66 a 87% de prevalencia de EDD en perros (Toombs y Waters 2003), y una marcada incidencia con razas específicas, teniendo como particularidad que es uno de los pocos mamíferos que desarrolla esta patología, constituyéndose así en un modelo experimental natural.

Sin embargo, para el desarrollo de nuevas técnicas quirúrgicas que utilicen el abordaje mínimamente invasivo, tanto para el tratamiento de pacientes caninos afectados con estas patologías, como para el desarrollo de modelos experimentales que permitan el mejoramiento de la salud humana, es fundamental poseer el conocimiento cuantitativo de la amplitud del espacio intervertebral, del foramen intervertebral y la altura del denominado triángulo de Kambin.

El propósito de este trabajo es obtener una base de datos de la longitud de la

amplitud ventral del disco intervertebral toracolumbar, y la distancia entre los nervios espinales y el borde anterior del cuerpo vertebral caudal adyacente, que corresponde a la altura del triángulo de seguridad de Kambin (ATK), así como los límites dorsoventrales y craneocaudales del foramen intervertebral en perros entre 4 y 23 kg de peso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio se incluyeron cinco cadáveres frescos de caninos adultos de diferentes razas, con un peso promedio de 14,6 y rango entre 4 y 23 kg. Se excluyeron las piezas con lesiones traumáticas o congénitas en la región toracolumbar, enfermedad discal evidente o cirugía previa de la columna.

En cada uno de los especímenes de columna vertebral se realizó una disección de la parte dorsal de la zona toracolumbar retirando un bloque desde el segmento T12 al L7, previamente identificado por fluoroscopia. Este bloque se disecó por planos hasta observar la zona foraminal, para de esta manera hacer una descripción de los diámetros del FIV y de la ATK. Utilizando una regla graduada, rígida, en acero inoxidable, con escala de medición dividida en milímetros, se determinaron los diferentes diámetros. Las medidas se realizaron una vez, por un único observador. Los datos obtenidos se relacionaron en la tabla de variables, con el fin de conseguir medidas de tendencia central.

Inicialmente se procedió a medir la amplitud ventral del disco intervertebral (Figura 1). Luego de disecar por planos las estructuras que cubren la zona foraminal hasta poder visualizar claramente los nervios espinales lumbares y los pedículos de cada una de las vértebras adyacentes (Figura 2), se midió el diámetro craneocaudal

del foramen intervertebral (DCCF) y el diámetro dorsoventral del foramen intervertebral (DDVF). Posteriormente, se midió la longitud entre el borde caudal de los nervios espinales y el borde anterior de la unión del disco intervertebral y el CVCA; esta distancia corresponde a la altura del triángulo de Kambin (ATK), completando así las mediciones (Figura 3). Por último, se tomaron los resultados obtenidos del ADIV y de la ATK, y se estableció entre ellos una correlación con diagrama de dispersión.



FIGURA 1. Amplitud ventral del disco intervertebral en caninos

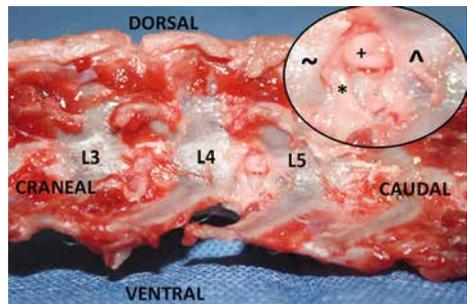


FIGURA 2. Disección de estructuras hasta la visualización del saco dural en un espécimen fresco de columna vertebral de caninos adulto. Detalle: * nervio espinal lumbar; + saco dural; ~ pedículo vértebra craneal; ^ pedículo vertebral caudal

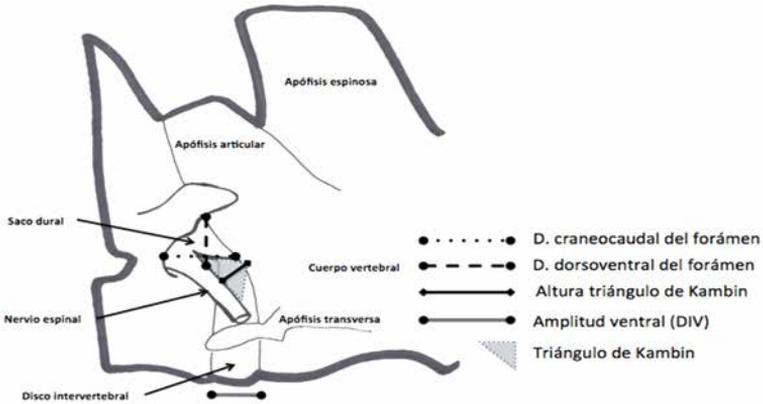


FIGURA 3. Esquema de las diferentes mediciones realizadas

Triángulo de Kambin en caninos

El triángulo de Kambin, llamado así por el doctor Parviz Kambin (1983, 2005), quien fue el autor que lo caracterizó, corresponde a la zona de trabajo quirúrgico de seguridad del anillo discal en medicina humana. En caninos, se podría establecer un área similar (Figura 4) constituida: dorsalmente, por la unión entre el anillo discal y el saco dural (lado A); cranealmente, por el borde caudal

de la raíz nerviosa espinal emergente (lado B), y caudalmente, por la unión entre el disco intervertebral y el borde anterior del CVCA (lado C). Su caracterización es muy importante debido a la utilidad que tiene en los abordajes mínimamente invasivos de columna vertebral en humanos y porque ofrece el margen de seguridad de la zona de trabajo en las descompresiones percutáneas, propósito secundario de este estudio.

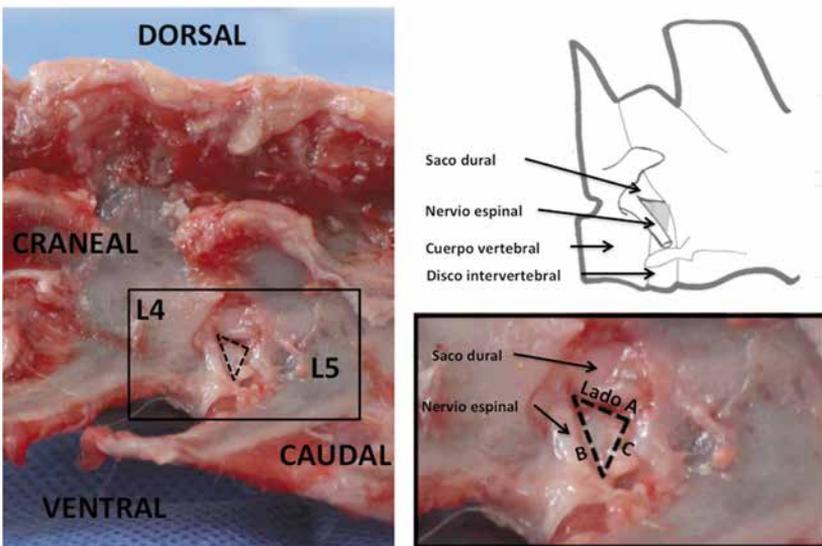


FIGURA 4. Triángulo de Kambin canino

Análisis de datos

Las variables se analizaron con estadística descriptiva utilizando medias, desviaciones estándar y rangos. Todos los análisis estadísticos se hicieron en el programa SPSS 15.0 para Windows. El análisis de correlación se estableció con un diagrama de dispersión en Microsoft Excel 2011 para Mac, versión 14.0.0.

RESULTADOS

La amplitud media de la porción ventral de los discos intervertebrales (ADIV) fue de 7,34 mm (SD 2,209) para todos los segmentos vertebrales evaluados, con un valor mínimo de 4,0 mm y un valor máximo de 11 mm.

En lo referente al agujero foraminal, el diámetro craneocaudal (DCCF) promedio en todos los segmentos en conjunto fue de 5,24 mm (SD ±1,838), con valores entre 1 y 8 mm, y a su vez, el diámetro dorsoventral (DDVF), en promedio para todos los segmentos en conjunto, fue de 4,73 mm (SD ±1,098), con un rango entre 3 y 7 mm. Para estas dos variables

se obtuvieron valores menores a 1 mm en las dos mediciones del nivel T12 – T13 en los especímenes de perros menores de 10 kg (4 y 8 kg).

La distancia promedio de la altura del triángulo de Kambin (ATK) fue de 3,56 mm (SD ±1,366) con un rango entre 1 y 7 mm. Al igual que en el agujero foraminal, en esta medición se presentaron valores menores a 1 mm (# 3), no mensurables con el instrumento de medición escogido, en los niveles más craneales de los modelos menores a 10 kg de peso. En la Tabla 1 se detallan los valores de: promedio, desviación estándar, coeficientes de variabilidad y rangos de cada uno de los segmentos toracolumbares medidos, y el Gráfico 1 ofrece una comparación entre los promedios obtenidos en las diferentes variables para cada uno de los segmentos evaluados.

El análisis de correlación realizado a través de un diagrama de dispersión determinó, para esta muestra, una correlación positiva entre la ATK y la DCCF (Gráfico 2).

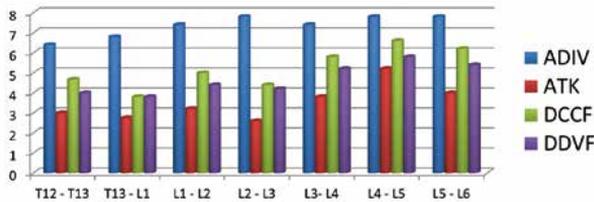


GRÁFICO 1. Esquema comparativo del promedio de los diámetros entre las estructuras medidas

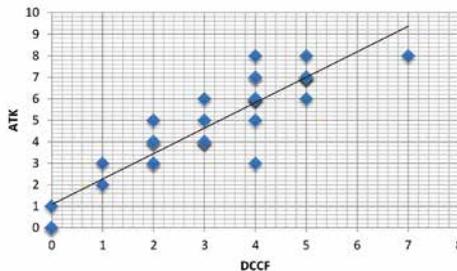


GRÁFICO 2. Diagrama de dispersión entre las variables ATK y DCCF

TABLA 1. Valores promedio y DS de mediciones obtenidas en la columna vertebral de caninos adultos

Segmento		ADIVa	ATKb	DCCFc	DDVfd
T12 - T13	Media	6,40	3,00	4,67	4,00
	SD	1,5166	1,0000	1,1547	0,0000
	CV	0,24	0,33	0,25	0,00
	Mínimo	5	2	4	4
	Máximo	8	4	6	4
T13 - L1	Media	6,80	2,75	3,80	3,80
	SD	2,0494	1,7078	2,3875	0,8367
	CV	0,30	0,62	0,63	0,22
	Mínimo	5	1	1	3
	Máximo	9	5	7	5
L1 - L2	Media	7,40	3,20	5,00	4,40
	SD	1,9494	1,3038	1,8708	0,8944
	CV	0,26	0,41	0,37	0,20
	Mínimo	5	2	3	3
	Máximo	10	5	7	5
L2 - L3	Media	7,80	2,60	4,40	4,20
	SD	2,7749	1,3416	1,5166	1,0954
	CV	0,36	0,52	0,34	0,26
	Mínimo	5	1	3	3
	Máximo	11	4	6	5
L3 - L4	Media	7,40	3,80	5,80	5,20
	SD	2,4083	0,8367	1,3038	0,8367
	CV	0,33	0,22	0,22	0,16
	Mínimo	4	3	4	4
	Máximo	10	5	7	6
L4 - L5	Media	7,80	5,20	6,60	5,80
	SD	2,6833	1,0954	2,0736	0,8367
	CV	0,34	0,21	0,31	0,14
	Mínimo	4	4	3	5
	Máximo	10	7	8	7
L5 - L6	Media	7,80	4,00	6,20	5,40
	SD	2,8636	0,7071	1,0954	1,1402
	CV	0,37	0,18	0,18	0,21
	Mínimo	4	3	5	4
	Máximo	11	5	8	7

aADIV = amplitud del disco intervertebral ventral = distancia craneocaudal del disco intervertebral en su aspecto ventral.

bATK = altura del triángulo de Kambin = altura del triángulo formado por tres líneas imaginarias que corresponden a cada lado de la siguiente manera: lado A: borde ventral del saco dural; lado B: borde caudal del nervio espinal; lado C: borde posterior del disco intervertebral.

cDCCF = diámetro craneocaudal del foramen = distancia entre el borde posterior del pedículo y el borde anterior del pedículo de la vértebra caudal adyacente.

dDDVF = diámetro dorsoventral del foramen = distancia entre borde dorsal del cuerpo vertebral y las escotaduras vertebrales, formadas por la unión de las apófisis articulares craneal y caudal de dos vértebras adyacentes.

DISCUSIÓN

Un mejor conocimiento de la anatomía de las estructuras vertebrales permite ofrecer nuevas alternativas terapéuticas para el abordaje de importantes enfermedades neurológicas. La amplitud del DIV y las relaciones anatómicas de la zona foraminal son fundamentales en el desarrollo de abordajes e instrumentales para técnicas mínimamente invasivas, por lo cual es imperativo conocer con más detalle estos aspectos. Adicional a ello, es relevante determinar la existencia y la altura del triángulo de Kambin, que será un parámetro de seguridad en el momento de desarrollar instrumentos para este fin.

Los estudios disponibles han contado con las relaciones anatómicas descritas en humanos y han implementado las técnicas, como se informa en este tipo de pacientes, con base en la medición de las tomografías computadas (TC) y los valores calculados por los programas de software de estos mismos dispositivos. Al respecto, Axlund y Hudson (2003) reportaron, en 22 perros sanos, los diámetros de estructuras del segmento L7 – S1 medidas por TC; entre ellas, el ancho en la porción media de DIV cuyo promedio estuvo en 0,5 cm, valor que, al compararlo con el promedio de la ADIV del presente estudio fue mucho menor, quizás por el tamaño del animal, pues infortunadamente el estudio únicamente registró las edades (1 – 6 años de edad), mas no los pesos de los perros de la muestra. Más adelante, Wood (2004) llevó a cabo un estudio prospectivo con seis pacientes clínicamente normales de 22 a 29 kg, a los que les realizó foraminotomía endoscópica en el espacio L7 – S1. Aunque el presente estudio no tomó en cuenta este segmento, vale la pena comparar los resultados de las mediciones de área realizadas a través de las TC, obteniendo

en promedio 59 mm² en el periodo pre quirúrgico, resultado similar con el logrado por este reporte con un método de medición diferente. Recientemente Higgins *et al.* (2011) evaluaron los efectos de la posición corporal en los resultados de las mediciones del foramen intervertebral lumbosacro (L7 – S1) en perros, reportando una alta variabilidad, entre 0,12 a 0,44 cm². Adicional a esto, los autores registran con un grado de variabilidad de hasta el 44% cuando fue medida por diferentes observadores. Lo anterior, sumado al hecho de ser una medición realizada en posiciones dinámicas (extensión – flexión), hace poco comparable su estudio en el presente documento.

Según el conocimiento de los autores, no existe un reporte similar en cuanto a la caracterización y medición de la altura del triángulo de Kambin en perros, que para este estudio tuvo un promedio de 3,56 mm. Además de obtener este dato, es satisfactorio lograr las imágenes macroscópicas, que permiten determinar la existencia en perros de esta estructura, fundamental en el desarrollo de técnicas endoscópicas de columna. A esto se suma que el hecho de obtener un diagrama de correlación positiva permite sugerir que, al menos en la presente muestra, mientras mayor sea el tamaño de los discos, más amplia será la zona de seguridad. Esta relación, si bien es fundamental determinarla con una muestra más representativa, podrá servir como guía para que en el momento del planeamiento quirúrgico, con el apoyo de ayudas diagnósticas tipo Rx o RM, el cirujano considere que su paciente tendrá, por ejemplo, un limitado espacio del triángulo de Kambin al poseer una amplitud baja del DIV.

De acuerdo con los valores alcanzados se pudo evidenciar que únicamente en los

modelos que tenían un peso menor a 10 kg (dos modelos: de 4 y 8 kg, respectivamente), se encontraron mediciones por debajo de los 3 mm en alguna de las estructuras revisadas; incluso en los segmentos más craneales se obtuvieron datos no mensurables por el instrumento de medición, es decir, por debajo del milímetro de longitud. Lo anterior podría establecer una dificultad técnica para la realización de cualquier tipo de tratamiento quirúrgico sin la ayuda de un magnificador de imágenes (microscopio, endoscopio) en este rango de peso. Por otro lado, estos datos ofrecen un parámetro preliminar para el desarrollo de instrumentales dirigido a esta zona foraminal y cuya medida, para perros de peso superior a los 10 kg, podría ser de 3 mm, cumpliendo así con un margen de seguridad.

Así mismo, se encontró el aumento progresivo de la amplitud del DIV hacia los segmentos más caudales, con valores entre 6,40 y 7,80 mm en T12 – T13 y L5 – L6, respectivamente, distribución que fue particular para esta variable. Cabe destacar que los valores más altos en promedio, de todas las variables, se presentaron en el segmento L4 – L5, lo que seguramente redundará en un ingreso percutáneo más sencillo, al ser este a través del triángulo de Kambin, y un mayor margen de seguridad en este nivel, valores que además fueron superiores a los reportados previamente por otros autores.

Es importante señalar que en los modelos menores a 10 kilos se obtuvo un total de 7 distancias no mensurables con el instrumento de medición escogido, cuyo parámetro era de mínimo un milímetro. Estos resultados se dieron en los segmentos T12 y T13 en las mediciones de TK, DAPE, DCCF, para los dos modelos (4,3 kg y 8 kg), y en T13 – T14 en TK para el modelo

de 8 kg. Este hallazgo podría sugerir un limitado acceso a ciertas zonas foraminales en los modelos menores a 10 kg de peso.

La investigación de nuevos tratamientos de la enfermedad degenerativa discal (EDD) ha presentado el inconveniente de no contar con un modelo experimental que desarrolle de manera natural esta patología, con lo cual la ciencia médica ha comparado las estructuras de los animales con los humanos (Alini *et al.* 2008 Alonso *et al.* 2011; O'Connell *et al.* 2007; Lotz 2004; Zhou *et al.* 2007), y generado amplios reportes de procedimientos que degeneran artificialmente el disco en diferentes animales como primates, perros, cerdos, ovejas, cabras, vacas y ratas, para de esta manera poder desarrollar un tratamiento sobre patologías existentes (Cinotti *et al.* 2005; Han *et al.* 2008; Hoogendoorn *et al.* 2007; Hoogendoorn *et al.* 2008; Kim *et al.* 2005; Singh *et al.* 2005). El análisis del perro, animal que cuenta con una presentación natural de la EDD, con una prevalencia relativamente alta en ciertas razas condrodistróficas como la Dachshund y el Beagle –y dado que es posible conocer con detalle los parámetros cualitativos de las estructuras discales y foraminales–, puede ser una alternativa para las investigaciones encaminadas al desarrollo de técnicas quirúrgicas tanto para el beneficio humano, como de los mismos perros.

CONCLUSIÓN

Este estudio, al proporcionar una base de datos de la amplitud del DIV en su aspecto ventral, de la altura del triángulo de Kambin y los diámetros craneocaudal y dorsoventral del foramen vertebral en perros entre 4 y 23 kilos, hace posible mejorar los conocimientos de parámetros anatómicos de la columna vertebral en

caninos. De la misma manera, fortalece la anatomía práctica en el desarrollo e implementación de técnicas innovadoras.

Si bien el tamaño de la muestra no permite establecer un coeficiente de correlación, los promedios de los resultados obtenidos facilitan la observación de una distribución similar en cuanto al aumento o disminución del tamaño de las estructuras relacionadas.

Es fundamental poder desarrollar en el futuro un estudio con una muestra representativa, con el fin de establecer parámetros de correlación más fuertes y de tomar mediciones que complementen la base de datos presentada en este reporte, principalmente en lo referente al triángulo de Kambin y la altura del DIV dorsal.

Para finalizar, cabe añadir que el campo de la cirugía veterinaria es un arte en constante cambio, y que para abrir nuevas posibilidades requiere necesariamente que la anatomía esté en permanente actualización. Por tanto, este reporte se constituye en el primer paso para establecer unos parámetros anatómicos que permitan iniciar el desarrollo de nuevos procedimientos en el segmento TL y, por supuesto, fortalecer los procesos investigativos en medicina humana.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Latinoamericano de Investigación y Entrenamiento en Cirugía de Mínima Invasión y a la Sociedad Colombiana de Cirugía Ortopédica y Traumatología, por todos sus aportes en el desarrollo del presente documento.

REFERENCIAS

1. Alini M, Eisenstein SM, Ito K, Little C, Kettler AA, Masuda K, Melrose J. 2008. Are animal models useful for studying human disc disorders/ degeneration? *Eur Spine J.* 17: 2-19.

2. Alonso GO, Barreto JA, Cortés M, Ramírez JF, Camacho F. 2011. Anatomía quirúrgica del abordaje cervical anterior en la oveja. *Rev Col Or Tra.* 25: 280-294.
3. Axlund TW, Hudson JA. 2003. Computed tomography of the normal lumbosacral intervertebral disc in 22 dogs. *Vet Radiol Ultrasound.* 44: 630-634.
4. Brisson B.A. 2010. Intervertebral disc disease in dogs. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 40: 829-858.
5. Cinotti G, Della Rocca C, Romeo S, Vittur F, Toffanin R, Trasimeni G. 2005. Degenerative changes of porcine intervertebral disc induced by vertebral endplate injuries. *Spine.* 30: 174-180.
6. Fujimaki Y, Kawahara N, Tomita K, Murakami H, Ueda Y. 2006. How many ligations of bilateral segmental arteries cause ischemic spinal cord dysfunction? An experimental study using a dog model. *Spine* 31: E781-E789.
7. Ganey T, Libera J, Moos V, Alasevic O, Fritsch KG, Meisel HJ, Hutton WC. 2003. Disc chondrocyte transplantation in a canine model: a treatment for degenerated or damaged intervertebral disc. *Spine* 28: 2609-2620.
8. Han B, Zhu K, Li FC, Xiao YX, Feng J, Shi ZL, Lin M, Wang J, Chen QX. 2008. A simple disc degeneration model induced by percutaneous needle puncture in the rat tail. *Spine* 33: 1925-1934.
9. Higgins BM, Cripps PJ, Baker M, Moore L, Penrose FE, McConnell JF. 2011. Effects of body position, imaging plane, and observer on computed tomographic measurements of the lumbosacral intervertebral foraminal area in dogs. *Am J Vet Res.* 72: 905-917.
10. Hijikata S. 1989. Percutaneous nucleotomy. A new concept technique and 12 years' experience. *Clin Orthop.* 238: 9-23.
11. Hohaus C, Ganey TM, Minkus Y, Meisel HJ. 2008. Cell transplantation in lumbar spine disc degeneration disease. *Eur Spine J.* 17: S492-S503.
12. Hoogendoorn RJ, Helder MN, Kroeze RJ, Bank RA, Smit TH, Wuisman PI. 2008. Reproducible long-term disc degeneration in a large animal model. *Spine* 33: 949-954.

13. Hoogendoorn RJ, Wuisman PI, Smit TH, Everts VE, Helder MN. 2007. Experimental intervertebral disc degeneration induced by chondroitinase ABC in the Goat. *Spine* 32: 1816-1825.
14. Kambin P. 2005. Arthroscopic and Endoscopic Anatomy of the Lumbar Spine. En: Kambin P editor. *Arthroscopic and Endoscopic Spinal Surgery*. 2th ed. Totowa, Humana Press Inc. p. 29-48.
15. Kambin P, Gellman H. 1983. Percutaneous lateral discectomy of the lumbar spine: a preliminary report. *Clin Orthop*. 174: 127-132.
16. Kim KS, Yoon ST, Li J, Park JS, Hutton WC. 2005. Disc degeneration in the rabbit: a biochemical and radiological comparison between four disc injury models. *Spine* 30: 33-37.
17. Kinzel S, Wolff M, Buecker A, Krombach GA, Stopinski T, Afify M, Weiss C, Kupper W. 2005. Partial percutaneous discectomy for treatment of thoracolumbar disc protrusion: retrospective study of 331 dogs. *J Small Anim Pract*. 46: 479-484.
18. Lotz JC. 2004. Animal models of intervertebral disc degeneration lessons learned. *Spine*. 29: 2742-2755.
19. Meisel HJ, Siodla V, Ganey T, Minkus Y, Hutton WC, Alasevic OJ. 2007. Clinical experience in cell-based therapeutics: disc chondrocyte transplantation. A treatment for degenerated or damaged intervertebral disc. *Biomol Eng*. 24:5-21.
20. O'Connell GD, Vresilovic EJ, Elliott DM. 2007. Comparison of animals used in disc research to human lumbar disc geometry. *Spine* 32: 328-333.
21. Ottolenghi CE. 1955. Diagnosis of orthopaedic lesions by aspiration biopsy: Results of 1061 punctures. *J Bone Joint Surg Am*. 37A: 443-464.
22. Singh K, Masuda K, An HS. 2005. Animal models for human disc degeneration. *Spine* 5: 267S-279S.
23. Smith L. 1964. Enzyme dissolution of the nucleus pulposus in humans. *JAMA*. 187: 137-140.
24. Toombs JP, Waters DJ. 2003. Intervertebral disc disease. En: Slatter D editor. *Textbook of small animal surgery*. 3th ed. Philadelphia, Elsevier. p. 1193-1209.
25. Toru H, Howard SA, Akihiko I, Yoshihiro M, Ryo W. 2000. The effect of age on inflammatory responses and nerve root injuries after lumbar disc herniation an experimental study in a canine model. *Spine* 25: 937-940.
26. Wood BC, Lanz OI, Jones JC, Shires PK. 2004. Endoscopic-assisted lumbosacral foraminotomy in the dog. *Vet Surg*. 33: 221-223.
27. Zhou HW, Hou SX, Shang WL, Wu WW, Cheng Y, Mei F. 2007. A new in vivo animal model to create intervertebral disc degeneration characterized by MRI, Radiography, CT/ Discogram, Biochemistry, and Histology. *Spine* 32: 864-872.