



**UNIVERSIDAD DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

**DETERMINACIÓN DEL ÁNGULO DE PENEACIÓN
EN EL MÚSCULO *BICEPS FEMORIS* DEL PERRO**

ESPECIALISTA EN CLÍNICA MÉDICA DE PERROS Y GATOS

M.V. OCAMPO LAURA

Director:

MV/Dr. AUDISIO SANTIAGO

Firma Especialista:

Firma Jurados:

Río Cuarto, febrero 2018

AGRADECIMIENTOS

A los que colaboraron con sus mascotas trayéndolas desde los campos a pesar de la lejanía, de las inundaciones y de sus trabajos: familia Acuña, Dante Cerutti, José Luis Roberi, María Matilla, Alex Andreoli, Andrea Medero, Denis Smiriglio, Santiago Angelucci, Agustín Nicolás, Iluminatti y alumnos de cuarto año de la UNLPam

A mi director y a los profesores de la especialidad en clínica médica de perros y gatos de la UNRC por su amabilidad y compromiso en mi formación.

Al ingeniero Pablo Ramirez y el estudiante de ingeniería Jonathan Peralta por sus aportes.

A mi familia y amigos por su paciencia y motivación en especial a Melina Castillo, Rodolfo Telechea y Romina Fernández con los cuales comparto el camino de esta hermosa profesión.

DETERMINACIÓN DEL ÁNGULO DE PENEACIÓN EN EL MÚSCULO *BICEPS FEMORIS* DEL PERRO

RESUMEN

El músculo *biceps femoris* desempeña un rol preponderante en la biomecánica del perro. No obstante, no se posee información *in vivo* de los elementos que comprenden su arquitectura muscular que permitan la evaluación y evolución clínica de las afecciones del músculo. El objetivo del presente trabajo consistió en cuantificar los parámetros que conforman la arquitectura muscular comprendida por el espesor muscular, el ángulo de peneación y la longitud de la fibra muscular. Se emplearon 10 perros Border Collie de tres años de edad media. Con los animales en estación se procedió a cuantificar por ultrasonografía el espesor del músculo, el ángulo de peneación y la longitud de la fibra muscular de los tercios proximal, medio y distal del m *biceps femoris*. Las imágenes se analizaron con el software image J. El espesor del tercio proximal fue 1,62 cm \pm 0,22 en el tercio medio fue 2,28 cm \pm 0,42 y 1,64 cm \pm 0,38 en el tercio distal. El ángulo de peneación correspondiente al tercio proximal fue 19,88° \pm 3 y en el tercio medio 19,57° \pm 3,49. La longitud de las fibras fue 4,87 cm \pm 0,92 en el tercio proximal, 6,98 cm \pm 1,52 en el tercio medio mientras que en el tercio distal no hubo resultados concluyentes. Las cuantificaciones de la arquitectura muscular realizadas proporcionan información fidedigna por cuanto se obtuvieron *in vivo* a diferencia de estudios previos realizados en cadáveres. El *biceps femoris* es un músculo con diferentes características arquitectónicas en los sectores tomados como referencia. El ángulo de peneación obtenido le confiere al músculo bíceps la condición de ser un músculo fusiforme.

Palabras claves: músculo *biceps femoris*, arquitectura muscular, ángulo de peneación.

DETERMINATION THE PENNATION ANGLE IN THE *BICEPS FEMORIS* MUSCLE THE DOG

ABSTRACT

The *biceps femoris* muscle play preponderant role in the biomechanic in the dog. However, there is no in vivo information of the elements that comprise its architecture muscle that allow the evaluation and clinical evolution of muscle disorders. The objective of the present work was to quantify the parameters that make up the muscular architecture comprised by the thickness muscular, the angle of pennation and the length of the muscle fiber. We used 10 Border Collie dogs of three years of average age. With the animals in station, the thickness of the muscle, the angle of pennation and the muscle fiber length of the proximal, middle and distal thirds of the *biceps femoris* were quantified by ultrasonography. The images were analyzed with image J software. The thickness of the proximal third was 1.62 cm \pm 0.22 in the middle third was 2.28 cm \pm 0.42 and 1.64 cm \pm 0, 38) in the distal third. The pennation angle corresponding to the proximal third was 19.88° \pm 3 and in the middle third 19.57° \pm 3.49. The length of the fibers was 4.87 cm \pm 0.92 in the proximal third, 6.98 cm \pm 1.52 in the middle third while in the distal third there were no conclusive results. Quantifications of the architecture muscle performed provide reliable information as they were obtained in vivo, unlike previous studies carried out on corpses. The *biceps femoris* is a muscle with different architectural characteristics in the sectors taken as a reference. The obtained angle of pennation gives the biceps muscle the condition of being a fusiform muscle.

Keywords: *biceps femoris* muscle, architecture muscle, angle pennation.

INDICE

Introducción	1
Objetivos	5
Materiales y Métodos	5
Resultados	10
Discusión	12
Conclusiones	14
Bibliografía	15

TRABAJO FINAL INTEGRADOR

DETERMINACIÓN DEL ÁNGULO DE PENEACIÓN EN EL MÚSCULO *BICEPS FEMORIS* DEL PERRO

I.- INTRODUCCION

El estudio de las alteraciones biomecánicas del sistema músculo esquelético del perro requiere del conocimiento de la arquitectura muscular (AM). La AM establece la función que ejecuta el músculo (Fayed, 2010; Coriolano *et al.*, 2009) y especifica el diseño y distribución de los elementos contráctiles que terminan por expresar los movimientos del sistema músculo esquelético locomotor.

A la AM la comprenden tres variables que consiste en el ángulo de peneación, el espesor y la longitud de los fascículos (Lieber y Burkholder, 2002; Audisio *et al.*, 2013). El ángulo de peneación, es el ángulo formado entre la dirección de los fascículos musculares y la línea que conecta el origen del músculo y la inserción. (Sharir *et al.*, 2006). La AM puede ser evaluada clínicamente mediante ecografía aunque en medicina veterinaria no ha sido ampliamente utilizada (Sakaeda y Shimizu, 2016).

El *M. biceps femoris* es un músculo muy fuerte que desempeña un rol fundamental en la biomecánica del miembro pelviano del perro, la correcta evaluación de su función es importante en la clínica veterinaria (Arzone *et al.*, 2010).

1.1 Anatomía y fisiología del músculo esquelético

Los músculos esqueléticos se encuentran envueltos por una vaina de tejido conectivo fuerte y estable, el epimisio. Los fascículos musculares están cubiertos por el perimisio, estos contienen aproximadamente entre 20 y 50 haces de fibras musculares y se presentan envueltas por el endomisio (Sacks y Roy, 1982; Sharir, *et al.*, 2006) (Figura N°1).

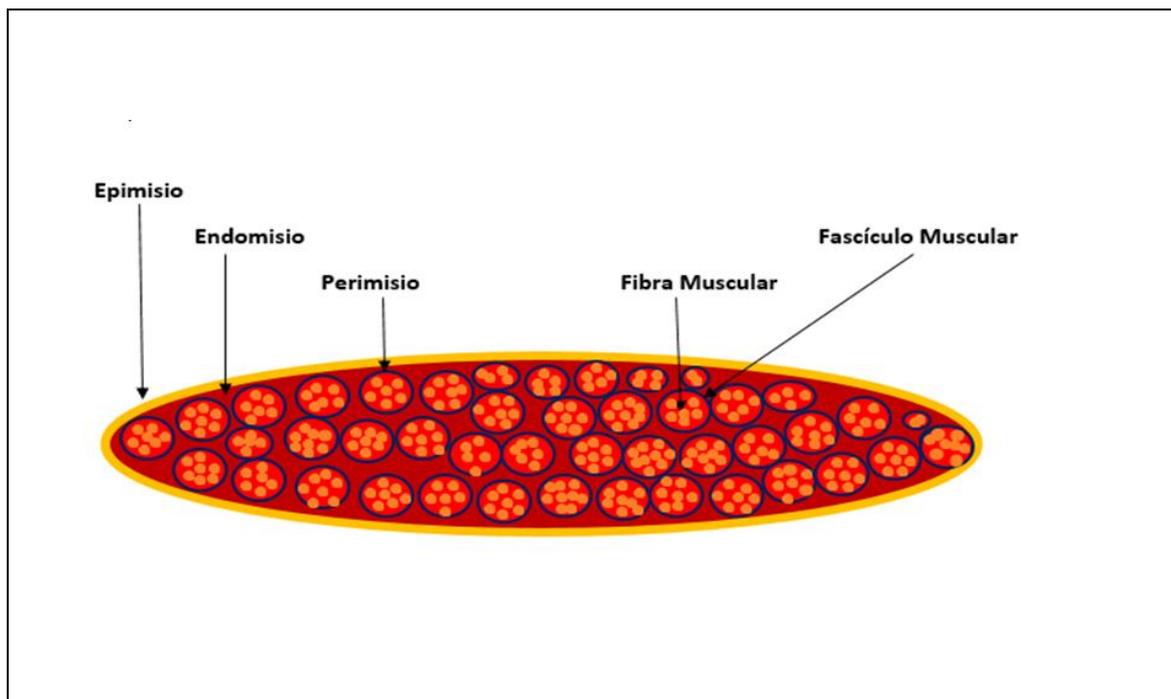


Figura N° 1 Esquema del corte transversal del músculo. Fuente Propia

1.2. Fibras musculares

Los músculos locomotores de los mamíferos están compuestos de fibras con diferentes propiedades contráctiles y metabólicas que están ubicadas y diseñadas para satisfacer las necesidades específicas del músculo (Armstrong *et al*, 1982).

Los principales tipos de fibras musculares, se pueden diferenciar mediante sus propiedades histoquímicas, estructurales y fisiológicas.

En el perro las fibras musculares se clasifican en Tipo I, tipo II A, Tipo Dog y Tipo IIC. En esta especie sólo existen fibras de contracción lenta resistentes a la fatiga y fibras de contracción rápida resistentes a la fatiga con un potencial oxidativo de alto a moderado (Mercado *et al.*, 2003).

En la mayoría de los mamíferos el aislamiento de las fibras musculares es dificultoso debido a que se encuentran solapadas en un mismo músculo (Lieber y Friden, 2000), Kaufman *et al.*, 1989 y Coroliano *et al.*, 2009 sostienen que los fascículos poseen una longitud similar a la longitud muscular (L_m), en tanto otros autores sugieren que los fascículos musculares no se extienden toda la longitud del músculo (Lieber y Friden, 2000).

1.3 Tipos de músculos clasificados según la disposición de las fibras musculares

La disposición de las fibras musculares en relación con el origen e inserción del músculo propone que los músculos pueden ser de tipo fusiformes o penados.

Los músculos fusiformes son alargados en forma de lanza. Las fibras exhiben una arquitectura longitudinal y paralela al eje de producción de la fuerza (Lieber y Friden, 2000; Coroliano *et al.*, 2009).

En los músculos peniformes (*penna*: del latín Pluma) las fibras están inclinadas en forma oblicua respecto al eje de producción de la fuerza estableciendo un ángulo en relación al tendón. Estos músculos están adaptados a producir mayor fuerza en el desplazamiento (Knudson 2007; Coroliano *et al.* 2009) debido primordialmente a que lo integran mayor cantidad de fibras por área con respecto al eje de producción de la fuerza.

Las fibras de estos tipos musculares establecen ángulos con respecto a la línea de acción o eje de producción de las fuerzas. Son unipenados cuando establecen un único ángulo, bipenados cuando establecen dos ángulos y multipenados cuando son varios ángulos en relación con el eje de producción de la fuerza (Clair 1996; Lieber y Friden, 2000).

La ecuación que determina la producción de la fuerza de los músculos penados (Gans y De Vree, 1987)

$$F = f \times \cos \alpha \times Vl$$

f = Fuerza generada por todo el músculo ($N \cdot cm^2$)

V = Volumen del músculo (ml)

l = longitud de las fibras (cm)

$\cos \alpha$ = es el ángulo al que se activan las fuerzas musculares.

1.4 Arquitectura muscular (AM)

La AM se describe en términos de longitud de los fascículos, ángulo de peneación, grosor muscular, área de sección transversal anatómica (ASTA), área de sección transversal fisiológica (ASFT) (Lieber y Friden, 2000; Schneck y Bronzino 2002; Audisio *et al.*, 2013).

La ASFT refleja la cantidad de sarcómeros en paralelo (Sharir *et al.*, 2006) con la que se estima la fuerza contráctil de un músculo (Lovering y Anderson, 2008; Lieber y Friden, 2000;

Sharir *et al.*, 2006; Audisio *et al.* 2013). El ASFT es una variable que no puede ser cuantificada *in vivo* (Bamman *et al.* 2000; Audisio *et al.* 2013) es el área total de un músculo en un ángulo recto en corte perpendicular a la dirección que poseen las fibras musculares (Schneck y Bronzino. 2002, Audisio *et al.* 2013). El ASFT se expresa mediante la siguiente ecuación (Burkholder *et. al* 1994; Schneck y Bronzino; Lieber y Friden, 2000; Lovering y Anderson, 2008)

Ecuación ASFT: (1) músculos fusiformes (2) músculos penados

$$(1) ASFT (mm^2) = \frac{M(g)}{\rho(g/mm^3) \cdot L_f(mm)}$$

$$(2) ASTF(mm^2) = \frac{M(g) \cdot \cos \theta}{\rho(g/mm^3) \cdot L_f(mm)}$$

M= Masa Muscular

θ = Angulo de peneación

ρ = Densidad Muscular 1.056 gr/cm³ en músculo de mamífero

L_f = Longitud de las fibras estimadas a partir del haz de fibras

En la fórmula ASFT (2) el coseno se determina sobre el ángulo de peneación que debe ser mayor a 20° ya que el coseno por debajo de ese valor se acerca a uno (Thorpe *et al.*, 1999) y adopta las características de músculo fusiforme.

1.5 Ángulo de peneación (AP)

El AP se define como el ángulo formado entre la dirección de los fascículos musculares y la línea que conecta el origen del músculo y la inserción (línea de acción) (Sharir *et al.*, 2006).

El AP es una característica funcional del músculo (Manal *et al.*, 2008) que se relaciona con la máxima producción de fuerza y el rango de movimiento (Chincisan *et al.*, 2016).

Para cada fascículo muscular el AP está establecido mediante la siguiente ecuación:

$$AP^i = \cos^{-1}(\text{línea de acción/orientación del fascículo}^i) \quad AP = \text{Ángulo de Penación}$$

i = Cada Fascículo; \cos^{-1} = Coseno negativo; (Lee *et al.*, 2015; Chincisan, *et al.*, 2016).

El AP presenta diferencias entre los distintos músculos e incluso dentro del mismo músculo

(Lovering y Anderson, 2008), las variaciones dentro de un músculo está sujeta a las diferentes regiones: proximal, distal, superficial y profunda (Lee *et al.*, 2015). La penación de las fibras permite incluir mayor cantidad de material contráctil para una misma área (Blazevich *et al.*, 2006) y así crear mayor tensión debido a que poseen mayor ASTF por ASTA (Knudson, 2007). El ASTA es indicador de la fuerza máxima que puede generar un músculo. En un músculo fusiforme el ASTA coincide el ASTF.

El ASTF, tiene en cuenta las variaciones de masa, longitud de fibra y disposición de las fibras dentro del músculo, es directamente proporcional a la tensión tetánica máxima que un músculo puede generar (Lieber y Friden, 2000; Lovering y Anderson, 2008).

2. Objetivo general

El objetivo del presente trabajo consiste en cuantificar el AP del músculo *biceps femoris* del perro con fines diagnósticos y terapéuticos.

2.1 Objetivos específicos

- Establecer el AP en los tercios proximal, medio y distal del *M. biceps femoris*
- Cuantificar los ángulos de peneación en la cabeza larga del *M. biceps femoris*.
- Establecer la longitud de la fibra muscular del *M. biceps femoris* en los tercios proximal, medio y distal.
- Establecer el espesor del *M. biceps femoris*.

3 MATERIALES Y METODOS

3.1 Modelo animal

El estudio se realizó en 10 caninos de la raza Border Collie, 5 machos y 5 hembras, edad promedio 3 años y un peso medio de 19,42 Kg con utilidad de trabajo en el ámbito rural. A cada canino se le realizó un examen clínico general y del sistema locomotor en particular para descartar cualquier tipo de afección y/o lesión que afecte la biomecánica.

3.2 Método de obtención de la imagen ultrasonográfica

A cada animal se le practicó tricotomía lateral del miembro posterior izquierdo y fueron mantenidos en estación sujetos por el tórax y abdomen para impedir cambios en la posición y evitar modificaciones de los parámetros sujetos a medición. Se empleó un ultrasonógrafo Kaixin® 5000 vet (China). Los registros se realizaron en modo B y tiempo real con un transductor lineal de 7.5 MHz y gel hidrosoluble de transmisión para proporcionar una interface acústica.

El transductor se ubicó de forma perpendicular a la piel y sagital al eje de acción de la cabeza larga del *M. biceps femoris* (Figura N° 2).

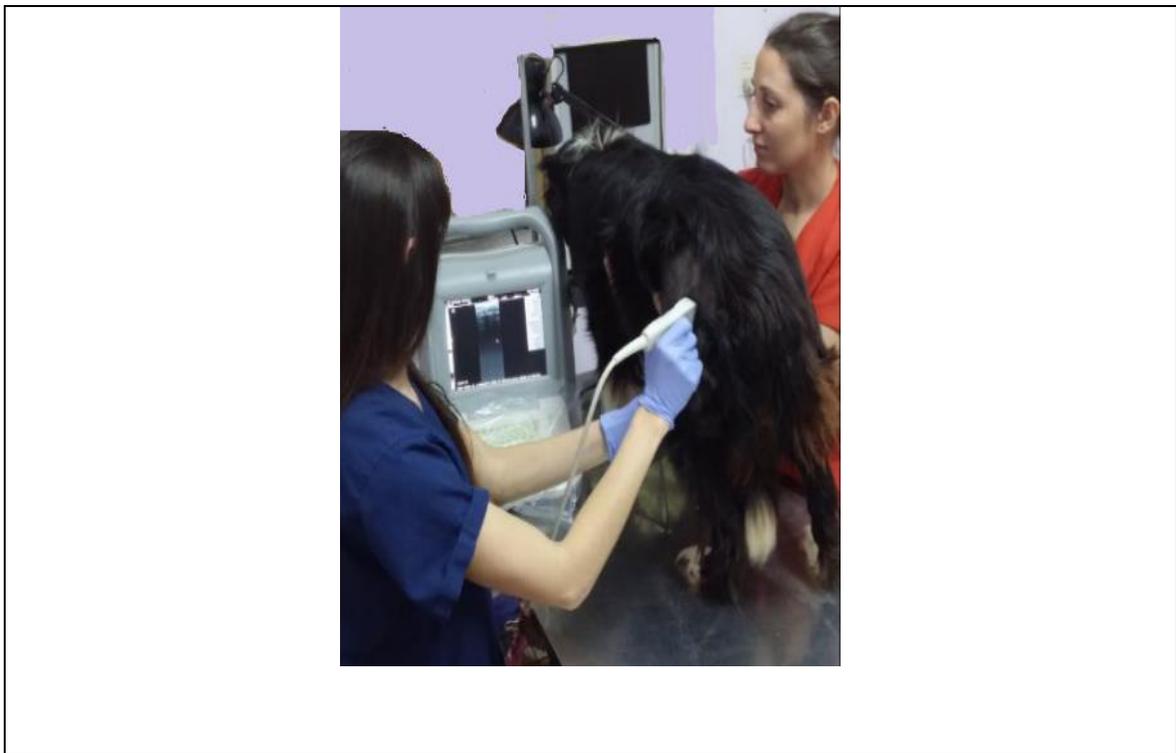


Figura N°2 Posición y sujeción del perro. Toma de la imagen ecográfica. Fuente Propia

Se establecieron 3 segmentos ultrasonográficos a lo largo del eje axial del músculo tomados entre el *Trochanter major Os femoris* y *Tuber ischiadicum* y la inserción de la cabeza mayor de

M. biceps femoris en la *Articulatio femorotibialis*. De esta forma, de cada uno de los perros se obtuvieron 3 imágenes ultrasonográficas del músculo. (Figura N° 3)

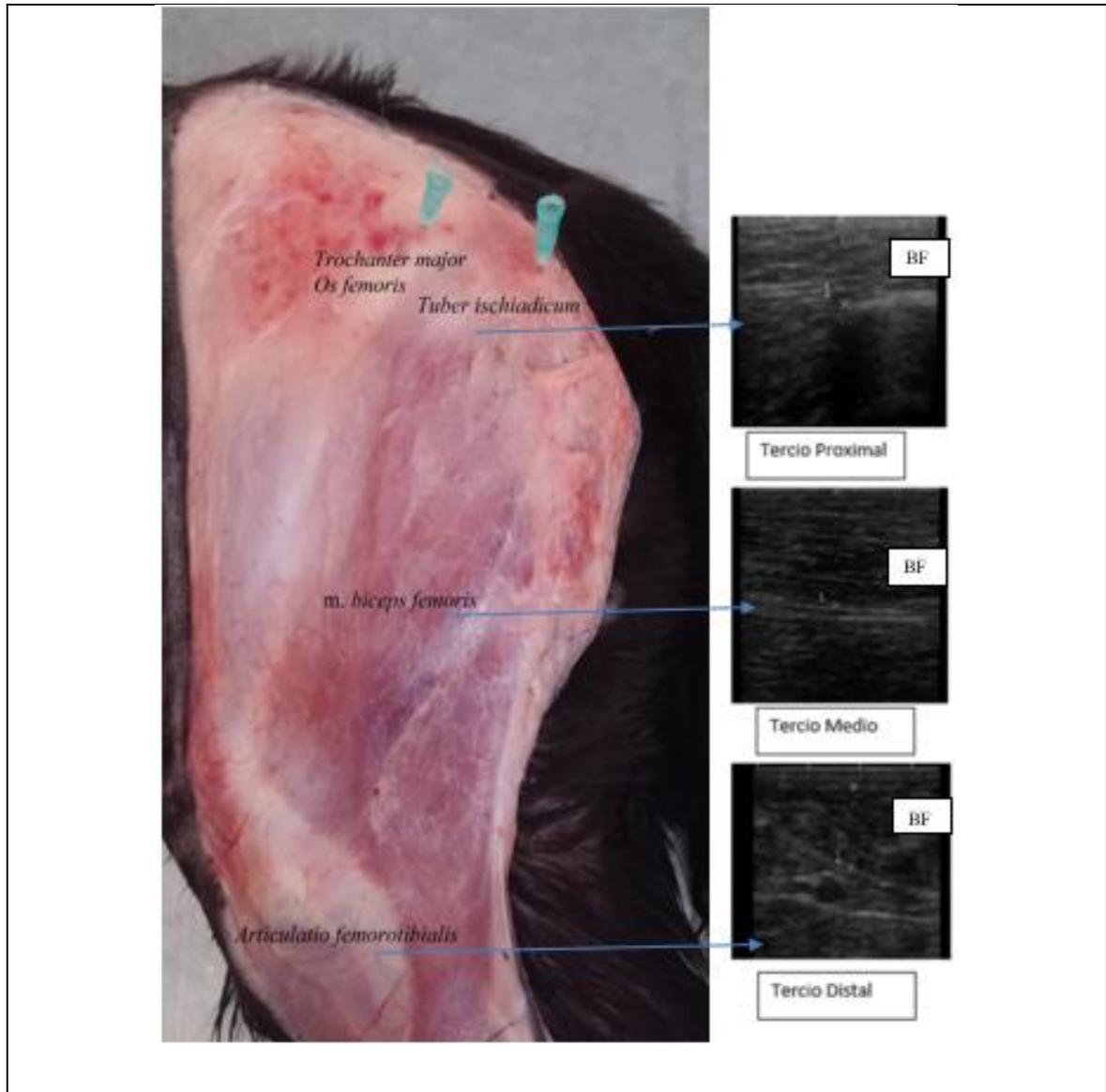


Figura N°3 Miembro posterior izquierdo donde se aprecia el *m. Biceps Femoris* y los segmentos sobre los que se realizaron las ultrasonografías correspondientes a los tercios proximal, medio y distal. Fuente Propia

3.3 Método de obtención de las variables de estudio

Las imágenes tomadas de cada segmento ultrasonográfico se introdujeron en el software Image J (cita) y se procedió a medir el ángulo de peneación que forma la fibra muscular cuando se inserta en la fascia profunda del *m. Biceps Femoris* (Figura N° 4).

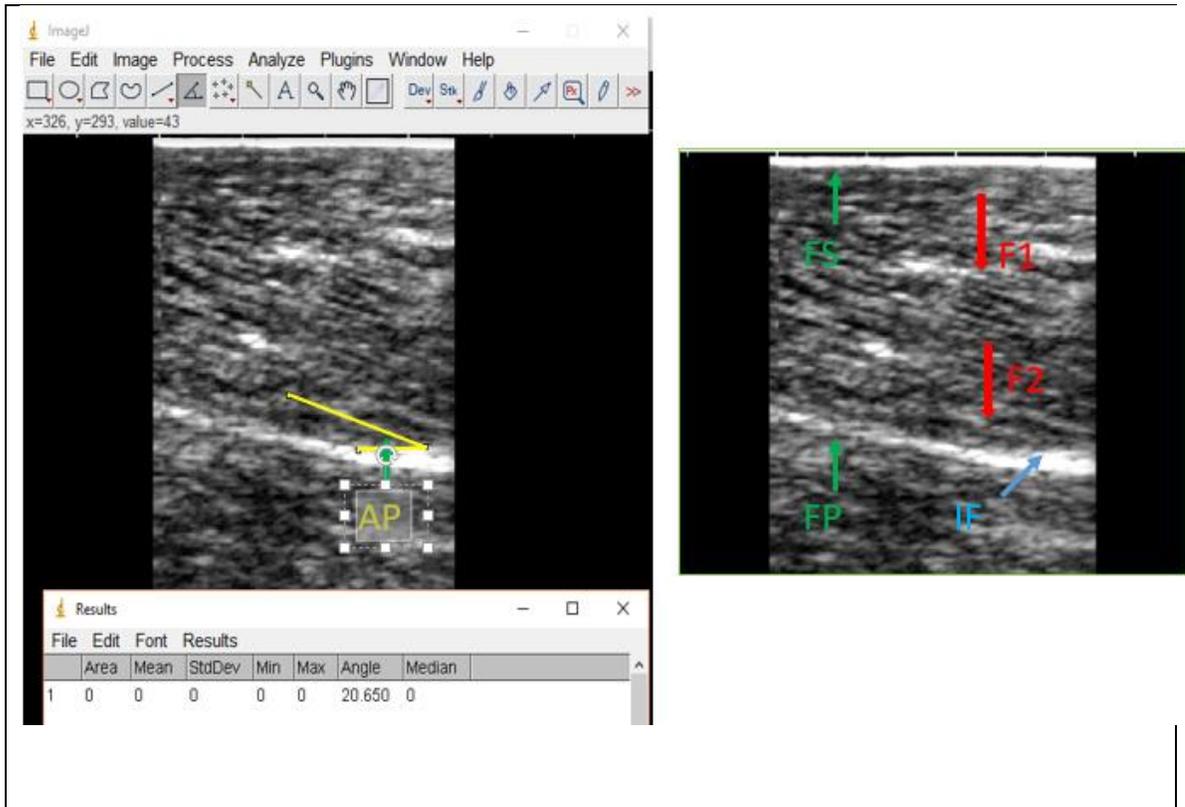


Figura N° 4 Imagen ultrasonográfica del tercio medio del *M. biceps femoris*. La imagen de la izquierda representa la medición del ángulo de peneación AP medida en el software imagen J. La imagen de la derecha se marca las fibras F1 y F2, la inserción de la fibra IF en fascia profunda FP. FS fascia superficial. Fuente Propia

Para cuantificar la longitud de la fibra muscular se trazó un triángulo rectángulo sobre la imagen ecográfica, los lados del triángulo quedaron conformados por la aponeurosis profunda, el espesor muscular considerado perpendicular a la aponeurosis profunda y la longitud del fascículo la que conforma el largo de la fibra. Por relaciones trigonométricas la longitud del fascículo es la hipotenusa, el espesor muscular es el cateto opuesto y la aponeurosis profunda es el cateto adyacente (Figura N° 5).

Conociendo un ángulo y un lado se pudo establecer la longitud del fascículo mediante la fórmula (Bland, 2011):

$$LF = \frac{EM}{\text{Sen } PA}$$

LF = Longitud del fascículo

EM= Espesor muscular

Sen PA= Seno de ángulo de peneación

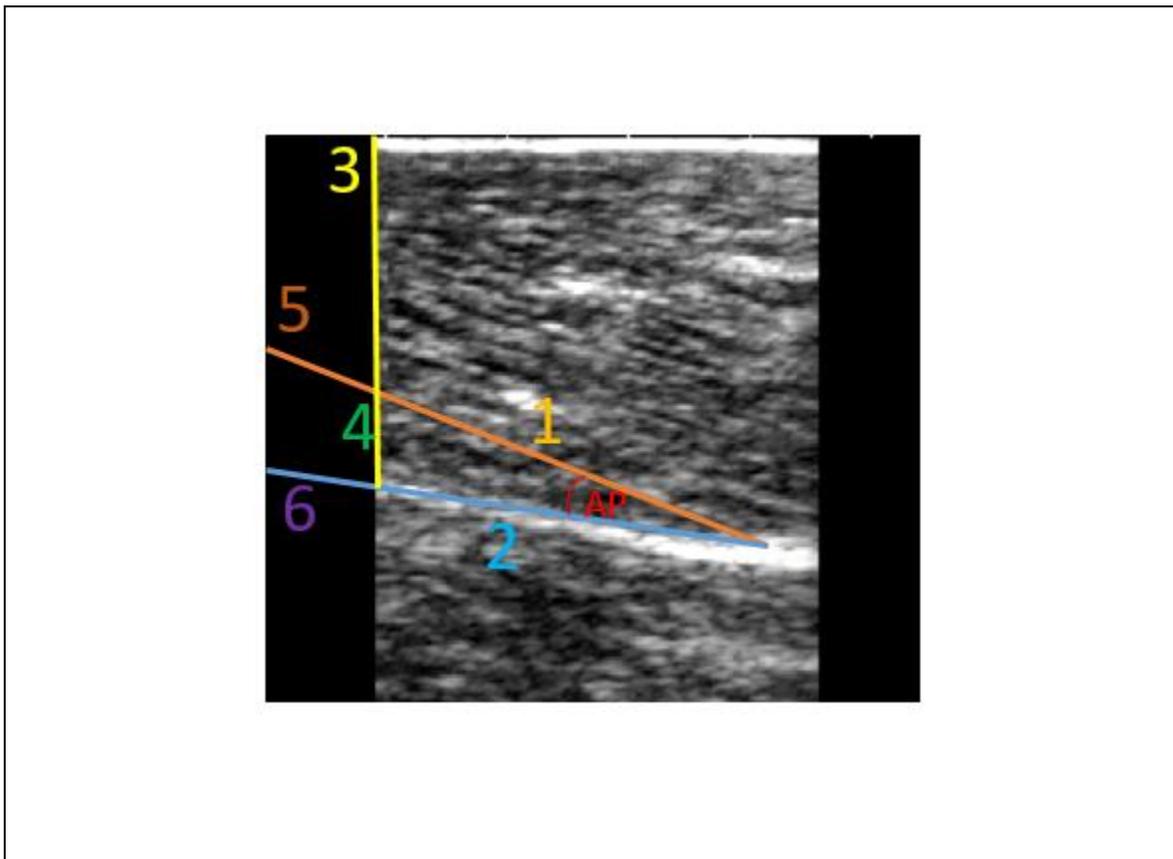


Figura N° 5 Imagen ecográfica AP: Ángulo de Peneación BF: M. *biceps femoris*; 1 Longitud de la fibra, 2 Aponeurosis profunda, 3 Espesor del músculo, 4 Cateto opuesto de triángulo, 5 Extrapolación de la longitud de la fibra. Fuente Propia

3.4 Estadística

Los datos obtenidos de las imágenes de cada segmento ultrasonográfico se introdujeron en el software Infostat (Di Rienzo *et. al.*, 2015) para realizar estadística descriptiva. Se trabajó con un $SD \pm 2$.

5 RESULTADOS

5.1 Espesor muscular

El espesor que se constituye entre la aponeurosis superficial y profunda se evaluó en los tercios proximal, medio y distal. En el tercio proximal se estimó una media de 1,62 cm \pm 0,22 el tercio medio una media de 2,28 cm \pm 0,42 llegando al tercio distal con una media de 1,64 cm \pm 0,38 Tabla N° 1.

5.2 Fascículo muscular

Los fascículos musculares ecográficamente se apreciaron a modo de líneas hiperecoicas discontinuas y en proximal midieron 4,87 cm \pm 0,92 y en el tercio medio con una media de 6,98 cm \pm 1,52 (Tabla N° 1). El tercio distal los fascículos no se observan de manera uniforme porque la imagen se tomó cerca de la aponeurosis.

5.3 Ángulo de peneación

El AP en el tercio proximal fue 19,88° \pm 3 y en el tercio medio 19,57° \pm 3,49. El ángulo del tercio distal del *BF* no pudo ser cuantificado debido a que la orientación de los fascículos no se presenta de una manera ordenada. Para determinar la fuerza del músculo se requiere el coseno del ángulo de peneación cuando el valor de coseno se acerca a uno presenta las características de un músculo fusiforme (Thorpe *et al.*, 1999) (Figura N° 6)

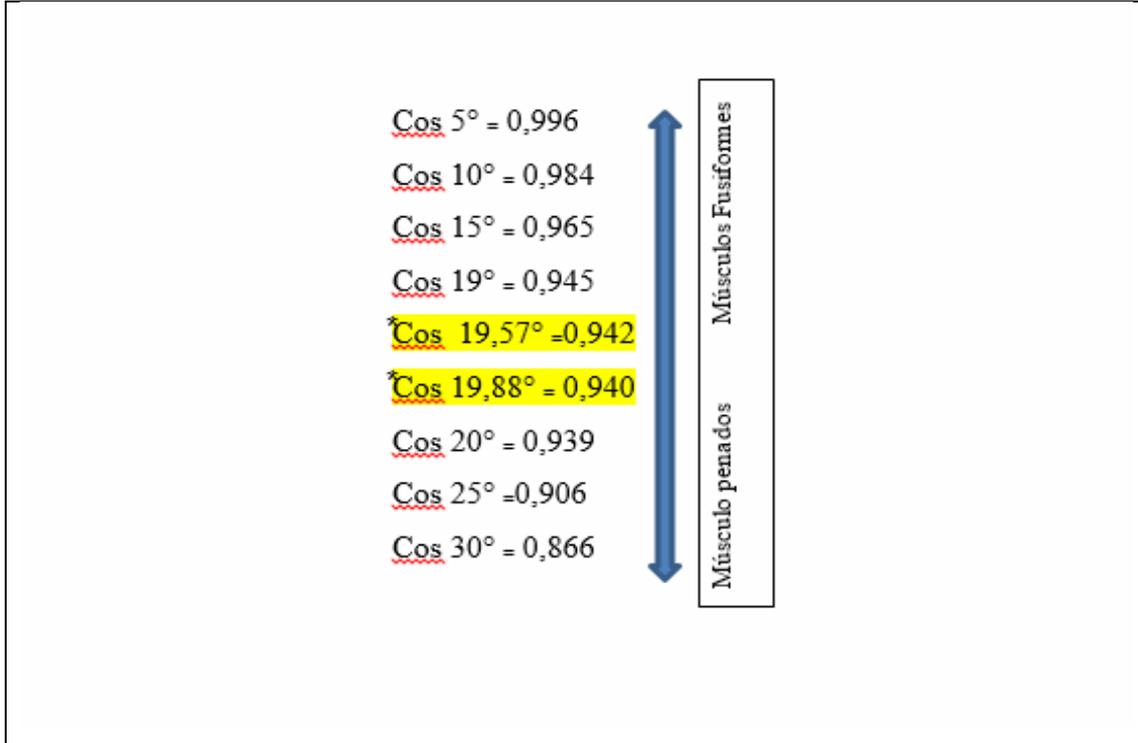


Figura N° 6 Los * valores BF del tercio proximal y medio respectivamente. Los otros valores son a modo de ejemplo explicando que a < grados del ángulo el Cos se acerca a 1. Fuente Propia.

Estos valores del coseno son los utilizados para hallar Ecuación ASFT: (1) músculos fusiformes (2) músculos penados

Tabla N°1 Medidas de resumen de las Variables de la Arquitectura Muscular Estudiadas

Medidas de resumen Variable	n	Media	DE	EE	CV	Mín.	Máx.
Espesor tercio proximal	10	1,62 cm	0,44	0,07	13,5	1,34	2,07
Ángulo tercio proximal	10	19,88°	6	0,95	15,09	15,7	23,6
Longitud de Fascículos tercio proximal	10	4,87 cm	1,84	0,29	18,95	3,91	6,52
Espesor tercio medio	10	2,28 cm	0,84	0,13	18,56	1,76	3,03
Ángulo tercio medio	10	19,57°	6,98	1,1	17,83	13,47	23,2
Longitud de Fascículos tercio medio	10	6,99 cm	3,04	0,48	21,78	4,76	9,42
Espesor tercio distal	10	1,64 cm	0,76	0,12	22,98	1,29	2,36

Medidas de resumen: n: muestra- Media- DE: desvío estándar- EE: error estándar- CV: coeficiente de variación – Mín: mínimo- Max: máximo. Resultado expresado ± 2 DE.

6. DISCUSIÓN

Diversos autores reportaron valores de los parámetros de la arquitectura muscular en el ser humano obtenidos mediante técnicas no invasivas como la ultrasonografía (Whittaker, *et al.*, 2007; Kiesel, *et al.*, 2008; Kellis, *et al.* 2009) mientras que en medicina veterinaria no existirían registros de esta naturaleza.

Los estudios que hacen referencia a la arquitectura muscular del BF fueron realizados en cadáveres (Shahar y Milgram, 2001; Arzone *et al.*, 2010). Los mismos suponen la alteración de las variables aquí estudiadas como resultado de la muerte, la acción de químicos de preservación y fijación, como así también la desituación del músculo y digestión de los tejidos blandos que lo rodeaban. La longitud de las fibras musculares obtenidas por disección presentan variaciones en un mismo músculo de la misma especie (Blanco *et al.*, 2014). Autores como Dries *et al.*, (2016) utilizaron modelos 3D y estableció la longitud de la fibra muscular de forma estandarizada. A diferencia de los estudios mencionados, el presente provee información en condiciones *in vivo* para ser aplicados en la clínica.

La ubicación lateral y superficial del BF facilitó su localización ecográfica para estudiar las variables de la arquitectura muscular como el AP, la longitud del fascículo y el grosor muscular (Bénard *et al.*, 2009) de forma no invasiva y confiable (Audisio *et al.*, 2013 Stevens *et al.*, 2014). El AP influye en la capacidad del músculo para generar fuerza, por esa razón diversos autores señalan en otros mamíferos que el valor de ese ángulo debe ser $>20^\circ$ para que resulte significativo (Thorpe *et al.*, 1999). El presente estudio estableció que la media en el tercio proximal fue de $19,88 \text{ cm} \pm 6$ y para el tercio medio $19,57 \text{ cm} \pm 6,98$ (Tabla N° 1) si bien el Cos de esos ángulos sus valores son cercanos a uno debería ser tomado en cuenta para estimar de manera más precisa la fuerza (Figura N° 6).

La longitud del fascículo se determinó *in vivo* mediante cálculos trigonométricos estableciendo fehacientemente la longitud. A diferencia de Blanco *et. al.*, (2014) y Dries *et. al.*, (2016) que lo establecieron por disección.

Las variaciones establecidas entre los distintos tercios estudiados no pueden ser comparadas con otros autores ya que no existen antecedentes de esta índole en perros.

En relación, a la fibra muscular del BF existen reportes de su longitud postmortem en otras especies como el gato $3,69 \text{ cm} \pm 1,8$, chimpancé (*Pan troglodytes*) $15,7 \text{ cm}$, el cobayo (*Cavia*

porcellus) $3,34 \text{ cm} \pm 3,2$, el conejo (*Oryctolagus cuniculus*) $4,11 \text{ cm} \pm 0,55$, (Sacks *et al.*, 1982; Powell *et al.*, 1984; Lieber y Blevins, 1989; Thorpe *et al.*, 1999). En el perro, (Dries *et al.*, 2016) reportaron que la longitud de las fibras musculares del BF es de 6 cm sin especificar de qué porción del BF procedió. Blanco *et al.*, (2014) comunicaron que las fibras musculares midieron $3,23 \text{ cm} \pm 0,6$ en la cabeza principal.

La longitud de los fascículos en el presente trabajo se realizó por cálculos de trigonometría (Kellis *et al.*, 2009) debido a que el transductor del ecógrafo no lograba tomar la longitud total del fascículo. La longitud del fascículo en la región proximal fue menor que los fascículos del tercio medio, $4,87 \text{ cm} \pm 0,92$ y $6,99 \text{ cm} \pm 1,52$ respectivamente lo que este estudio sugiere que el tercio proximal está adaptado a generar mayor fuerza ya que las fibras más cortas poseen menos cantidad de sarcómeros en serie por lo que sus desplazamientos y velocidades son bajas y se encuentran adaptadas a producir fuerza (Azizi, *et al.*, 2008) la ubicación cerca de la *Regio articulationis coxae* asume que es necesaria la fuerza para efectuar la extensión de la cadera ayudando al movimiento de propulsión del miembro posterior, generando estabilidad a la articulación.

Las fibras de la región media son fibras largas, constituidas por una mayor cantidad de sarcómeros en serie adaptadas a la velocidad en el desplazamiento.

En el presente estudio el espesor muscular fue evaluado por ecografía en los tercios proximal, medio y distal del BF. El espesor del tercio medio es mayor con respecto al tercio proximal y distal del BF; estos datos se condicen con los tomados por Sakaeda y Shimizu, (2016) quienes realizaron dichos estudios en perros de raza Beagle aunque las medidas del espesor muscular las realizaron con el transductor en posición transversal al eje de acción del músculo. El espesor muscular es un buen indicador del tamaño del músculo y del área de sección transversal anatómica y nos sugiere la capacidad que tiene un músculo de producir fuerza (Tosovic *et al.*, 2016) el estudio realizado determinó que el espesor del tercio medio es mayor que en los de los extremos o sea que en este caso podemos indicar que este segmento está preparado a producir fuerza independientemente de la orientación de las fibras.

7. CONCLUSIONES

El M. *biceps femoris* es un músculo con diferentes características arquitectónicas en los sectores tomados como referencia y es lo que determina su función; en el tercio proximal sus fibras son cortas y alineadas de forma oblicua en un ángulo cercano a 20°; este patrón arquitectónico se encuentran próximo a la articulación de la *Regio articulationis coxae* otorgando de esta manera fuerza y estabilidad a la articulación. En el tercio medio las fibras son largas adaptadas a la velocidad en el desplazamiento y a la fuerza debido a que es la región de mayor espesor. En cuanto al ángulo de peneación se determinó que es cercano a 20° por lo que podemos concluir que es un músculo con características fusiforme.

BIBLIOGRAFIA

1. Armstrong, R. B., Saubert, C., Seeherman, H. J., & Taylor, C. R. (1982). Distribution of fiber types in locomotory muscles of dogs. *Developmental Dynamics*, 163(1), 87-98. DOI: 10.1002/aja.1001630107.
2. Arzone, C. A, Blanco, C. J, Genoud, P, Pellegrino, F. C, Sánchez, G, & Vidal Figueredo, R. J. (2010). Revisión Anatómica del Músculo Bíceps Femoral del Canino. *International Journal of Morphology*, 28(4), 1147-1149. DOI: 10.4067/S0717-95022010000400026
3. Audisio S; Vaquero P; Torres P; Verna E; Merlassino J; Ocampo L. Biomecánica de la locomoción del caballo. Libro de Textos para estudiantes universitarios. 1a ed. Ed UNLPam. 2013. Cap 1 pp 36-37. Santa Rosa, La Pampa.
4. Azizi, E., Brainerd, E. L., y Roberts, T. J. (2008). Variable gearing in pennate muscles. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(5), 1745-1750.
5. Bamman, M. M., Newcomer, B. R., Larson-Meyer, D. E., Weinsier, R. L., & Hunter, G. R. (2000). Evaluation of the strength-size relationship in vivo using various muscle size indices. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(7), 1307-1313. DOI: 10.1097/00005768-200007000-00019.
6. Bénard, M. R., Becher, J. G., Harlaar, J., Huijting, P. A., & Jaspers, R. T. (2009). Anatomical information is needed in ultrasound imaging of muscle to avoid potentially substantial errors in measurement of muscle geometry. *Muscle & nerve*, 39(5), 652-665.
7. Blanco, C, Acerbo, M, Martín, E, Arzone, C, Sánchez, G, Calaudi, P, Vidal Figueredo, R. J, & Pellegrino, FC. (2014). Caracterización Morfológica del Músculo Bíceps Femoral del Perro. *International Journal of Morphology*, 32(4), 1303-1305. DOI: 10.4067/S0717-95022014000400029.
8. Blazevich, A. J., Gill, N. D., & Zhou, S. (2006). Intra-and intermuscular variation in human quadriceps femoris architecture assessed in vivo. *Journal of anatomy*, 209(3), 289-310.

9. Burkholder TJ., Fingado, B., Baron S., y Lieber RL (1994). Relationship between muscle fiber types and sizes and muscle architectural properties in the mouse hindlimb. *Journal of morphology*, 221(2), 177-190. DOI: 10.1002/jmor.1052210207
10. Chincisan, A., Tecante, K., Becker, M., Magnenat-Thalmann, N., Hurschler, C., y Choi, H. F. (2016). A computational approach to calculate personalized pennation angle based on MRI: effect on motion analysis. *International journal of computer assisted radiology and surgery*, 11(5), 683-693. DOI: 10.1007/s11548-015-1251-9
11. Coriolano, MGWS., Lins, OG., Amorim, MJAAL., y Amorim Jr, A. A. (2009). Anatomy and functional architecture of the anconeus muscle. *Int. j. morphol*, 27(4), 1009-1012. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022009000400008>.
12. Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
13. Dries B, Jonkers I, Dingemanse W, Vanwanseele B, Vander Sloten J, van Bree H, Gielen I. (2016). Musculoskeletal modelling in dogs: challenges and future perspectives. DOI: 10.3415/VCOT-15-08-0133
14. Fayed, M. H. (2010). Architecture and functional specifications of the muscles of the antibrachium and manus regions of the African Ass. *Equus asinus*). *Adv Biol Res*, 4(1), 45-64.
15. Gans, C., y De Vree, F. (1987). Functional bases of fiber length and angulation in muscle. *journal of Morphology*, 192(1), 63-85.
16. Kellis, E., Galanis, N., Natsis, K., & Kapetanios, G. (2009). Validity of architectural properties of the hamstring muscles: correlation of ultrasound findings with cadaveric dissection. *Journal of biomechanics*, 42(15), 2549-2554.
17. Kiesel, K. B., Uhl, T. L., Underwood, F. B., Rodd, D. W., & Nitz, A. J. (2007). Measurement of lumbar multifidus muscle contraction with rehabilitative ultrasound imaging. *Manual therapy*, 12(2), 161-166.
18. Knudson, Duane. Fundamentals of biomechanics. Springer Science & Business Media, 2007. pp 48-49.

19. Lee, D., Li, Z., Sohail, Q. Z., Jackson, K., Fiume, E., y Agur, A. (2015). A three-dimensional approach to pennation angle estimation for human skeletal muscle. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 18(13), 1474-1484. DOI: 10.1080/10255842.2014.917294.
20. Lieber, R. L., y Blevins, F. T. (1989). Skeletal muscle architecture of the rabbit hindlimb: functional implications of muscle design. *Journal of morphology*, 199(1), 93-101.
21. Lieber, R. L. y Friden, J. (2000). Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle & nerve*, 23(11), 1647-1666. DOI: 10.1002/1097-4598(200011)23:11<1647::AID-MUS1>3.0.CO;2-M
22. Lieber, R. L.; Ward S. R. Skeletal muscle desing to meet functional demands. *Phil. Trans. R. Soc. B* (2011) 366, 1466–1476 DOI:10.1098/rstb.2010.0316.
23. Lovering, R. M., y Anderson, L. D. (2008). Architecture and fiber type of the pyramidalis muscle. *Anatomical science international*, 83(4), 294-297.
24. Manal, K., Roberts, D. P., y Buchanan, T. S. (2008). Can pennation angles be predicted from EMGs for the primary ankle plantar and dorsiflexors during isometric contractions? *Journal of biomechanics*, 41(11), 2492-2497. DOI 10.1016/j.jbiomech. 2008.05.005.
25. Mercado, M.; Toledo Staropoli, M.; Alvarez, A.; Ontiveros Matamoro, L. & Graziotti, G. Valoración anatómica, histológica, tomográfica y ultrasonográfica del músculo vasto lateral en caninos sanos. *InVet.*, 5(1):45-54, 2003.
26. Nómima Anatómica Veterinaria - 5º edición. 2012.
27. Powell, P. L., Roy, R. R., Kanim, P. A. U. L. A., Bello, M. A., & Edgerton, V. R. (1984). Predictability of skeletal muscle tension from architectural determinations in guinea pig hindlimbs. *Journal of Applied Physiology*, 57(6), 1715-1721.
28. Roy, R. R., Bello, M. A., Powell, P. L., y Simpson, D. R. (1984). Architectural design and fiber-type distribution of the major elbow flexors and extensors of the monkey (cynomolgus). *Developmental Dynamics*, 171(3), 285-293. DOI: 10.1002/aja.1001710305.

29. Sakaeda, K; Shimizu, M. Use of B-mode ultrasonography for measuring femoral muscle thickness in dogs. *Journal of Veterinary Medical Science*, 2016, vol. 78, no 5, p. 803-810.
30. Schneck DJ, Bronzino JD. (2002). *Biomechanics: principles and applications*. Ed., CRC press. Florida, United States of America.
31. Shahar, R., y Milgram, J. (2001). Morphometric and anatomic study of the hind limb of a dog. *American journal of veterinary research*, 62(6), 928-933.
32. Sharir, A., Milgram, J.; Shahar, R. (2006). Structural and functional anatomy of the neck musculature of the dog (*Canis familiaris*). *Journal of anatomy*, 208(3), 331-351. DOI: 10.1111/j.1469-7580.2006.00533.x
33. Stevens, DE, Smith, CB. , Harwood, B., y Rice, CL. (2014). In vivo measurement of fascicle length and pennation of the human anconeus muscle at several elbow joint angles. *Journal of anatomy*, 225(5), 502-509. DOI: 10.1111/joa.12233
34. Tosovic, D., Muirhead, J. C., Brown, J. M. M., y Woodley, S. J. (2016). Anatomy of the long head of biceps femoris: An ultrasound study. *Clinical Anatomy*, 29(6), 738-745.
35. Thorpe, S. K., Crompton, R. H., Guenther, M. M., Ker, R. F., y McNeill Alexander, R. (1999). Dimensions and moment arms of the hind-and forelimb muscles of common chimpanzees (*Pan troglodytes*). *American Journal of Physical Anthropology*, 110(2), 179-199.
36. Whittaker, J. L., Teyhen, D. S., Elliott, J. M., Cook, K., Langevin, H. M., Dahl, H. H., & Stokes, M. (2007). Rehabilitative ultrasound imaging: understanding the technology and its applications. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 37(8), 434-449.
