

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**  
**FACULTAD DE VETERINARIA**

**Programa de Posgrados**

**RUPTURA DE LIGAMENTO CRUZADO CRANEAL EN EL GATO:  
VALIDACIÓN DE PUNTO ISOMÉTRICO PARA ANCLAJE DE SUTURA  
EXTRACAPSULAR**

Paula Machado López

TESIS DE MAESTRÍA EN SALUD ANIMAL

**URUGUAY**

**2020**



**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**  
**FACULTAD DE VETERINARIA**

**Programa de Posgrados**

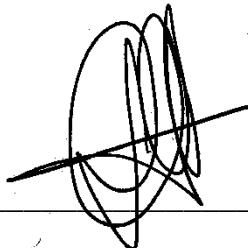
**RUPTURA DE LIGAMENTO CRUZADO CRANEAL EN EL GATO:  
VALIDACIÓN DE PUNTO ISOMÉTRICO PARA ANCLAJE DE SUTURA  
EXTRACAPSULAR**

Paula Machado López

TESIS DE MAESTRÍA EN SALUD ANIMAL

URUGUAY

2020



Director de Tesis

DCV. MSc. PhD. Daniela Izquierdo



Co-Director de Tesis

MSc Biol. Bioest. Valerie Cayssials



**FACULTAD DE VETERINARIA**  
**Programa de Posgrados**

**ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**DE MAESTRÍA EN SALUD ANIMAL**

" RUPTURA DE LIGAMENTO CRUZADO CRANEAL EN EL GATO:  
VALIDACIÓN DE PUNTO ISOMÉTRICO PARA ANCLAJE DE  
SUTURA EXTRACAPSULAR "

**Por: Dra. Paula MACHADO LÓPEZ**

**Directora de Tesis: Dra. Daniela Izquierdo**  
**Codirectores de Tesis: Mag. Valerie Cayssials**

**Tribunal**  
**Presidente: Dr. Alejandro Benech**

**Segundo Miembro: Dra. Laura Crosignani**

**Tercer Miembro: Dr. Javier Corral**

**Fallo del Tribunal: Aprobado con mención**

**Lunes 15 de junio, 10 horas**  
**Sala Virtual 22 de Plataforma Zoom- Facultad de Veterinaria**

**El Fallo de aprobación de la Tesis puede ser: Aprobada (corresponde a la nota BBB- en el Acta), o Aprobada con Mención (corresponde a la nota SSS- 12 en el Acta)**



## ACTA DE EXAMEN

**CURSO:** Defensa de Tesis de Maestría

**LUGAR Y FECHA DE LA DEFENSA:** Montevideo, 15 de junio de 2020

**Tribunal:** Dr. Alejandro Benech, Dra. Nadia Crosignani, Dr. Javier Corral

El Tribunal ha resuelto calificar la defensa de la Tesis con sobresaliente con mención, basado en la originalidad de la propuesta, el desarrollo de la metodología y la excelente defensa realizada por la maestranda frente a las consultas realizadas.

Dr. Alejandro Benech  
Presidente del Tribunal



## ACTA DE EXAMEN

**CURSO:** Defensa de Tesis de Maestría

**LUGAR Y FECHA DE LA DEFENSA:** Montevideo, 15 de junio de 2020  
**Tribunal:** Dr. Alejandro Benech, Dra. Nadia Crosignani, Dr. Javier Corral

CI ESTUDIANTE	NOMBRE	CALIFICACIÓN	NOTA
4.338.556-6	MACHADO LÓPEZ, Paula	SSS	12

PRESENTADOS	NO PRESENTADOS	APROBADOS	APLAZADOS	INSCRIPTOS
1	0	1	0	1

**TRIBUNAL**

**FIRMA**

Dr. Alejandro Benech (Presidente)

Dra. Nadia Crosignani

Dr. Javier Corral

**NOTA:** Las calificaciones de aprobación de la Tesis de Maestría pueden ser:  
B.B.B. – 6 o S.S.S. – 12



## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, la de “origen”, por haberme dado la posibilidad de estudiar aquello que más me gustase y haberme brindado su incondicional apoyo, pero más por haberme inculcado que la realización y superación personal son el camino; y el trabajo, la generosidad con lo obtenido y la honestidad con que se ha obrado la forma.

A mi familia, la nueva, la propia, mi marido y mi pequeño hijo, que han comprendido y lidiado con ausencias y descuidos, y han acompañado cada escollo de este emprendimiento. Por su apoyo y compañerismo, ¡gracias!

A mis tutoras, grandes profesionales, pero más aún, grandes mujeres. Ambas con un poquito de acá y un poquito de ese lugar que a veces añoran y tanto les dejó. Gracias por su tiempo, su comprensión y su enorme trabajo. He aprendido con ustedes mucho más que lo que en una tesis cabe, y eso me llevo de este proceso.

A los compañeros del área de Imagenología, Victoria Sorriba, Guillermo Cazzuli, David Vásquez y Sergio Larrosa por colaborar, brindar su tiempo y lugar de trabajo, compartir conocimiento e instancias de aprendizaje. Por la excelente disposición siempre, gracias.

A mis compañeros de área, hoy de departamento, que han sido eso, compañeros en este camino, porque nada se logra solos, y supieron otorgarme los espacios necesarios para que este proyecto llegara a culminarse.

A los colegas amigos que de forma desinteresada colaboraron con la obtención de muestras y materiales para este trabajo. Carolina, Florencia, Jorge, gracias.





## **TABLA DE CONTENIDOS:**

<b>Resumen</b>	<b>2</b>
<b>Summary</b>	<b>4</b>
<b>Lista de Tablas y Figuras</b>	<b>6</b>
<b>Introducción</b>	<b>8</b>
Recordatorio anatómico y funcional	<b>8</b>
Epidemiología y prevalencia de la enfermedad	<b>10</b>
Diagnóstico y terapéutica	<b>14</b>
Técnicas de reparación quirúrgica	<b>15</b>
Puntos Isométricos y Anclaje de la sutura extracapsular	<b>20</b>
<b>Hipótesis</b>	<b>21</b>
<b>Objetivos</b>	<b>21</b>
Objetivo general	<b>21</b>
Objetivos específicos	<b>21</b>
<b>Material y Método</b>	<b>22</b>
Obtención de las muestras	<b>22</b>
Criterios de inclusión	<b>24</b>
Criterios de exclusión	<b>25</b>
Colocación del marcador radiopaco	<b>26</b>
Dispositivo para la colocación de piezas durante la realización de radiografías	<b>28</b>
Análisis estadístico	<b>29</b>
Procedimientos de validación	<b>29</b>
<b>Resultados</b>	<b>29</b>
<b>Discusión</b>	<b>40</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>47</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>48</b>

## **Resumen:**

El presente trabajo buscó validar el punto de anclaje para la sutura extracapsular fabelo-tibial utilizado en la práctica clínica en el gato para la resolución de la ruptura del ligamento cruzado craneal (RLCCr). Para ello se colectaron 8 pares de miembros pélvicos (izquierdo y derecho) de gatos de 4 a 9 años sin patologías que comprometieran la articulación fémoro-tibio-rotuliana y fallecidos por causas ajenas al estudio. Se colocó un marcador radiopaco en el punto de anclaje tibial de la sutura (a 5mm de la inserción del ligamento rotuliano en la tibia) y se realizaron radiografías a 45°, 90°, 130° y 160°, quedando así comprendido el rango de flexión y extensión de la rodilla. Se determinó como medida de interés la distancia entre el marcador radiopaco y el centro de la fabela (dis m-cf) y tomando como referencia la flexión máxima de la articulación fémoro-tibio-rotuliana (distancia en 45°) se calculó el porcentaje de cambio de dicha distancia (VD<sub>45</sub>) en el rango completo de flexión-extensión (45 a 160°) así como para tramo de extensión (VD<sub>E</sub>) pasando de 45 a 90, 90 a 130 y 130 a 160°. Se evaluó la isometría para el par de puntos en los diferentes ángulos mediante mediciones radiográficas para determinar si la técnica de anclaje de la sutura es apropiada para el tratamiento de la RLCCr en esta especie. La distancia del marcador al centro de la fabela en la posición inicial (dis. m-cf<sub>45</sub>) tuvo una media de 22,25mm (SD 1,71) para todos los gatos y se obtuvo una media de variación del 17,2% en el recorrido completo (VD<sub>45</sub>), mientras que para cada tramo de flexión-extensión (VD<sub>E</sub>) dicha variación osciló en el entorno del 7% para los dos primeros tramos (45-90° y 90-130°), mientras que el último tramo (130-160°) se comportó de forma isométrica. Los datos obtenidos en el presente trabajo permiten concluir que si bien no se trata de un par de puntos isométricos en todo el recorrido de flexión-extensión de la articulación, sí podría utilizarse para la resolución clínica de la RLCCr en el gato. El punto ubicado a 5mm a caudal de la inserción del ligamento rotuliano permitiría la restauración fisiológica de la biomecánica articular, dado que en el rango de movimiento empleado por esta especie para la deambulación la variabilidad de la distancia entre el par de puntos estudiado se aproxima al 7%, valor aceptado como “quasi-isométrico”. Serían necesarios nuevos trabajos que constaten la biomecánica de la articulación post colocación

de la sutura en el punto mencionado ya que estos resultados sugieren su posible utilización.

**Palabras clave:** ruptura de ligamento cruzado craneal, sutura extracapsular, puntos isométricos, anclaje tibial.

## **Summary:**

Our work attempted to validate the tibial anchor point for the fabello-tibial extracapsular suture used in local clinical practice in the cat for the resolution of cranial cruciate ligament rupture (CrCLR). To do this, 8 pairs of pelvic limbs (left and right) were collected from cats aged 4 to 9 years without pathologies that compromised the femoro-tibio-patellar joint and died from causes unrelated to our study. A radiopaque marker was placed at the tibial anchorage point of the suture (5mm from the insertion of the patellar ligament) and radiographs were performed at 45°, 90°, 130° and 160°, thus contemplating the total range of motion of the knee. The distance between the radiopaque marker and the center of the fabella (dis m-cf) was determined as a measure of interest and it was tooked the maximum flexion of the stifle (distance at 45°) as a reference. The percentage change of that distance was calculated in the full flexion-extension range (VD<sub>45</sub>; 45 to 160°) as well as for each section of extension (VD<sub>E</sub>) going from 45 to 90, 90 to 130 and 130 to 160°. The isometry for the pair of points at different angles was evaluated by radiographic measurements to determine if the suture anchoring technique is appropriate for the treatment of CrCLR in this species. The mean distance from the marker to the center of the fabella at the initial position (dis. m-cf<sub>45</sub>) for all cats was 22,25mm (SD 1.71), with an average variation of 17,2% observed in the complete range of motion (VD<sub>45</sub>). For each section of motion (VD<sub>E</sub>), the variation oscillated around 7% for the two first sections (45-90° and 90-130°), while the last one (130 -160°) behaved in an isometric way. This results allowed us to conclude that even the pair of points evaluated here doesn't behave in an isometric way throughout the whole range of motion of the joint, an anchorage point located 5mm caudal from the insertion of the patellar ligament in the tibia could be used for the clinical resolution of CrCLR in the cat. Hence a 7% variation of distance between a pair of points has been accepted as "quasi-isometric", and this is approximated the variation value determinate in our study in the flexion-extension segments used by this species for ambulation, it's reasonable to consider thar it would allow the physiological restoration of joint biomechanics. New works would be necessary

to verify the biomechanics of the joint after the suture is placed at the mentioned point, since these results suggest its possible use.

**Key words:** cranial cruciate ligament rupture, extracapsular suture, isometric points, tibial anchorage.

### **Lista de tablas y figuras:**

<b>Tabla 1</b>	Descriptiva de la distribución de las muestras (16 miembros pélvicos de 8 gatos) para las variables peso y edad. Media, desvío estándar (SD), mínimo y máximo.	29
<b>Tabla 2</b>	Descriptiva de las variables de interés diámetro mayor de la fabela (DMf), diámetro menor de la fabela (dmf), relación DMf/dmf (forma), distancia del marcador a la inserción del ligamento rotuliano (dis m-ilr), distancia del marcador al centro de la fabela en posición de referencia a 45° de flexión (dis m-cf <sub>45</sub> ), variación porcentual de la distancia acumulada de 45° a 160° (VD <sub>45</sub> ) y variación porcentual de la distancia en cada ángulo de extensión (de 45° a 90°; de 90° a 130° y de 130° a 160) VD <sub>E</sub> .; media, desvío estándar (SD), mínimo y máximo.	30
<b>Tabla 3</b>	Modelo lineal de efectos mixtos, con efecto aleatorio del gato, ajustado para la distancia de interés, distancia del marcador al centro de la fabela (dis m-cf) de acuerdo al ángulo y al lado.	32
<b>Tabla 4</b>	Modelo lineal mixto ajustado para la variación de la distancia en términos de proporción en el rango completo de extensión 45°-160°, VD <sub>45</sub> de acuerdo al ángulo y al lado.	33
<b>Tabla 5</b>	Modelo lineal ajustado para la variación de la distancia en términos de proporción en cada ángulo de posicionamiento, VD <sub>E</sub> , de acuerdo al ángulo y al lado.	34
<b>Figura 1</b>	Colocación del marcador radiopaco	24
<b>Figura 2</b>	Esquema del dispositivo para la colocación de las piezas.	25

<b>Figura 3</b>	Obtención de radiografías.	26
<b>Figura 4</b>	Visualización de las medidas de interés	27
<b>Figura 5</b>	Distancia desde el marcador radiopaco al centro de la fabela (dis m-cf) para miembros pélvicos (izquierdo en azul y derecho en verde) de 8 gatos (en términos absolutos, en mm) en cada uno de los ángulos de flexión-extensión considerados para la articulación femoro-tibio-rotuliana ( $45^{\circ}$ , $90^{\circ}$ , $130^{\circ}$ y $160^{\circ}$ ).	31
<b>Figura 6</b>	Diagramas de cajas para las medidas de interés, distancia del marcador al centro de la fabela (dis m-cf), variación porcentual de la distancia acumulada de $45^{\circ}$ a $160^{\circ}$ ( $VD_{45}$ ) y variación porcentual de la distancia en cada ángulo de extensión ( $VD_E$ ), de los 16 miembros pélvicos de los gatos analizados.	31
<b>Figura 7</b>	Análisis gráfico de los residuos del modelo ajustado para la variable distancia del marcador al centro de la fabela (dis. m-cf).	35
<b>Figura 8</b>	Análisis gráfico de los residuos del modelo lineal mixto ajustado para la variable $VD_{45}$ , variación de la distancia en términos de proporción en el rango completo de extensión $45^{\circ}$ - $160^{\circ}$ .	37
<b>Figura 9</b>	Distribución de los residuos del modelo lineal general ajustado para la variable $VD_E$ , variación de la distancia en términos de proporción en cada ángulo de posicionamiento.	38



## **Introducción:**

### **Recordatorio anatómico y funcional**

La articulación fémoro-tibio-rotuliana involucra tres estructuras óseas principales (fémur, tibia y rótula), además de ligamentos, meniscos, cápsula articular y membrana sinovial. La misma se encuentra en semi flexión cuando el animal está de pie y en reposo, aunque en determinadas fases de la locomoción se extenderá, el fémur y la tibia nunca estarán alineados (Dyce, 1999a).

El fémur se ensancha y comprime cráneo-caudalmente hacia sus extremos, presentándose curvo y convexo cranealmente en su tercio distal, donde se encuentran la tróclea cranealmente (que articulará con la rótula) y los cóndilos hacia caudal (que lo harán con la tibia). La rótula es larga y estrecha, la superficie libre es convexa mientras que la cara articular es cóncava próximo-distalmente. Por último, la tibia en su tercio proximal asemeja a un prisma comprimido lateralmente, con una cresta corta y prominente. En su porción proximal posee dos carillas articulares que coaptan, por medio de los meniscos, con los cóndilos femorales (Sisson y Grossman, 2002).

La articulación de la rodilla es una diartrosis compuesta por la articulación fémoro-tibial (articulación bicondílea), articulación fémoro-patelar (articulación troclear), articulación tibio-perónea proximal y la interacción con los sesamoideos en la porción caudal del fémur. Todas estas estructuras comparten una cavidad sinovial común y allí confluyen el fémur, la tibia y la rótula. Dichas estructuras óseas interactúan para permitir la flexión y extensión del miembro junto a componentes musculares y ligamentosos así como la propia cápsula articular y meniscos. Estos últimos son estructuras fibrocartilaginosas que interpuestos entre los cóndilos femorales y tibiales compensan la incongruencia de sus superficies articulares. Tienen forma semilunar, son cóncavos en su superficie proximal y aplanados distalmente y se encuentran sujetos por ligamentos a la porción central no articular de la tibia, y en el caso del menisco lateral a la fosa intercondílea del fémur (Dyce *et. al.*, 1999b).

Cuatro ligamentos (dos colaterales y un par de ligamentos cruzados) unen el fémur a la tibia. El ligamento colateral medial se extiende desde el epicóndilo medial del fémur hasta la cara medial de la tibia (distal al cóndilo medial) para fusionarse con el menisco medial, mientras que el ligamento colateral lateral discurre desde el epicóndilo lateral del fémur hasta la cabeza del peroné y el cóndilo tibial lateral (Rosster *et. al.*, 2006).

Durante la flexión de la rodilla los cóndilos femorales ruedan sobre la meseta tibial mientras que durante la extensión éstos se mueven cranealmente en relación a la tibia. La restricción primaria de este grado normal de movimiento depende de la integridad de los ligamentos cruzados craneal y caudal (Saldivia, 2018).

El ligamento cruzado caudal impide el movimiento caudal de la tibia, distalmente al fémur, cuando el miembro pélvico carga peso. Este ligamento tiene origen en la fosa femoral intercondílea (superficie interna del cóndilo medial) y discurre distalmente hacia su inserción en el borde medial de la escotadura poplíteica de la tibia, caudalmente a la inserción del menisco medial (Evans & Lahunta, 2002). El ligamento cruzado craneal se origina en el aspecto medial del cóndilo lateral femoral, dentro de la fosa intercondílea, y corre en dirección cráneo-distal hasta su inserción en la tibia. Esto evita la hiperextensión de la rodilla, la excesiva rotación interna de la tibia y la traslación craneal de ésta en relación a los cóndilos femorales (Maxwell, 2011). Está constituido de dos partes funcionales, una banda cráneo-medial pequeña y otra caudo-lateral de mayor tamaño (Piermattei *et. al.*, 2007). A medida que la rodilla se flexiona las bandas que constituyen el LCCr comienzan a rotarse una sobre otra, y esta torsión limita la rotación interna de la tibia (Arnoczky, 1993).

A nivel histológico el ligamento está formado por tejido conjuntivo denso regular, cuyas fibras (predominantemente de colágeno) y fibroblastos están dispuestos en haces paralelos con muy poca presencia de matriz extracelular. Las fibras de colágeno aportan flexibilidad y resistencia tensora a la estructura ligamentar. Cada una de ellas está constituida por haces de subunidades filamentosas más pequeñas denominadas fibrillas. Estas fibrillas a su vez muestran, bajo microscopía electrónica, una secuencia de bandas transversales espaciadas

regularmente que refleja la estructura en subunidades de la fibrilla, es decir el tamaño y la forma de las moléculas de colágeno (Pawlina, 2015).

El rango de movimiento de la rodilla durante el apoyo está determinado por la interacción entre los elementos de restricción pasiva del movimiento articular y las fuerzas que actúan sobre la articulación. Por lo tanto, la alteración en la conformación normal de la articulación fémoro-tibio-rotuliana tras la incongruencia ocasionada por la ruptura del LCCr (RLCCr) altera los puntos de contacto y presión entre la tibia y el fémur durante el apoyo, provoca inestabilidad articular, inflamación y dolor, llevando a la degeneración del cartílago articular y lesionando los meniscos (Andriacchi & Dyrby, 2005)

Al observar los resultados obtenidos por Corbee *et. al.* (2014) luego de evaluar las características de la locomoción en gatos (n=24) vs perros (n=24) sanos sobre una placa de fuerza determinaron que los gatos tienen un mayor pico de fuerza vertical durante la propulsión (es decir mayor fuerza de propulsión) y mayor impulso del miembro posterior comparado con el perro, lo que podría explicarse por una posición más flexionada del gato en reposo si lo comparamos con la especie canina.

En este sentido Brown *et. al.* (2018) realizaron la observación del movimiento tridimensional del miembro posterior en gatos utilizando un modelo cinemático multiplanar y observaron que, en los gatos estudiados, el rango de movimiento (flexión-extensión) de la rodilla en el paso fue de 37,2 y 37,5° para el lado izquierdo y derecho respectivamente, partiendo de los 106,5° en estación a 143,7° en la extensión del paso para el lado izquierdo y de 103,7 a 141,2° en el derecho.

### Epidemiología y prevalencia de la enfermedad

La ruptura de ligamento cruzado craneal (RLCCr) está bien documentada en caninos, identificándose como causa frecuente de claudicación, (Arnoczky, 1993; Johnson *et. al.* 1994); y habiéndose determinado que hasta el 37% de los perros que sufren enfermedad del ligamento cruzado en una rodilla la desarrollarán en la contralateral en el transcurso de un año aproximadamente (Doverspike *et. al.* 1988).

Sin embargo, se ha incluido de manera relativamente reciente en la agenda traumato-ortopédica de la clínica felina. Posiblemente debido a la menor prevalencia de la RLCCr en el gato en relación a lo que sucede en caninos y/o al sub-diagnóstico en esta especie, ya que muchos se recuperan de manera aparentemente espontánea sin tratamiento (Harasen, 2007).

La menor prevalencia de esta patología en el gato podría deberse a que el ligamento cruzado craneal (LCCr) es más largo que el caudal, siendo a la inversa en el perro (Umphlet, 1993), además el menor tamaño del gato (menor carga mecánica sobre el LCCr) podría ser un factor de protección de enfermedad, ya que se ha observado que los cambios degenerativos en la articulación fémoro-tibio-rotuliana tienden a ser más severos y ocurrir de manera más temprana en la medida que el peso aumenta (Vasseur *et. al.* 1985).

En el pasado se relacionó la RLCCr en el gato a procesos traumáticos severos y su resolución quirúrgica era documentada en casos individuales (Ryer, 1981; Harasen, 1988). Sin embargo, si bien los traumatismos, generalmente provocados por caídas de gran altura, se relacionan frecuentemente con la RLCCr muchas veces otras estructuras de la articulación fémoro-tibio-rotuliana resultan afectadas como ligamentos colaterales, ligamento cruzado caudal o meniscos (Harasen, 2007; Maxwell, 2011; Ruthrauff *et. al.* 2011).

Tras la evaluación de 95 casos de RLCCr en gatos, Ruthrauff *et. al.* (2011) determinaron que hasta el 67% de éstos presentaban lesiones asociadas en meniscos. La lesión del menisco medial como única lesión meniscal estuvo presente en el 56% de los casos, mientras que la lesión del menisco lateral como única lesión estuvo presente solamente en el 5% de los pacientes evaluados. Por otra parte, Boge *et. al.* (2019) reportan que 19 de 22 gatos intervenidos quirúrgicamente para la resolución de RLCCr presentaron disrupción total del LCCr y el 47% de éstos tuvo además lesión de menisco.

En este trabajo, además se realizó un estudio epidemiológico retrospectivo entre enero de 2011 y diciembre de 2016 en dos hospitales universitarios donde se incluyeron 50 gatos diagnosticados con enfermedad del ligamento cruzado craneal. Los mismos fueron seguidos (una media de 41 meses post diagnóstico) luego de recibir tratamiento conservador (n=28) vs quirúrgico (con sutura fabelo-

tibial) (n=22), mediante cuestionarios entregados a sus propietarios donde se evaluó calidad de vida y escala de dolor musculoesquelético. De aquí se desprende que los gatos que recibieron tratamiento conservador reportaron una escala de dolor más baja que los pacientes tratados quirúrgicamente, sin embargo, las cirugías fueron realizadas por 12 cirujanos distintos, con distintos niveles de formación, y no se segregaron los pacientes según las lesiones, ya que algunos presentaban múltiples ligamentos afectados, daño en los ligamentos colaterales, lesiones en meniscos, e incluso uno de ellos presentó fracturas asociadas.

Los cambios histológicos en la estructura ligamentar relacionados a la RLCCr en el perro están bien documentados, sin embargo, son pocas las publicaciones realizadas en gatos que estudien este punto. Similar a lo que ocurre en caninos la RLCCr como estructura aislada, sin antecedentes traumáticos aparentes, afecta más frecuentemente a gatos que sufren sobrepeso y muestran cambios histológicos en la estructura ligamentar similares a los observados en los perros afectados por esta patología, como irregularidad en las fibras de colágeno, proliferación fibrocítica y mineralización distrófica (Harasen, 2007; De Sousa *et al.*, 2014). Sin embargo, estos hallazgos se contraponen a lo documentado más recientemente por Wessely *et al.* (2016) quienes no encontraron diferencia significativa asociada al peso o al sexo de los animales con RLCCr ni observaron cambios degenerativos fibrocartilagosos (metaplasia condroide) en ninguno de los gatos con la enfermedad.

Los mencionados autores realizaron un estudio histológico para evaluar la composición del LCCr en gatos con (n=19) y sin (n=50) ruptura de LCCr y lo contrastaron con un grupo control (n=200). Los gatos con RLCCr fueron divididos en dos subgrupos de estudio, según si la lesión estaba o no precedida por trauma. De los 19 gatos con RLCCr, 15 habían padecido trauma previo a la claudicación relatado por sus propietarios o inicio abrupto de claudicación luego de estar en el exterior y 4 gatos no tenían antecedentes de trauma aparente.

Con estos datos los autores determinaron que la media de edad ( $11,7 \pm 1,5$  años) de los gatos pertenecientes al grupo con RLCCr y sin causa traumática aparente previa a la claudicación era significativamente superior a la media de la edad de

los gatos con RLCCr asociada a trauma ( $7,7\pm 2,9$  años) y los gatos del grupo control ( $6,3\pm 5,6$  años). Wessely *et. al.* (2016) observaron además que a medida que la edad avanzaba la presencia de células redondeadas y aplanadas (células condroides) en la estructura ligamentar aumentó y las fibras de colágeno aparecieron más delgadas. Estos fragmentos tisulares se vuelven más intensamente positivos a la reacción del ácido peryódico de Schiff (PAS, por su sigla en inglés) y a la tinción Astra Blue. Sin embargo, no se observaron signos de degeneración condroide en los ligamentos sanos de estos gatos. Cuando observaron al microscopio los ligamentos rotos, tanto de gatos que habían sufrido trauma como los que no, aparecieron alteraciones en la estructura ligamentar, de tal manera que en los gatos en los que hubo RLCCr sin trauma previo aparente no pudo identificarse siquiera la estructura original del ligamento, y sólo fragmentos de fibras de colágeno fueron individualizadas. Observaron además en estos animales procesos de cicatrización y neovascularización y los defectos dejados por la ausencia de la estructura ligamentar eran rellenados con tejido de reemplazo y tejido adiposo, sin embargo, y a diferencia de lo que ocurre en el perro Ichinohe *et. al.*, (2015) no observaron cambios degenerativos fibrocartilaginosos (metaplasia condroide) en ninguno de los gatos con RLCCr.

Si bien anteriormente se dividió a los gatos afectados por RLCCr en dos grupos, uno en los que ésta lesión se acompaña del daño de otras estructuras de la rodilla y es consecuencia de una lesión ocasionada por un trauma mayor; y otro comprendido por aquellos pacientes los en los que la RLCCr no se asocia a trauma aparente y comparte características de la enfermedad degenerativa bien documentada en el perro (Harasen, 2005), actualmente el proceso degenerativo que se sospechaba de la estructura ligamentar no parece estar tan claro, o al menos no respondería a metaplasia condroide. De hecho, la presencia de fibrocartilago en la estructura del LCCr del gato debería ser considerada una adaptación tisular a la compresión entre el LCCr y su punto de contacto con el LCCI. Éste se desarrolla a lo largo de la vida del gato y puede considerarse una adaptación fisiológica de la estructura histológica del tejido ligamentar a las fuerzas que normalmente operan sobre esta estructura, evitando clasificar la presencia de fibrocartilago en el LCCr como cambio degenerativo en la especie felina (Wessely *et. al.*, 2016).

### Diagnóstico y terapéutica

El diagnóstico de RLCCr en el gato, desde el punto de vista clínico, se realiza de manera similar que en caninos. Observándose claudicación aguda, dolor y efusión articular y obteniendo en el examen físico una prueba de cajón notoriamente positiva en la mayor parte de los gatos afectados, así como un test de compresión tibial positivo (McLaughlin, 2002; Harasen, 2007; Maxwell, 2011). En los casos en los que se presente lesión de meniscos junto a la RLCCr se escucha además un “click” al flexionar y extender la rodilla (Maxwell, 2011).

Los signos radiográficos presentes, al igual que en perros, serán efusión articular, distintos grados de enfermedad degenerativa articular y desplazamiento distal de uno o ambos sesamoideos. La mineralización distrófica del LCCr, si bien presente tanto en caninos como en felinos, es más frecuentemente visualizada radiográficamente en gatos y en general se localiza en el punto de inserción del LCCr en el aspecto craneal de la tibia (Harasen 2007; Maxwell 2011).

Por otra parte, Stadig *et. al.*, (2016) evaluaron 10 gatos con historia previa de RLCCr estudiando la distribución del peso durante el apoyo en una placa de fuerza y pidiendo a sus propietarios que completasen un cuestionario de evaluación de la conducta de su mascota. Compararon estos resultados con los arrojados del estudio de 15 gatos sanos y pudieron establecer que el índice de carga “extremidad delantera/extremidad trasera” para el pico de fuerza vertical fue significativamente superior en los gatos que presentaban RLCCr y además tuvieron una disminución en el pico de fuerza de impulso vertical del miembro afectado comparado al contralateral, es decir que cargan menos peso en el miembro afectado. Esto se acompañó de un patrón conductual distinto en los gatos previamente afectados de RLCCr según sus propietarios en comparación a gatos sanos.

Si bien el manejo médico conservador (restricción de la actividad física por 4 a 6 semanas, uso de AINEs y control de peso) puede obtener resultados aceptables en algunos pacientes felinos (McLaughlin 2002; Maxwell 2011), técnicas de

reparación quirúrgica extracapsular indican resultados positivos con un retorno a la función más rápido y confiable (Harasen 2005).

Se debe tener en cuenta que aproximadamente el 80% de los gatos con RLCCr en los que no se resuelve la inestabilidad articular manifiestan osteoartritis a nivel radiográfico (Ruthrauff *et. al.* 2011), y en aquellos pacientes felinos con sobrepeso, alteraciones conformacionales o en los que falle el manejo conservador está indicada la reparación quirúrgica para evitar el avance de una enfermedad degenerativa articular (McLaughlin 2002; Maxwell 2011).

La presencia de mineralizaciones es un hallazgo radiográfico frecuente en la articulación de la rodilla de gatos domésticos adultos y por lo general no está asociada a manifestaciones clínicas (Whiting & Pool, 1985; Freire *et. al.*, 2010). Voss *et. al.* (2016) evaluaron el tamaño, la localización y apariencia de estas mineralizaciones en radiografías de rodillas de gatos con RLCCr (n=25) y sin la lesión (n=44); reportando que el 76% de las rodillas evaluadas de gatos con RLCCr presentaban mineralizaciones articulares, más frecuentemente ubicadas hacia craneal del menisco, a diferencia de las pequeñas osificaciones intra meniscales no asociadas a RLCCr frecuentemente encontradas en gatos adultos al igual que en otros felinos (Walker *et. al.*, 2002), y éstas eran de mayor tamaño que las que se presentaron en gatos sin la mencionada lesión.

El tratamiento debe perseguir como principal objetivo resolver la claudicación y eliminar el dolor causados por la inestabilidad articular mejorando la función del miembro afectado (Kim *et. al.* 2008).

#### Técnicas de Reparación Quirúrgica:

Existen distintas opciones quirúrgicas para el tratamiento de la RLCCr, pudiendo clasificarse en intra-articulares, donde se utilizan injertos o materiales sintéticos para reemplazar el LCCr lesionado, extra-capsulares, que persiguen como objetivo restringir el rango anormal de movimiento de la rodilla mientras ocurre una correcta adaptación articular que provea estabilidad funcional, y técnicas de osteotomía tibial que buscan corregir alteraciones conformacionales para re-establecer la estabilidad funcional de la rodilla (Tonks *et. al.*, 2011).



Una de las técnicas que puede utilizarse para estabilizar la rodilla luego de la ruptura del LCCr es la denominada “*under-and-over*”, técnica intra-capsular que utiliza una sección de fascia lata para restaurar la biomecánica de la articulación fémoro-tibio-rotuliana, procurando sustituir la función del tejido ligamentar lesionado (Shires *et. al.*, 1984). Sin embargo, como en gatos la técnica más frecuentemente utilizada en la práctica clínica es la extracapsular con anclaje fabelo-tibial, Kneifel *et. al.* (2018) compararon la utilización de una u otra técnica en la especie felina. En este trabajo los mencionados autores utilizaron miembros pélvicos cadavéricos colocados en un dispositivo para la aplicación de fuerza vertical y en angulación predeterminada de la rodilla y el tarso (120° cada uno) comparando la distancia entre puntos de referencia femorales y tibiales durante la aplicación de fuerza sobre el miembro. Se evaluó dicho desplazamiento en la rodilla sana, con LCCr seccionado y reparada por cada uno de los métodos. De este trabajo se desprendió que la estabilidad cráneo-caudal proporcionada por la estabilización extra-capsular fabelo-tibial fue significativamente superior a la otorgada por la técnica “*under-and-over*”, con sección de fascia lata de 0,5cm de espesor.

Por otra parte para el tratamiento de la RLCCr como lesión única sin antecedente de trauma aparente se ha reportado en un grupo de 8 gatos, con una media de edad situada en los 8,5 años, peso promedio 6,5Kg y todos ellos castrados (6 machos y dos hembras) el uso de técnica extra-capsular lateral con sutura de nylon monofilamento; una vez diagnosticada la patología, se realizó primeramente la artrotomía lateral para inspeccionar la integridad de estructuras ligamentares y meniscos procediéndose luego a estabilizar la articulación fémoro-tibio-rotuliana con una sutura extra-capsular lateral; dando como resultado el retorno completo a la función en una media de 2 semanas luego de la cirugía (Harasen, 2005).

En esta técnica se ancla una sutura lateral desde la fabela hasta el aspecto proximal de la tuberosidad tibial, siendo la opción más elegida por su simplicidad, bajo costo y menor invasividad (McLaughlin, 2002; Fischer *et al.* 2010) quedando en general las técnicas con osteotomías reservadas a casos con defectos conformacionales como un excesivo ángulo de platillo tibial (Maxwell, 2011).

La mayoría de las técnicas extra-capsulares combinan la imbricación de la cápsula (suturas colocadas en la zona lateral de la cápsula articular) con la imbricación lateral del retináculo (sutura lateral desde la fabela a la cresta tibial) (McLaughlin, 2002). El abordaje puede realizarse mediante artrotomía parapatelar lateral o medial exponiendo la articulación y retirando los remanentes del LCCr y la porción dañada de los meniscos si hubiera lesión en los mismos (Payne & Contanestinescu, 1993). Se lava la articulación y se cierra la cápsula con material absorbible de pequeño calibre y en un patrón continuo. Una vez finalizado este primer paso se procede a pasar la sutura extracapsular lateral por detrás de la fabela y con un taladro se realiza un orificio en la cresta tibial para pasar el otro extremo. Para ello se utiliza una sutura monofilamento no absorbible oscilando su calibre según la preferencia del cirujano entre 2-0 y 0. Una vez ajustada esta sutura, que debe pasar por debajo del tendón rotuliano, la fascia lateral es imbricada sobre la sutura extracapsular con patrón en U horizontal utilizando una sutura absorbible del calibre 3-0. El tejido subcutáneo y la piel se cierran de manera rutinaria (McLaughlin 2002).

De Sousa *et. al.* (2015) realizaron un trabajo en el que compararon tres técnicas de estabilización extracapsular (dos con anclajes femoro-tibiales y una con anclaje fabelo-tibial) para la restauración biomecánica de la articulación femoro-tibio-rotuliana del gato luego de la RLCCr y compararon la estabilidad otorgada por estas técnicas entre sí y con la rodilla sin lesión. De este estudio se desprendió que los tres métodos de estabilización proveen estabilidad similar en el plano sagital (cráneo-caudal) comparable a la estabilidad de la rodilla sin lesión, mientras que en el plano próximo-distal hubo diferencia entre las rodillas estabilizadas mediante sutura extracapsular y las rodillas sin lesión, aunque no se encontró diferencia significativa en la estabilidad proporcionada por las técnicas entre sí.

En casos de lesiones múltiples, como lo reportado por Harasen (2005) para un grupo de 11 gatos traumatizados, que junto a lesión de LCCr presentaron injuria del ligamento cruzado caudal, ligamentos colaterales y /o meniscos; una vez extirpada la porción lesionada de los meniscos o meniscos lesionados, se procede o bien a la colocación de clavo transarticular o a la reparación de la congruencia articular, colocando primariamente suturas para unir los ligamentos

colaterales dañados o mediante la colocación de tornillos en los puntos de origen e inserción de estos ligamentos y posterior colocación de suturas en 8 alrededor de los mismos, para finalmente proceder a la técnica extra-capsular lateral.

Se ha reportado también el uso de un clavo trans-articular en el tratamiento de lesión múltiple o “global knee” en un paciente, con su posterior remoción a las 4 semanas luego de la cirugía y un adecuado retorno a la función y actividad normal luego de 6 semanas (Connery & Rackard, 2000).

Recientemente se ha descrito el uso de la técnica de transposición del bíceps femoral para la restauración de la biomecánica articular como opción terapéutica en el tratamiento de la RLCCr en el gato (Ilker, 2019). En este trabajo se realizó la evaluación clínica (con escala de la Universidad de Illinois) y radiográfica de 8 pacientes tratados con dicha técnica luego de la ruptura traumática del LCCr (seguimiento durante 90 días) concluyéndose que se trata de una técnica de fácil realización, que reduce los tiempos quirúrgicos y consigue buenos resultados (restauración de la biomecánica articular y retorno a la función).

Dentro de las técnicas que utilizan osteotomías para corregir defectos conformacionales que propenden a la RLCCr se ha reportado el uso de TTA (Tibial Tuberosity Advancement, en español avance de la tuberosidad tibial) en dos gatos (Perry & Fitzpatrick, 2010). En este reporte uno de los pacientes había sido previamente sometido a la técnica de sutura extra-capsular fabelo-tibial lateral sin mejoría clínica, presentando ambos una historia de larga evolución de dolor y claudicación atribuibles a RLCCr a pesar del manejo médico conservador aplicado y resultando de la realización de la técnica de TTA la resolución del cuadro clínico.

En este sentido Retournard et. al. (2016) evaluaron el efecto de la realización de esta técnica sobre el deslizamiento craneal de la tibia y su rotación interna comparando estos parámetros de inestabilidad articular en rodillas de cadáveres felinos con el LCCr seccionado y una vez realizada la técnica de TTA. Determinaron de esta manera que el avance adicional de la tuberosidad tibial en 2mm redujo significativamente tanto el deslizamiento craneal de la tibia como su rotación angular interna, observando mejora en la estabilidad de la rodilla con lesión de LCCr luego de aplicada la técnica.

Por otra parte, el uso de la técnica TPLO (Tibial Plateau Leveling Osteotomy, en español osteotomía niveladora del platillo tibial), se fundamenta en la relación existente documentada entre la magnitud del ángulo del platillo tibial (APT) y la incidencia de RLCCr. En gatos, al igual que en perros, se ha observado que aquellos que presentan RLCCr tienen mayores APT, pudiendo éste ser considerado un factor predisponente de enfermedad de LCCr (Schnabl *et. al.* 2009).

Esta técnica, primeramente, descrita por Slocum y Devine en 1993 para su realización en perros, parte de la medición inicial del APT y consiste en realizar una osteotomía del platillo tibial para rotar esta porción de la tibia y disminuir el APT, aliviando las presiones actuantes sobre el LCCr. Sin embargo, Bilmont *et. al.* (2018) publican que si bien la sección del LCCr (realizada en miembros cadavéricos felinos) aumenta la traslación craneal de la tibia y su rotación interna, como sucede en el perro, la técnica de TPLO no consigue estabilizar la rodilla luego de esta lesión en el gato. Estos autores realizan la técnica con APT's +5°, 0° y -5° sin obtener un efecto significativo sobre la traslación craneal ni la inestabilidad rotacional de la tibia.

En 2005, Hoots y Petersen habían publicado la realización de TPLO en un paciente felino para corregir un muy elevado APT, con una evolución post quirúrgica favorable, acompañando lo encontrado por Schnable *et. al.* 2009, quienes midieron el APT en dos grupos de gatos (sanos, n=34 vs con RLCCr unilateral, n=21) concluyendo que en aquellos pacientes con RLCCr el APT fue significativamente mayor que en los que no presentaron la patología ( $24,7 \pm 4,5^\circ$  vs.  $21,6 \pm 3,7^\circ$ ;  $p < 0,01$ ).

Sin embargo, y en contraposición a lo anteriormente descrito, Arruda *et. al.* (2018) realizaron la evaluación radiográfica de 50 rodillas de gatos sin lesión ortopédica y 25 gatos con RLCCr. Las radiografías fueron tomadas en proyección medio-lateral y posicionadas en ángulo de apoyo en estación, sin encontrar diferencias significativas en el APT de gatos sanos vs con RLCCr, concluyendo en dicho trabajo que el APT no está relacionado con la aparición de RLCCr en el gato a diferencia de lo que ocurre en el perro. Estos hallazgos junto a los mencionados respecto a la técnica en sí misma reportados por Bilmont *et.*

al. 2018, como ya fue citado anteriormente, colocan la utilización de TPLO para la corrección de la inestabilidad de la rodilla del gato luego de la ruptura del LCCr en, al menos, un sitio de discusión.

En nuestro medio la técnica más frecuentemente utilizada para la resolución de la ruptura del LCCr en gatos es la extracapsular con nylon colocando la sutura por detrás de la fabela y luego en un punto caudal a la inserción del ligamento patelar en la tibia; sin embargo, a diferencia de lo que sucede en el perro, no se han hecho estudios avalando este punto como el más isométrico de la articulación fémoro-tibio-rotuliana en el gato. Partiendo del trabajo realizado por De Sousa *et. al* (2014) donde se determinan puntos isométricos en la rodilla del gato vamos a utilizar el considerado más isométrico, aplicado en la práctica clínica, y valorar su isometría para definirlo como el anclaje más apropiado para la resolución quirúrgica de esta patología en la especie felina con técnica extracapsular con Nylon.

#### *Puntos Isométricos y Anclaje de la sutura extracapsular:*

Una sutura extra-capsular óptima, que busque re-establecer la biomecánica de la articulación fémoro-tibio-rotuliana cuando ha habido disrupción del LCCr, debe eliminar la traslación cráneo-caudal anormal de la tibia en relación al fémur, y ser colocada de tal manera que la distancia entre sus puntos de anclaje no cambie a lo largo de la flexión y extensión de la articulación, es decir que el anclaje sea isométrico (Hulse *et. al.* 2010; Reichert *et. al.* 2013).

El ligamento cruzado craneal es una estructura compleja cuyas fibras se encuentran laxas o en tensión en los distintos ángulos de flexión y extensión de la articulación, por ello no existen puntos isométricos absolutos para la colocación de una sutura extracapsular (Hulse *et. al.*, 2010). Tanto De Sousa *et. al.* (2014) como Reichert *et. al.* (2013) hacen referencia a puntos “quasi-isométricos”, el primero, o próximos a la isometría, en el segundo trabajo, cuando la variación en la distancia entre dicho par es aceptada como no significativa para el rango de movimiento de la articulación.

De esta manera los mencionados autores definen como “más isométrico” a aquel par de puntos que mantienen un porcentaje de variación en su distancia inferior

al 6% como porcentaje máximo de dicha variación entre los pares de puntos fémoro-tibiales en un rango de movimiento comprendido entre los 50° y 150° de flexión-extensión de la articulación fémoro-tibio-rotuliana en perros (Reichert *et. al.* 2013). Mientras que De Sousa *et. al.* (2014) publican que en gatos este porcentaje de variación de la distancia entre un par de puntos fémoro-tibiales próximos a la isometría (*quasi isométricos*) no debe ser mayor a 1,9% como porcentaje máximo de variación utilizando como cero de referencia la flexión completa a 45° y llevando el rango de movimiento hasta los 160°.

La importancia en la proximidad a la isometría radica en que el par de puntos que cumple con esta premisa se convierte en lugar de elección para la colocación de la sutura extracapsular fabelo-tibial ya que la tensión sobre la sutura puede ser mantenida muy cercana a una constante cuando el par de puntos para su anclaje se encuentran próximos a ser isométricos (Hulse *et. al.* 2010).

### **Hipótesis:**

Existe variación en la distancia entre el par de puntos elegidos en este trabajo para el anclaje de la sutura con técnica extracapsular a lo largo del recorrido flexión-extensión de la articulación fémoro-tibio-rotuliana en felinos domésticos.

### **Objetivos:**

#### **General:**

Validar el par de puntos de uso frecuente en la práctica clínica para el anclaje de la sutura extracapsular fabelo-tibial con nylon en el gato para la resolución de la ruptura del ligamento cruzado craneal (RLCCr); tomando como referencia el punto ubicado a 5mm de la inserción del ligamento rotuliano en la tibia y el centro del sesamoideo lateral al fémur.

#### **Específicos:**

- Evaluar la isometría, a lo largo de la flexión-extensión de la articulación fémoro-tibio-rotuliana, del punto tibial previamente mencionado y el centro de la fabela.
- Evaluar la repetitividad de la isometría en los especímenes utilizados.

## **Material y Método:**

### **Obtención de las muestras**

Se utilizaron 8 cadáveres (16 miembros pélvicos) de felinos adultos de ambos sexos (5 machos y 3 hembras) fallecidos por causas ajenas a esta investigación. Las piezas anatómicas (ambos miembros posteriores) fueron colectadas dentro de las 2 horas posteriores al deceso a modo de evitar el deterioro *post mortem* de los tejidos.

### **Criterios de inclusión:**

- Felinos de ambos sexos
- Sin predilección de razas
- Edad comprendida entre los 2 y 9 años (de manera de evitar la inmadurez esquelética, así como los procesos degenerativos osteoarticulares)

### **Criterios de exclusión:**

- Presencia de patología osteoarticular o intervenciones quirúrgicas que involucraran la articulación fémoro-tibio-rotuliana.
- Prueba de cajón y/o test de compresión tibial positivo.

El procedimiento de extracción de los miembros pélvicos fue estandarizado para evitar lesiones de estructuras de interés comenzando con incisión en piel, con hoja de bisturí N°22, desde el pliegue de la babilla hacia caudal, completando una línea de incisión paralela al pubis que comprendía toda la cara medial del miembro. Posteriormente se continuó con una segunda incisión hacia distal recorriendo la cara interna del mismo en dirección longitudinal hasta alcanzar la articulación tibiotársica.

Una vez expuestos los planos musculares se realizó la transección, mediante la utilización de tijera tipo *Metzenbaum* roma/roma, de los músculos gracilis y sartorio, así como los aductores femorales e iliopsoas, para luego avanzar sobre el músculo cuádriceps y el tensor de la fascia lata hacia craneal y el bíceps femoral y semimembranoso hacia caudal. A medida que se avanzó hacia la cara

lateral del miembro se incidieron los músculos glúteos (profundo, medio y superficial) así como el piriforme en la región próxima a su inserción en la cara glútea del ala del ilion y la fascia glútea, liberando la región coxofemoral para su desarticulación; progresando en la circunferencia del miembro se incidió el músculo semitendinoso, próximo a su origen en la tuberosidad isquiática, y músculos obturadores.

Una vez liberada la articulación coxofemoral de las masas musculares que la rodean se procedió a la desarticulación mediante incisión de su cápsula y ligamento redondo. Luego de retirar el miembro las masas musculares remanentes fueron disecadas para lograr una mejor preservación de la pieza. Se dejó expuesta la estructura ósea subyacente, y se preservaron únicamente aquellas estructuras vinculadas directamente a la articulación fémoro-tibio-rotuliana. Es así que tanto la inserción distal del cuádriceps femoral, como la del tensor de la fascia lata, aductor y sartorio se preservaron debido a su directa vinculación con la rodilla.

De la misma manera las inserciones (ya sea mediante fascias o ligamentares) de los músculos de la cara caudal (poplíteo, semitendinoso, semimembranoso y bíceps femoral) fueron preservadas.

Posteriormente se disecaron las estructuras que cubrían la tibia y el peroné, preservando únicamente aquellos sectores vinculados a la articulación fémoro-tibio-rotuliana. El músculo tibial craneal como el peróneo largo, extensor digital largo, extensor digital lateral, sóleo, flexor digital superficial y flexores profundos (lateral, medial y tibial caudal) fueron seccionados distalmente a su origen. Tanto la tibia como el peroné quedaron entonces expuestos para realizar la desarticulación de la región tibiotársica, eliminando así la región distal del miembro.

Una vez obtenidas las piezas de interés éstas fueron envueltas en gasa embebida en solución fisiológica y colocadas en bolsas plásticas de cierre hermético (de 20x15cm), adecuadas para la preservación en frío e impermeables, identificadas con rotulador indeleble para su almacenamiento en freezer convencional a -20°C, para luego ser descongeladas a temperatura

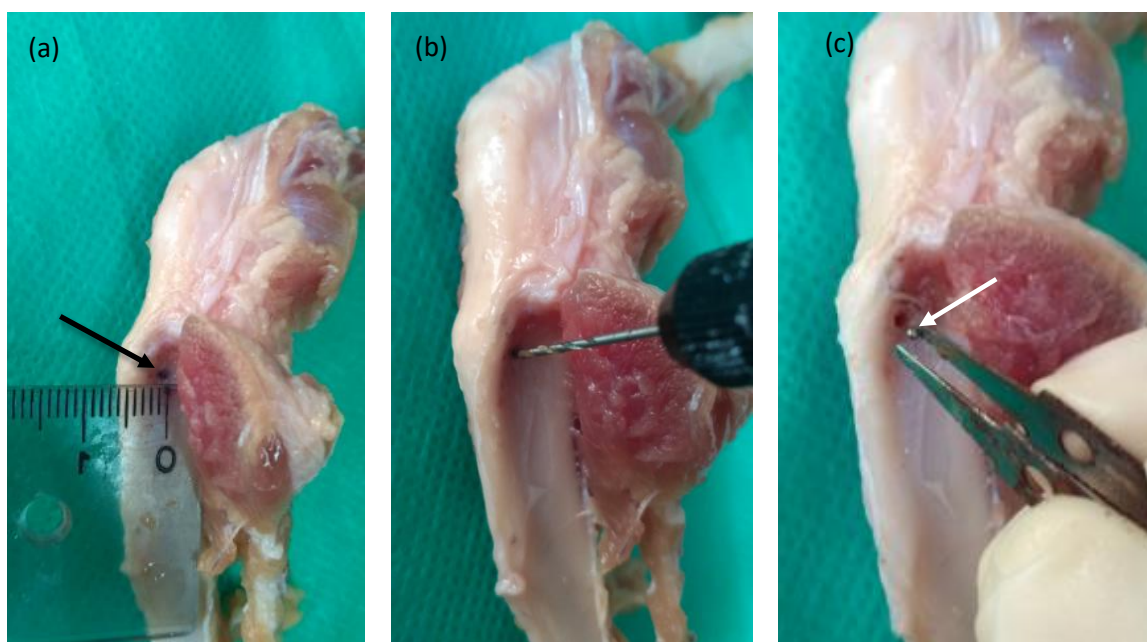


ambiente 24hs antes de su procesamiento posterior (Warzee *et. al.* 2001; Kipfer, 2008; Drygas *et. al.* 2010; Hoffman *et. al.* 2011).

### Colocación del marcador radiopaco:

Una vez descongeladas las piezas (tomándose un par por vez, es decir el miembro posterior izquierdo y derecho de cada gato) se realizó la osteotomía del tercio proximal del fémur y distal de la tibia y peroné para luego introducir en la cavidad medular un clavo intramedular de *Steinmann* de 3mm de diámetro en cada extremo (femoral y tibial), de tal manera de ocupar casi por completo la cavidad medular y asegurar la manipulación estable de la pieza.

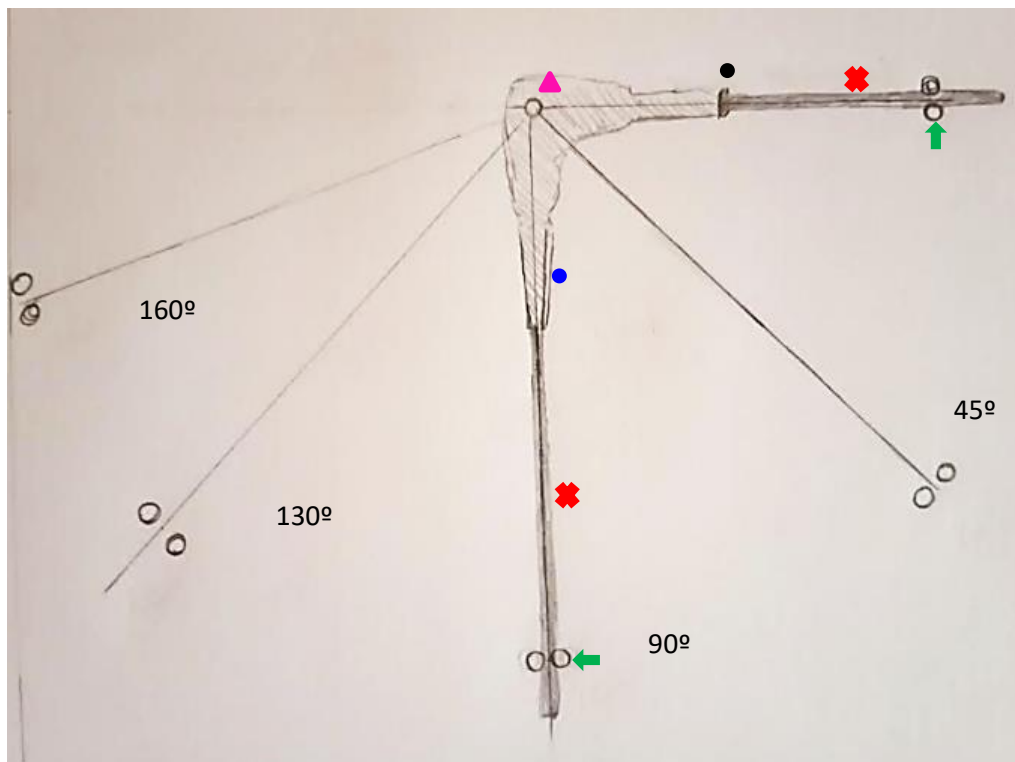
Luego de realizadas las osteotomías y colocados los clavos intramedulares se realizó un orificio en un punto ubicado 5mm proximal a la inserción del ligamento patelar y adyacente a la corteza tibial con mecha de 1.0mm de diámetro y luego se introdujo un marcador esférico radiopaco del mismo calibre (Figura 1).



**Figura 1:** Colocación del marcador radiopaco. (a) punto localizado a 5mm del borde de la tibia (flecha negra) utilizando como referencia la inserción del ligamento rotuliano. (b) Realización del orificio con mecha de 1mm. (c) Colocación del marcador radiopaco (flecha blanca).

Dispositivo para la colocación de piezas durante la realización de radiografías:

Cada pieza fue colocada en un dispositivo diseñado para mantener el posicionamiento de la misma durante la realización de las radiografías. Se construyó para tal fin un dispositivo de madera con los ángulos de estudio marcados (Figura 2); en los extremos de cada una de las líneas se colocó un par de clavos convencionales angulados de tal manera que sus cabezas contuvieran los extremos del clavo intramedular en su interior.



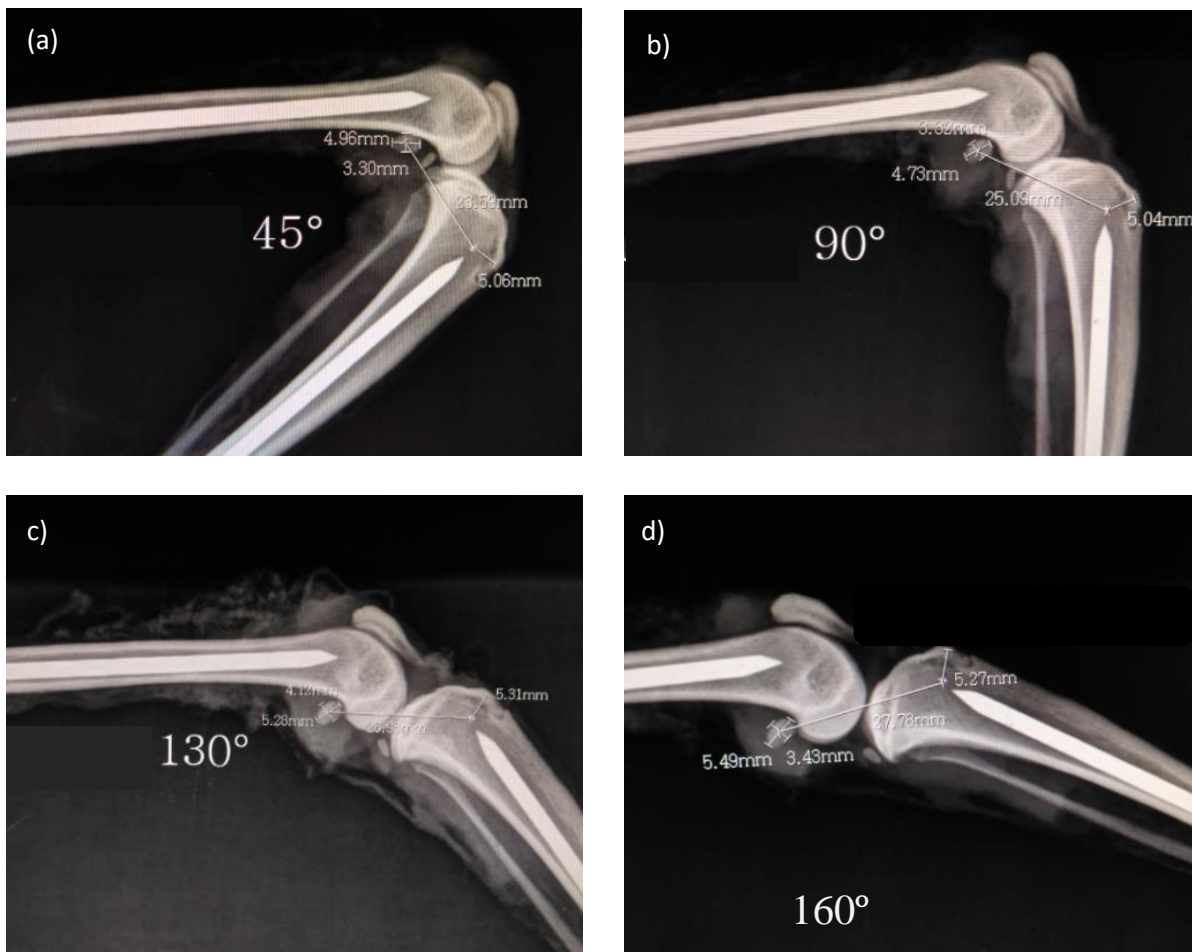
**Figura 2:** Esquema del dispositivo para la colocación de las piezas. Extremo femoral (●) fijo, extremo tibial (●) móvil en cada posición angular marcada (45, 90, 130 y 160°). Se observa en el esquema la colocación de la pieza haciendo coincidir el centro de la articulación fémoro-tibio-rotuliana con el centro de medición angular (▲) y las cabezas de los clavos convencionales (↔) que atrapan el clavo intramedular (✖) en cada extremo.

De esta forma tanto el clavo intramedular del cabo tibial como femoral quedaron sujetos a la tabla coincidiendo su eje con las líneas de los ángulos deseados marcada, e impidiendo el deslizamiento de la pieza durante su posicionamiento.

Realización de radiografías y puntos de referencia:

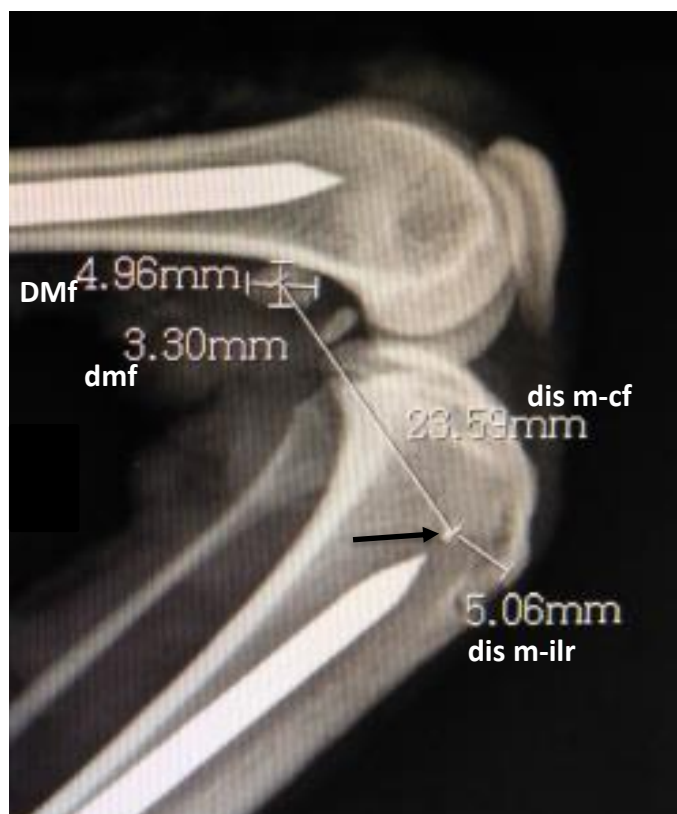
Para la determinación de isometría se tomó como referencia el centro de la fabela (ya que uno de los puntos de anclaje de la sutura extracapsular es justamente alrededor de la misma) y se determinó la variación de la distancia entre éste y un punto ubicado 5mm caudal a la inserción del ligamento patelar y adyacente a la corteza tibial por haber sido encontrado el par potencialmente más isométrico en el trabajo realizado por De Sousa et.al., (2014).

Se obtuvieron radiografías con la tibia y el fémur posicionados en las angulaciones marcadas (45°, 90°, 130° y 160°) con un Equipo Vetter-Rems 100 y digitalizador marca Kodak DirectView, sistema Classic CRCarestram, Servicio de Imagenología, Facultad de Veterinaria, UdelaR para tomar radiografías laterales de cada rodilla (en dirección latero-medial) (Figura 3).



**Figura 3:** Obtención de radiografías. Se observa, a modo de ejemplo, una serie de cuatro radiografías obtenidas de una de las piezas anatómicas (una imagen para cada ángulo de interés, (a) 45°, (b) 90°, (c) 130° y (d) 160°, pudiéndose visualizar los clavos intramedulares y el marcador radiopaco, así como las medidas de estudio.

En cada radiografía (obtenida a 45°, 90°, 130° y 160°) se midió la distancia en mm de los diámetros mayor y menor de la fabela (DMf y dmf respectivamente), la distancia entre el marcador tibial y la inserción del ligamento rotuliano (dis m-ilr), y se registró la distancia de interés entre el marcador radiopaco y el centro de la favela (dis m-cf), determinando el centro de la favela como el punto de intersección entre las líneas imaginarias que recorren el eje mayor y menor de dicha estructura ósea (Figura 4). Se utilizó para la toma de estas medidas el software Carestream Image Suite 4.0 y éstas fueron guardadas en un programa de hojas de cálculo (Microsoft Office Excel 2007, Microsoft Corporation, Redman, WA).



**Figura 4:** Visualización de las medidas de interés; distancia del marcador a la inserción del ligamento rotuliano (dis m-ilr), distancia del marcador al centro de

la fabela (dis m-cf), diámetro mayor de la fabela (DMf) y diámetro menor de la fabela (dmf). Con la flecha se indica la posición del marcador radiopaco.

### Análisis Estadístico:

Como primera aproximación se realizó un análisis descriptivo de todas las variables recogidas; edad, peso, diámetro mayor de la fabela (DMF), diámetro menor de la fabela (dmf), relación DMF/dmf como indicador de su morfología, distancia del marcador a la inserción del ligamento rotuliano (dis m-ilr) como indicador de homogeneidad del sitio de colocación del marcador en la pieza y distancia del marcador al centro de la fabela (dis m-cf).

Para evaluar la isometría entre los puntos de interés se analizó la variación de la distancia del marcador radiopaco al centro de la fabela en términos absolutos (dis. m-cf en mm) en los distintos ángulos de posicionamiento de la articulación de la rodilla y como proporción de cambio ( $VD_{45}$  y  $VD_E$ ) respecto a la posición de referencia  $45^\circ$  de flexión (cero de referencia) ya que corresponde al punto de máxima tensión para la sutura extracapsular durante la flexión completa del miembro; De Sousa *et al.* 2014).

$VD_{45}$  representa la proporción de variación de la distancia debida a la extensión desde la posición de máxima flexión ( $45^\circ$ ) hasta los  $160^\circ$ , pasando por cada una de las posiciones intermedias ( $90^\circ$  y  $130^\circ$ ) y  $VD_E$  representa la proporción de cambio en relación a la posición anterior en cada ángulo de extensión ( $45-90^\circ$ ,  $90-130^\circ$  y  $130-160^\circ$ ).

Para el análisis de estas variables se ajustó un modelo lineal mixto, con efectos fijos del ángulo de flexión (con 4 niveles;  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $130^\circ$ ,  $160^\circ$ ) y del lado (izquierdo y derecho), y efectos aleatorios del gato. Los motivos por los que se optó por este modelo fueron razones de diseño (las medidas de distancia observadas en un mismo gato no son independientes) y significación estadística de las variables incluidas en el modelo. Cuando no se detectó efecto significativo de incluir el factor aleatorio "gato" en el modelo, se optó por el ajuste de un modelo lineal general con efectos fijos únicamente. Mediante test de razón de verosimilitudes (LRT por su sigla en inglés) se evaluó la significación de posibles covariables tales como edad, peso, relación DMF/dmf y lado. Una vez

seleccionado el modelo de mejor ajuste se realizó la validación del mismo mediante el análisis de los residuos, de manera de descartar posibles desvíos de los supuestos de normalidad y homocedasticidad.

Se analizó además la fiabilidad en la colocación del marcador radiopaco, lugar pre establecido para ello vs lugar efectivo de colocación, ya que la distancia objetivo (5mm caudal a la inserción del ligamento rotuliano) podría condicionar las demás medidas obtenidas. De esta manera se ajustó un modelo para la variable “distancia del marcador a la inserción del ligamento rotuliano” (dis. milr.).

Todos los análisis fueron realizados con el programa estadístico R versión 3.5.1 (R Core Team, 2018)

#### Procedimientos de Validación:

Se comprobó de manera manual la inestabilidad craneal de la tibia en relación al fémur (prueba del cajón) previo a la manipulación de la pieza, para constatar presencia o ausencia de movimiento con el miembro en flexión y extensión.

#### Resultados:

La muestra estudiada incluyó 16 miembros pélvicos cadavéricos de gatos (n=8, de los cuales fueron 5 machos y 3 hembras), de edades comprendidas entre los 4 y 9 años y con peso medio próximo a los 5kg (Tabla 1).

**Tabla 1:** Descriptiva de la distribución de las muestras (16 miembros pélvicos de 8 gatos) para las variables peso y edad. Media, desvío estándar (SD), mínimo y máximo.

	Media	SD	Mínimo	Máximo
Edad (años)	6,63	1,74	4	9
Peso (Kg)	4,74	1,06	2,65	5,66

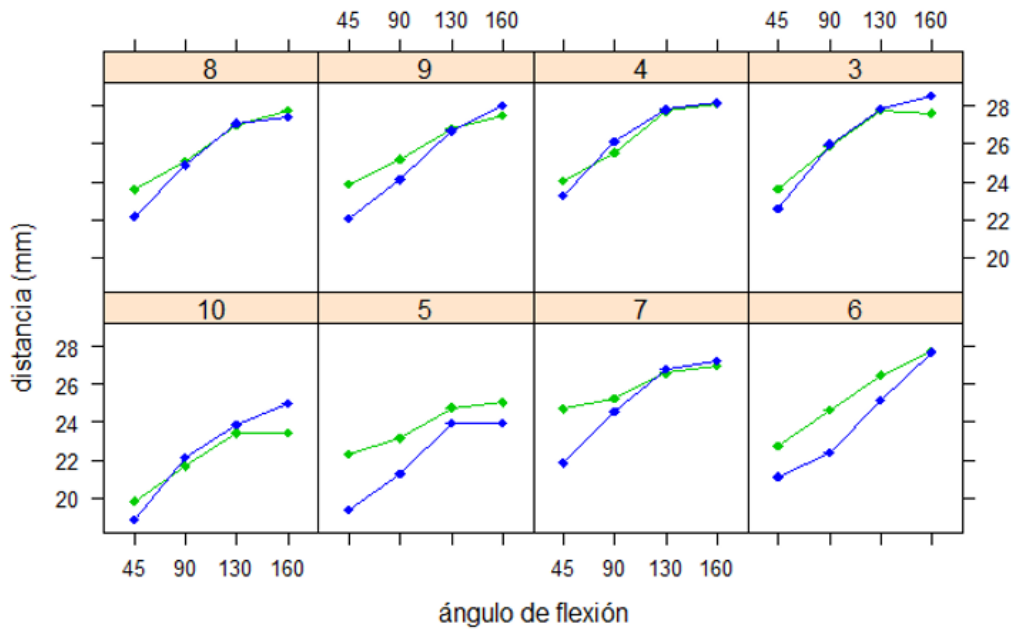
La distancia de interés en el ángulo de referencia 45° (dis m-cf<sub>45</sub>), osciló entre 18,85 y 24,70mm (Tabla 2). En términos porcentuales en el rango completo de extensión (VD<sub>45</sub>, 45°-160°, pasando por 90° y 130° como posiciones intermedias) se obtuvo una media de variación del 21%, mientras que para cada tramo de

flexión-extensión ( $VD_E$ ; 45-90°, 90-130° y 130-160°) dicha variación osciló en el entorno del 7%. En la Tabla 2 se presenta un resumen de las variables recogidas en el conjunto de gatos estudiados.

**Tabla 2:** Descriptiva de las variables de interés diámetro mayor de la fabela (DMf), diámetro menor de la fabela (dmf), relación DMf/dmf (forma), distancia del marcador a la inserción del ligamento rotuliano (dis m-ilr), distancia del marcador al centro de la fabela en posición de referencia a 45° de flexión (dis m-cf<sub>45</sub>), variación porcentual de la distancia acumulada de 45° a 160° ( $VD_{45}$ ) y variación porcentual de la distancia en cada ángulo de extensión (de 45° a 90°; de 90° a 130° y de 130° a 160)  $VD_E$ .; media, desvío estándar (SD), mínimo y máximo.

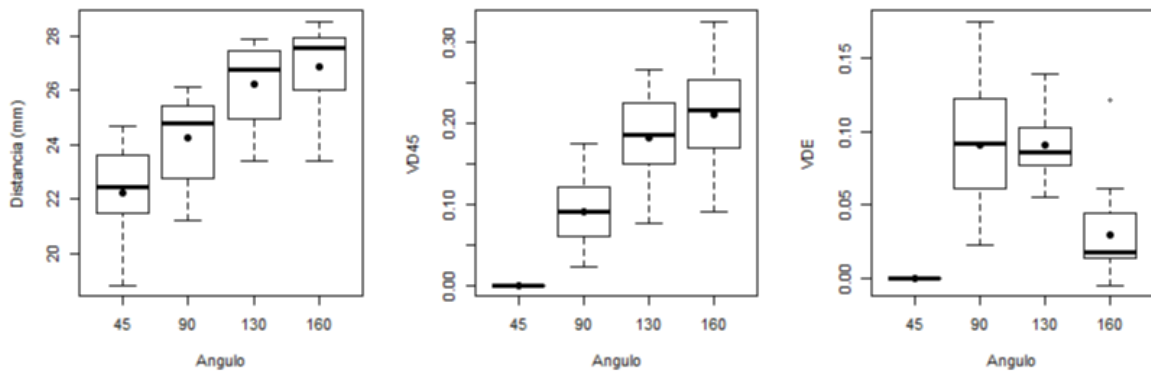
	Media	SD	Mínimo	Máximo
DMf (mm)	5,24	0,53	4,27	6,11
Dmf (mm)	3,85	0,67	3,03	5,42
DMf/dmf	1,39	0,18	1,03	1,78
dis. m-ilr (mm)	5,19	0,19	4,94	5,64
dis. m-cf <sub>45</sub> (mm)	22,25	1,71	18,85	24,70
$VD_{45-160}$ (%)	21,14	6,48	9,10	32,6
$VD_E$ (%)	7,05	4,33	-0,5	17,5

En la figura 5 se describe la distancia de interés, desde el marcador radiopaco al centro de la fabela (dis m-cf), para los diferentes ángulos de flexión en cada uno de los 8 gatos (16 miembros).



**Figura 5:** Distancia desde el marcador radiopaco al centro de la fabela (dis m-cf) para miembros pélvicos (izquierdo en azul y derecho en verde) de 8 gatos (en términos absolutos, en mm) en cada uno de los ángulos de flexión-extensión considerados para la articulación femoro-tibio-rotuliana (45°, 90°, 130°y 160°).

La dispersión de las medidas obtenidas y sus medias se presentan en la figura 6, tanto para la distancia del marcador al centro de la fabela en términos absolutos (dis m-cf en mm) como proporción de variación total, VD<sub>45</sub> (partiendo de 45° como cero o referencia y considerando el acumulado de extensión 45-90°, 45-130° hasta 45-160°) y por tramo de extensión, VD<sub>E</sub>, para 45-90°, 90-130° y 130-160°.



**Figura 6:** Diagramas de cajas para las medidas de interés, distancia del marcador al centro de la fabela (dis m-cf), variación porcentual de la distancia acumulada de 45° a 160° (VD<sub>45</sub>) y variación porcentual de la distancia en cada



ángulo de extensión (VD<sub>E</sub>), de los 16 miembros pélvicos de los gatos analizados. Los círculos en negrita representan la media de la variable.

Para el modelo mixto ajustado sobre la variable “dis. m-cf” se encontró que el efecto aleatorio del gato es significativo (LRT,  $p < 0,001$ ) y mediante el cálculo del coeficiente de correlación intra-clase (CCI), se obtuvo que de la varianza no explicada por la parte fija del modelo (ángulo y lado) el efecto “gato” representa el 82,6% de la variación.

De acuerdo a este modelo ajustado (ver tabla 3), la distancia de interés (dis. m-cf) muestra diferencias significativas entre los diferentes ángulos ( $F=150,98$ ,  $gl=3$ ,  $p < 0,001$ ) y lados ( $F=10,60$ ,  $gl=1$ ,  $p=0,002$ ).

**Tabla 3:** Modelo lineal de efectos mixtos, con efecto aleatorio del gato, ajustado para la distancia de interés, distancia del marcador al centro de la fabela (dis m-cf) de acuerdo al ángulo y al lado. Se presenta el valor de los coeficientes del modelo que indican cómo se modifica la dis m-cf a 45° conforme se avanza en el ángulo de extensión, observándose en la última fila el efecto del lado izquierdo. También se presenta el intervalo de confianza de los coeficientes, el valor del estadístico  $t$  y su  $p$ -valor asociado.

Ángulo	$\beta$	[IC 95%]	$t$	p-valor
45°	22.53	[21,41 - 23,65]	40,31	<0,001
90°	+1,99	[1,50 - 2,47]	8,24	<0,001
130°	+3,99	[3,50 - 4,47]	16,52	<0,001
160°	+4,64	[4,15 - 5,12]	19,21	<0,001
Lado izquierdo	-0,56	[-0,90 - 0,21]	-3,26	0,002

Se realizó además un test de comparaciones múltiples de Tukey donde se encontró que la distancia de interés (dis m-cf) fue significativamente diferente en todos los pares de ángulos considerados.

Ni el peso, ni la morfología de la fabela (relación DMf/dmf) afectaron significativamente la distancia de interés (dis m-cf) y por tanto no se incluyeron en el modelo final.

Por otra parte, se ajustó un modelo lineal mixto para la variable correspondiente a la variación de la distancia en términos de proporción en el rango completo de extensión 45°-160°, VD<sub>45</sub>, con efectos aleatorios del gato, y ángulo y lado como efectos fijos, y se detectaron diferencias significativas entre los diferentes ángulos ( $F=178,70$ ;  $p<0,001$ ) y lados ( $F=91,62$ ;  $p<0,001$ ) sobre la proporción de variación de la distancia en el recorrido de extensión de la articulación fémoro-tibio-rotuliana (VD<sub>45</sub>). Los coeficientes del modelo se presentan en la tabla 4.

**Tabla 4:** Modelo lineal mixto ajustado para la variación de la distancia en términos de proporción en el rango completo de extensión 45°-160°, VD<sub>45</sub> de acuerdo al ángulo y al lado. Se presenta el valor de los coeficientes del modelo que indican la proporción de cambio de la distancia conforme se avanza en el ángulo de extensión, tomando la posición de máxima flexión a 45° como cero de referencia y contrastando la misma con cada uno de los ángulos establecidos. En la última fila se observa el efecto del lado izquierdo. También se presenta el intervalo de confianza de los coeficientes, el valor del estadístico  $t$  y su  $p$ -valor asociado.

Ángulo	$\beta$ (%)	[IC 95%]	$t$	p-valor
45-90°	5,14	[2,9 – 7,3]	4,71	<0,001
45-130°	14,23	[12,0 – 16,4]	13,04	<0,001
45-160°	17,20	[15,0 – 19,4]	15,77	<0,001
Lado	7,89	[6,2 – 9,6]	9,58	<0,001
Izquierdo				

Para este modelo se calculó un de CCI=0.334, por tanto, para el total de variación no explicada por el modelo, 33% se debió al gato.

La variación de la distancia durante la extensión de la articulación fémoro-tibio-rotuliana expresada como proporción de cambio (VD<sub>45</sub>) es estadísticamente significativa desde el primer tramo del recorrido de extensión a 90° con un incremento aproximado al 5%. Dicha variación aumenta en cada tramo hasta llegar a un máximo cercano a 17% cuando se completa la extensión. Ni el peso, ni la morfología de la fabela (relación DMf/dmf) afectaron significativamente la proporción de cambio de distancia entre el marcador

radiopaco y el centro de la fabela (VD<sub>45</sub>) a lo largo del recorrido de extensión de la articulación y por tanto no se incluyeron en el modelo final.

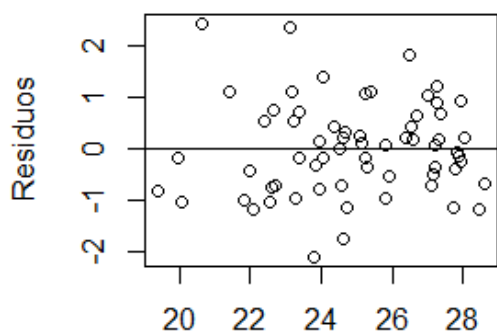
Para la proporción de cambio en cada uno de los tramos de extensión de la articulación de la rodilla, es decir la variación de 45° a 90°, de 90° a 130° y de 130° a 160° (VD<sub>E</sub>), el modelo lineal general seleccionado también contuvo las variables explicativas ángulo y lado. Al ajustar el modelo incluyendo dichos efectos fijos la proporción de variación de la distancia en cada uno de los tramos de extensión (VD<sub>E</sub>) mostró diferencias significativas entre los diferentes ángulos ( $F=119,61$ ;  $p<0,001$ ) y lados ( $F=17,90$ ;  $p<0,001$ ). Sin embargo, al comparar cada uno de los tramos con el anterior (ver tabla 5), se pudo determinar que en los primeros dos tramos de extensión (de 45°, posición de referencia, a 90°, así como de la posición a 90° hasta los 130°) hubo un cambio de aproximadamente 7% en la distancia recorrida, mientras que en el último tramo de extensión (130-160°) la variación fue aproximadamente de 1,3%, sin representar una diferencia significativa. Ni el peso del gato ni la forma del sesamoideo lateral tuvieron impacto sobre la variación de la distancia en cada ángulo de observación.

**Tabla 5:** Modelo lineal ajustado para la variación de la distancia en términos de proporción en cada ángulo de posicionamiento, VD<sub>E</sub>, de acuerdo al ángulo y al lado. Se presenta el valor de los coeficientes del modelo que indican la proporción de cambio de la distancia en cada tramo de extensión, 40-90°, 90-130° y 130-160°. En la última fila se observa el efecto del lado izquierdo. También se presenta el intervalo de confianza de los coeficientes, el valor del estadístico *t* y su *p*-valor asociado.

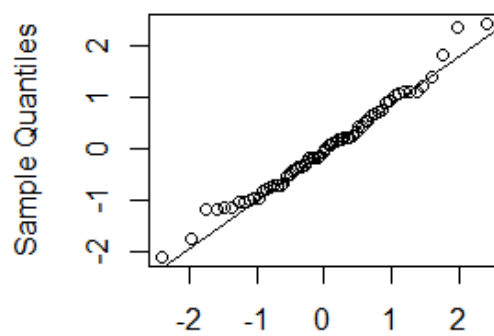
Ángulo	$\beta$ (%)	[IC 95%]	t	p-valor
45-90°	7,39	[5,8 – 9,0]	9.189	<0,001
90-130°	7,38	[5,8 – 9,0]	9.185	<0,001
130-160°	1,27	[-0,3 – 2,9]	1.577	0.12
Lado Izquierdo	3,40	[1,8 – 5,0]	4.230	<0,001

En cuanto a la validación del modelo mixto ajustado para el análisis de la variación de distancia en términos absolutos (dis. m-cf), se presenta el análisis

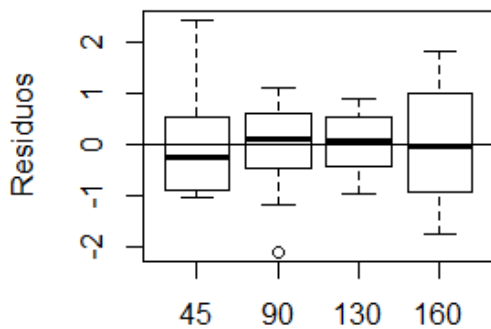
gráfico de los residuos (figura 7). Como se visualiza en las figuras 7a y b la distribución de los residuos del modelo es compatible con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, a la vez que no se observa relación de tendencia con ninguna de las diferentes variables consideradas (ángulo, forma de la fabela, peso del animal y lado, miembro izquierdo vs derecho, figura 7c-f). Tampoco se detectan desvíos de la normalidad o de la homocedasticidad de los residuos a partir de la aplicación de pruebas específicas para las hipótesis referidas (Test de normalidad de Shapiro-Wilk,  $W=0,983$ ,  $p=0,52$ , y Test de Bartlett,  $K=6,75$ ,  $p=0,08$ ).



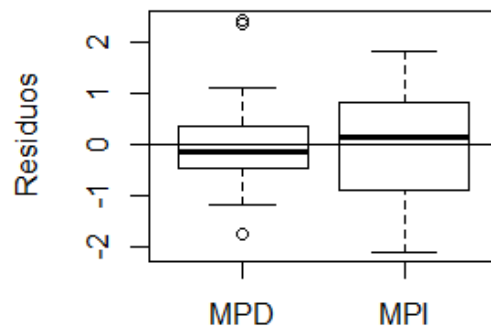
(a) Valor ajustado



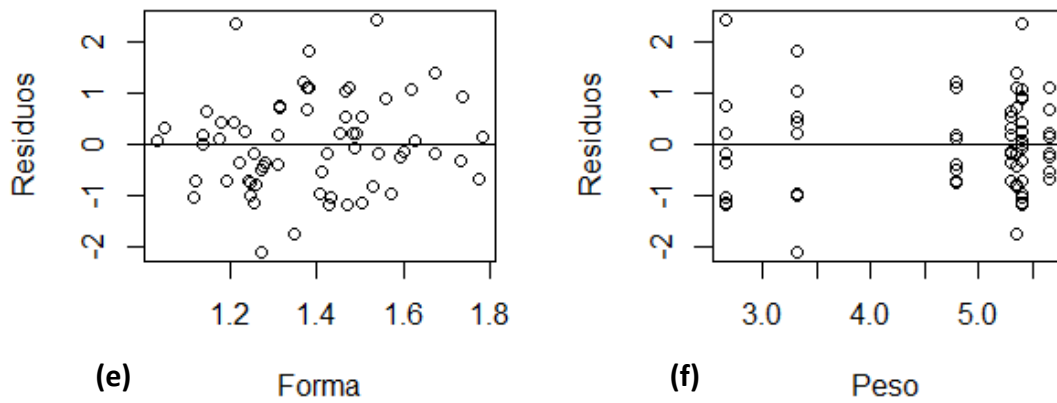
(b) Theoretical Quantiles



(c) Angulo



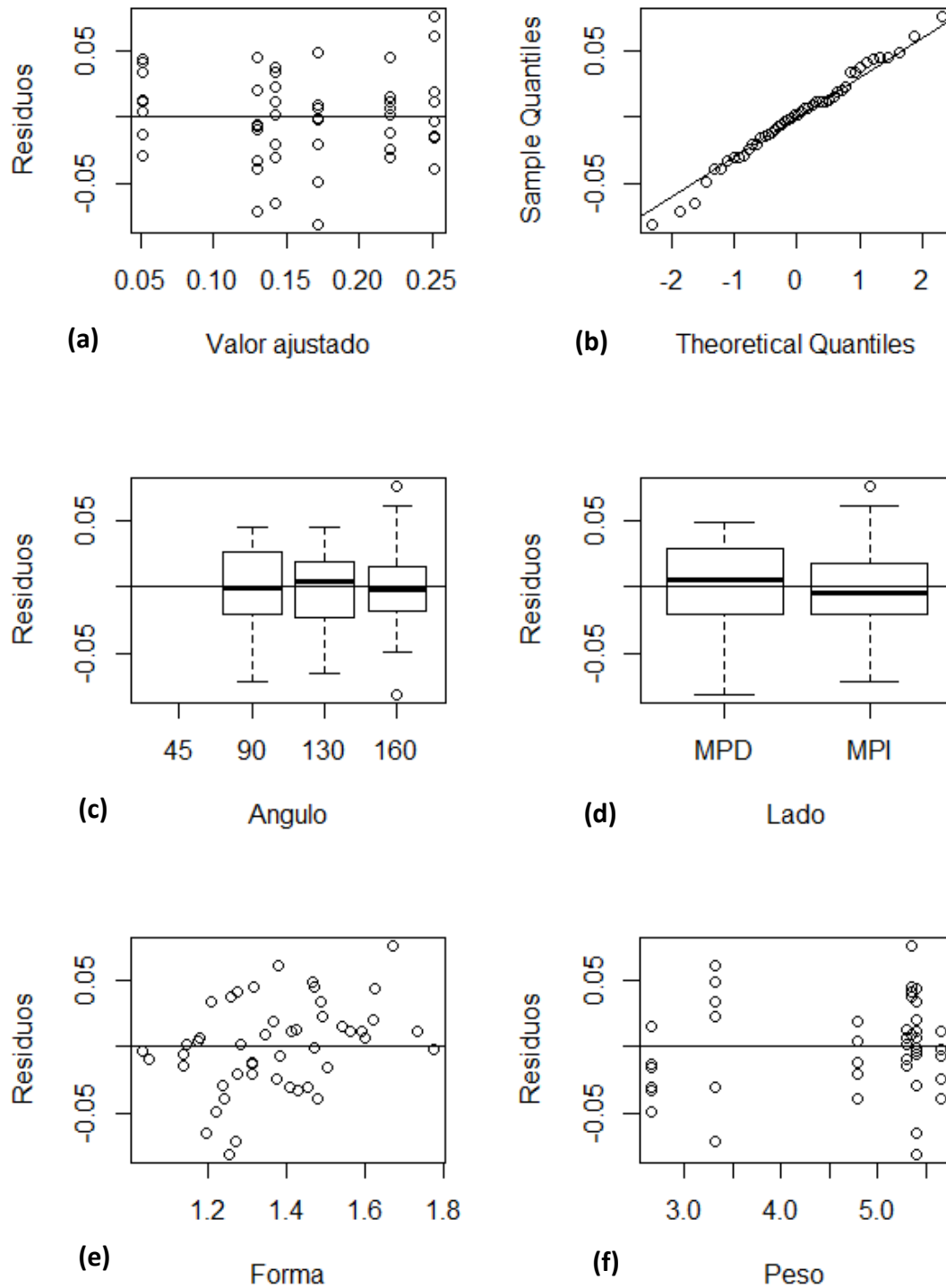
(d) Lado



**Figura 7:** Análisis gráfico de los residuos del modelo ajustado para la variable distancia del marcador al centro de la fabela (dis. m-cf). a) Distribución de los residuos respecto a los valores de distancia predichos por el modelo, b) gráfico qq con los cuantiles observados y esperados en una distribución normal de los residuos, c) distribución de los residuos en función del ángulo, d) distribución de los residuos en función del lado, e) distribución de los residuos según la forma y el peso (f).

Se realizó también la validación de los modelos ajustados para  $VD_{45}$  y  $VD_E$  mediante el análisis de los respectivos residuos (figuras 8 y 9).

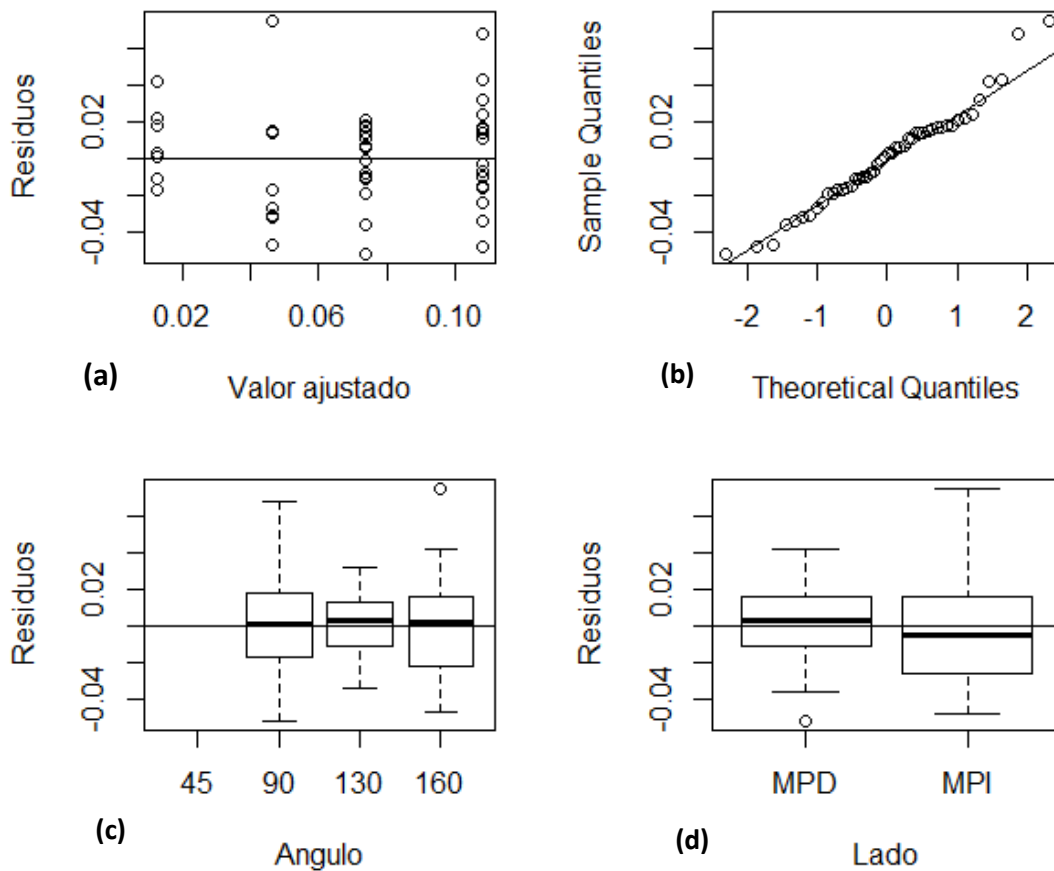
El análisis gráfico de los residuos para  $VD_{45}$  (figura 8) indica que no habría desvíos de los supuestos del modelo, al igual que los test de normalidad (Shapiro-Wilk;  $W=0,97$ ,  $p=0,33$ ) y homogeneidad de varianzas (Bartlett;  $K=1,73$ ;  $p=0,42$ ) realizados. Tampoco se observan tendencias con otras variables no incluidas en el modelo (como peso y forma de la fabela, figura 8e-f). Por tanto, asumimos la validez del modelo seleccionado para el análisis de la variable.

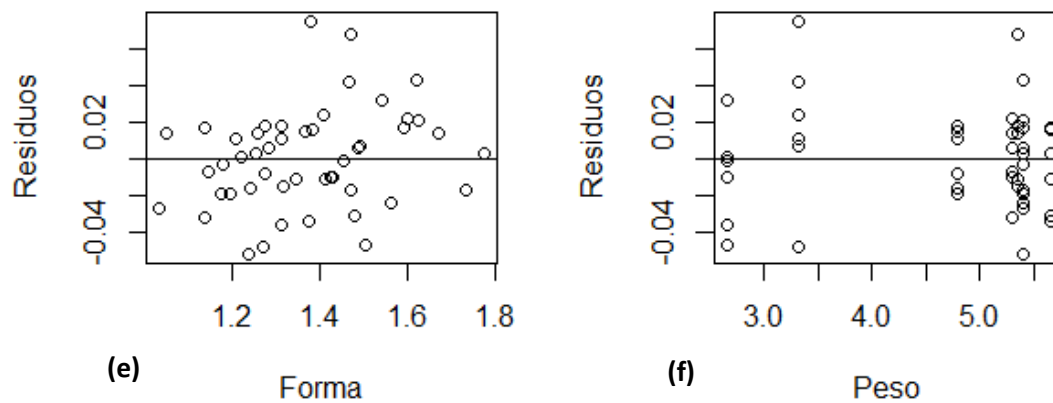


**Figura 8:** Análisis gráfico de los residuos del modelo lineal mixto ajustado para la variable  $VD_{45}$ , variación de la distancia en términos de proporción en el rango completo de extensión  $45^{\circ}$ - $160^{\circ}$ . a) Distribución de los residuos en función de los valores predichos por el modelo, b) comparación mediante gráfico qq de cuantiles observados y esperados bajo una distribución normal de los residuos, c) distribución de los residuos en función del ángulo, d)

distribución de los residuos en función del lado, e) distribución de los residuos según la forma y el peso (f).

Al realizar el análisis de los residuos para  $VD_E$  (modelo lineal general con efectos del ángulo y lado) se puede visualizar en los gráficos de la figura 9 la ausencia de desvíos de los supuestos del modelo. En este mismo sentido los test de normalidad (Shapiro-Wilk;  $W=0,97$ ,  $p=0,31$ ) y homogeneidad de varianzas (Bartlett;  $K=5,24$ ;  $p=0,07$ ) realizados avalan dichos supuestos. Tampoco se observan tendencias con otras variables no incluidas en el modelo (como peso y forma de la fabela), permitiendo asumir la validez del mismo para describir el comportamiento de la variable de interés  $VD_E$  (proporción de cambio en la distancia conforme se extiende la articulación fémoro-tibio-rotuliana).





**Figura 9:** Distribución de los residuos del modelo lineal general ajustado para la variable  $VD_E$ , variación de la distancia en términos de proporción en cada ángulo de posicionamiento. a) Valor de los residuos según los valores predichos para  $VD_E$ , b) gráfico qq para los cuantiles observados respecto a los esperados bajo una distribución de residuos normal, c) residuos en función del ángulo, d) distribución de los residuos en función del lado, e) distribución de los residuos según el peso y la forma (f).

Por último, el análisis de fiabilidad entre el lugar pre establecido para la colocación del marcador radiopaco y el lugar efectivo en que fue colocado no evidenció diferencias significativas en la correspondiente distancia en las distintas mediciones obtenidas. La media general de la distancia entre el punto de colocación efectivo del marcador radiopaco y la inserción del ligamento rotuliano (dis. m-ilr) fue de 5,19mm (5mm era la distancia objetivo) sin encontrarse diferencias significativas en los distintos ángulos. Al calcular el coeficiente de correlación intraclase (CCI) se encontró que la variación de esta medida estuvo influenciada por la variabilidad asociada al gato sólo en un 23%. Sin embargo, se observó diferencia significativa al considerar el lado (izquierdo vs derecho). Al ajustar el modelo para la variable dis. m-ilr. por lado, el punto de colocación del marcador se alejó 0,08mm de la media cuando se consideró el lado izquierdo respecto al derecho de manera sistemática (LRT,  $p=0,04$ ). Para esta variable los residuos se distribuyeron sin apartarse de la normalidad ( $W=0,97$ ;  $p=0,16$ ) y respetando el principio de homocedasticidad ( $K=0,25$ ;  $p=0,61$ )



## **Discusión:**

El objetivo de la resolución quirúrgica de la RLCCr con técnica extra capsular debe ser eliminar la inestabilidad de la articulación fémoro-tibio-rotuliana (Hulse, *et. al.* 2011), permitir el rápido retorno a la función sin dolor y evitar o disminuir la incidencia de enfermedad degenerativa articular posterior, garantizando la calidad de vida del paciente sometido al tratamiento (McLaughlin, 2002; Maxwell, 2011; Ruthrauff *et. al.* 2011). Para la elección del par de puntos de anclaje de la sutura extra-capsular es fundamental considerar que la distancia entre éstos no se modifique a lo largo del rango de flexión y extensión de la articulación, es decir que sean isométricos (Hulse *et. al.* 2010; Reichert *et. al.* 2013), sin embargo, es acotada la información disponible en la bibliografía acerca de cuál sería el par de puntos óptimo para la realización de dicha técnica. Por lo anteriormente mencionado nos planteamos realizar el presente trabajo, en el que se utilizaron cadáveres de gatos de edad adulta (los animales de este estudio tuvieron entre 4 y 9 años de edad) evitándose de esta manera animales con inmadurez esquelética (May *et. al.*, 1991) o con enfermedades degenerativas osteoarticulares (Bennett *et. al.*, 2012). Además, las piezas fueron conservadas para su posterior procesamiento de acuerdo a lo publicado (Warzee *et. al.* 2001; Kipfer, 2008; Drygas *et. al.* 2010; Hoffman *et. al.* 2011; De Sousa *et. al.*, 2014) de tal manera de evitar el deterioro de las mismas.

Si bien el número de animales utilizado puede parecer limitado ( $n=8$ ) el número de muestras está en acuerdo al empleado en otros trabajos de similar diseño (Warzee *et. al.* 2001; Reichert *et. al.*, 2013; De Sousa *et. al.*, 2014) para estudios biomecánicos de la misma articulación. Además, el hecho de que fuera posible detectar diferencias significativas en el comportamiento de las variables de estudio dentro de la muestra analizada, indica que el tamaño de la misma permitió alcanzar la potencia de análisis suficiente. De todas formas, una mayor cantidad de ejemplares hubiera admitido destinar una parte de ellos al entrenamiento del operador. Algunas de las condicionantes que dificultaron la obtención de un número mayor de muestras fueron, por un lado, la dificultad de obtener el permiso del propietario en utilizar el cadáver para investigación, y por otro, el acceso a los mismos en el corto plazo *post mortem*.

La colocación de una sutura extracapsular con nylon, anclada alrededor de la fabela en un extremo y a través de una tunelización tibial en el otro, es una práctica clínica frecuente para la resolución de la ruptura de ligamento cruzado craneal en el gato (Harasen, 2005), sin embargo, el punto tibial para el pasaje de dicha sutura aún no ha sido determinado. Si bien se ha evaluado la isometría de este par de puntos para la realización de esta técnica (De Sousa et. al., 2014), no se ha logrado validar un punto específico como isométrico ni han sido contrastados los próximos a la isometría con la práctica clínica utilizada en nuestro medio. Es por esta razón que vimos la necesidad de diseñar un trabajo que posibilitara la validación de dicho punto y así estandarizar la ejecución de la técnica para esta especie en la práctica clínica local.

Este trabajo buscó identificar aquella locación, que próxima a la isometría, permita que la tensión se mantenga constante a lo largo del rango de movimiento de la articulación fémoro-tibio-rotuliana una vez realizada la técnica. Implicando una ventaja respecto a aquella técnica que no contemple la isometría del par de puntos de referencia para la colocación de dicha sutura y provea de estabilidad en todo el rango de movimiento de la articulación. En este sentido ha sido publicado que la técnica fabelo-tibial provee estabilidad cráneo caudal de la tibia en relación al fémur similar a la observada en una articulación sin lesión, sin embargo, al comparar esta técnica con las que utilizaron anclajes fémoro-tibiales no se encontraron diferencias significativas en ensayo biomecánico (De Sousa et. al., 2015). Cabe mencionar que el punto tibial utilizado en el trabajo referenciado para el anclaje fabelo-tibial fue localizado 6mm caudal y distal a la inserción del ligamento rotuliano, mientras que el utilizado en nuestro trabajo para la validación de un par de puntos próximos a la isometría utilizados en la práctica clínica se encontró 5mm caudal a la inserción de dicho ligamento (similar a lo que fue estudiado por De Sousa et. al., 2014) y esta diferencia podría acarrear resultados fisiológicos diferentes y por tanto precisar de validación biomecánica.

El efecto gato (variación entre individuos) fue responsable del 82,6% de la variación residual del modelo ajustado para la distancia entre el marcador radiopaco y el centro de la fabela en términos absolutos (dis m-cf), sin embargo, ni el tamaño del gato (tomando como parámetro indicador del mismo el peso de

animal) ni la forma de la fabela, más o menos esférica, establecida a partir de la relación resultante entre el diámetro mayor de la misma (DMf) y el diámetro menor (dmf), afectaron de manera significativa la distancia medida en términos absolutos.

Ha sido reportado para la especie canina el impacto de la variabilidad anatómica asociada al individuo en la elección del punto de anclaje tibial para la sutura extracapsular, siendo reportado por Witte (2015) que la anatomía proximal de la tibia, en perros de razas pequeñas, influye en el sitio óptimo de anclaje para la sutura extracapsular en la resolución de la RLCCr. En nuestro conocimiento no han sido publicados trabajos que estudien las medidas anatómicas de la tibia del gato en relación a los puntos de anclaje para una sutura extracapsular y cómo la conformación ósea pueda incidir en el comportamiento biomecánico de dichos puntos, pero debido a la variabilidad individual encontrada que no respondió ni al tamaño ni a la forma del sesamoideo sería interesante plantear esta interrogante para un futuro trabajo.

Por su parte, Fonseca *et. al.* (2017) realizaron un estudio anatómico del fémur en relación a la articulación de la cadera y la angulación de los miembros pélvicos en gatos, mediante un estudio radiográfico, sin encontrar relación entre el largo femoral de los individuos estudiados y los ángulos femorales de referencia. Sin embargo, podría ser apropiado realizar la medición de esta característica (longitud femoral) en relación a la articulación fémoro-tibio-rotuliana y determinar si la misma tiene efecto en la conformación de la rodilla y con ello en la distancia del marcador radiopaco al centro de la fabela en términos absolutos.

Los resultados obtenidos en nuestro trabajo muestran diferencias significativas en la distancia entre el marcador radiopaco y el centro de la fabela a lo largo del movimiento de la articulación, tanto en términos absolutos como en términos relativos (respectivamente dis. m-cf., VDE, VD45). Sin embargo, al comparar la variación de la distancia entre el marcador radiopaco y el centro de la fabela en términos absolutos (dis. m-cf. en mm) se pudo visualizar el impacto de los factores asociados al individuo en la interpretación de dicha variable. La variación gato a gato hace que esta variable expresada en mm, como una medida lineal, sea significativamente diferente entre los individuos en todos los

ángulos y por tanto no sea la más adecuada para compararlos, debido a que la variación en mm de esa distancia está directamente influenciada por la distancia inicial (dis m-cf<sub>45</sub>), diferente para cada gato.

Para poder valorar la magnitud de la variación de la distancia de interés sin el “ruido” aportado por la diferencia individual inicial se utilizaron variaciones porcentuales de dicha distancia, o proporciones de cambio de esa variación, como ya ha sido utilizado en trabajos de similar diseño (De Sousa *et. al.* 2014; Fischer *et. al.* 2015), sin unidades absolutas para corregir de esa manera la distancia inicial (dependiente del animal).

Al valorar la proporción de cambio de la distancia del marcador radiopaco al centro de la fabela en los distintos ángulos de flexión-extensión de la articulación de la rodilla se observó que la mayor parte de la variación se concentró en los primeros tramos de extensión (desde 45 a 130°) acumulándose allí un 14% aproximado de la variación total, mientras que en el último tramo de extensión, desde 130° a la extensión completa a 160°, la variación en la distancia no fue significativa, pudiendo asumir isometría en este último tramo. Esto concuerda con lo previamente publicado por De Sousa *et. al.* (2014) en cuanto a que la mayor variación fue observada en el primer tramo de extensión (45-90°) mientras que el último tramo de extensión fue isométrico.

Siguiendo lo publicado por De Sousa *et. al.* (2014) para el estudio de puntos isométricos en el gato se consideró como posición angular de referencia la flexión a 45° por ser la que soportará luego la máxima tensión cuando la técnica sea realizada en un paciente real. Sin embargo, Fischer *et. al.* (2015) publican, en un trabajo realizado en caninos donde también evalúan los porcentajes de variación de distancia entre puntos fémoro-tibiales para el anclaje de la sutura fabelo-tibial, la elección como posición de referencia el ángulo de estación a 130°. Sería interesante en un próximo trabajo evaluar cómo se comporta dicha variación tomando de referencia una posición más próxima a la estación durante el paso fisiológico en el gato, ya que si bien la posición de máxima flexión a 45° es la que exigirá en mayor medida la sutura realizada no es una posición naturalmente adoptada en la marcha fisiológica de esta especie (Brown *et. al.* 2018).

Tomando en consideración lo publicado por Brown *et. al.* (2018), quienes determinaron el rango de movimiento (apertura del ángulo flexión-extensión) durante el paso fisiológico del gato, observaron que el mismo fue próximo a los 37° de recorrido partiendo, en promedio, de los 105° y llegando en la extensión del paso a los 142° aproximadamente. La variación de la distancia para el par de puntos de anclaje fabelo-tibial estudiados en nuestro trabajo en relación al recorrido flexión-extensión de la articulación de la rodilla durante el paso fisiológico es del orden del 7% (variación en el tramo de 90 a 130°) ya que para el último tramo (130-160°) la variación no fue significativa considerándose isométrico. Dicha variación, cercana al 7%, puede considerarse próxima a la isometría según lo aceptado por Reichert *et. al.* 2013, y justificaría la utilización del punto propuesto en nuestro trabajo para el anclaje del extremo tibial de la sutura extracapsular para la estabilización de la articulación fémoro-tibio-rotuliana en esta especie luego de la ruptura del ligamento cruzado craneal.

Pese a que este par de puntos no es isométrico en el recorrido completo de flexión y extensión de la articulación, sí se comporta como tal durante las fases del paso fisiológico, constituyéndose ésta en una de las razones que ampare su uso en la práctica clínica. Si bien las fibras colágenas del ligamento pueden mantenerse tensas o relajadas en los distintos ángulos de flexión y extensión, la tensión que cargue una sutura extracapsular podrá ser mantenida próximo a una constante si el par de puntos escogidos para el anclaje es próximo a la isometría (Hulse *et. al.*, 2010). En este sentido Tonks *et. al.* (2011) sostienen que la isometría fisiológica debe priorizarse a la geométrica y ésta debe buscar aproximarse a la cinemática normal de la articulación de la rodilla, variando entre individuos.

En este punto es relevante recordar que según ha sido reportado por Reichert *et. al.* (2013), luego de realizar un estudio radiológico de puntos isométricos en la articulación fémoro-tibio-rotuliana del perro, cuando estudiaron los puntos de origen e inserción del ligamento cruzado craneal determinaron un porcentaje de variación de distancia entre estos puntos del orden del 12,5% durante el rango de flexión-extensión de la rodilla. De aquí que concluyen que los propios puntos de origen e inserción del ligamento no son isométricos en el rango de movimiento de la rodilla y sugieren que esto puede estar asociado a que no se trata de una

estructura única lineal y fija entre dos puntos. Cabría plantearse la necesidad de realizar un estudio que permitiese determinar la isometría de los puntos de origen e inserción del LCCr en el gato y obtener información de su comportamiento en el rango de flexión-extensión de la articulación.

Como ya fue mencionado el LCCr está compuesto por dos bandas, una caudolateral que se mantiene tensa durante la extensión y se relaja en la flexión y otra craneomedial que se mantiene relativamente tensa en todo el recorrido girando sobre sí misma y alrededor de la caudolateral (Arnoczky, 1993). Por tanto, Reichert *et. al.* (2013) proponen que es la interacción entre ambas bandas ligamentares la que conseguiría un comportamiento próximo a la isometría del conjunto, y se debe tomar en cuenta que la estabilización de la rodilla mediante sutura extracapsular no puede contemplar estas características anatómicas y funcionales de la estructura ligamentar que pretende sustituir para lograr la estabilidad de la articulación.

Se encontró diferencia significativa en la variación de la distancia, tanto en términos absolutos como relativos, en relación al lado (izquierdo vs derecho) para las variables de interés (dis m-cf, VD<sub>45</sub> y VD<sub>E</sub>). Esa diferencia asociada al lado podría estar revelando la incidencia del operador en la obtención de las medidas recogidas. Si bien un único individuo colocó todos los marcadores radiopacos y tomó la totalidad de las radiografías y medidas radiográficas, luego de realizar el correspondiente posicionamiento de las piezas, pudo haber tenido diferencias en la realización de la técnica (perforación de la tibia con mecha de 1mm para la colocación de la esfera radiopaca) según si se tratase del miembro pélvico izquierdo o derecho del animal.

En este sentido, si bien la distancia entre el marcador y la inserción del ligamento rotuliano (dis. m-ilr) se mantuvo constante para todos los ángulos y todas las muestras, sin detectar diferencia significativa entre éstas, cuando se analizó el comportamiento de esta medida según el miembro pélvico utilizado, derecho vs izquierdo, se obtuvo diferencia significativa al considerar el lado. Esto se refleja en todos los análisis realizados apareciendo de manera sistemática el efecto lado para todas las variables. Es esperable suponer que, si en la colocación del marcador radiopaco se incurrió en este tipo de error, cuando se compararon

medidas dependientes del sitio de colocación del mismo, el error se hubiera mantenido y se detecten diferencias en las variables analizadas asociadas al lado. Esto podría deberse también a la anatomía tibial, debido a que la cresta tibial se curva levemente hacia medial pudiendo afectar la incidencia del rayo durante la radiografía y su penetración en la región proximal de la tibia, aunque de haber incurrido en error debido a esta característica posiblemente se hubiera constatado en similar magnitud para ambos miembros. Sin embargo, debería considerarse la incidencia del rayo sobre la estructura ósea como un elemento que aporta un posible error a la medida.

Es importante en este punto considerar que la curva de aprendizaje de un cirujano (en medicina humana) para la correcta tunelización de la tibia en la corrección quirúrgica de la RLCCr, con colocación de injerto femoro-tibial, es de 100 pacientes (Hohmann *et. al.* 2010) y en este trabajo la maniobra de tunelización no fue realizada por un cirujano entrenado. Por otra parte, y en este mismo sentido, ha sido determinado que pequeñas variaciones en las técnicas que buscan restaurar la estabilidad de la articulación fémoro-tibio-rotuliana luego de la sección del LCCr demuestran resultados diferentes con leves modificaciones, en este sentido, como fue previamente mencionado, Retournard *et. al.* (2016) determinaron que el avance adicional en 2mm de la técnica de TTA para la resolución quirúrgica de esta patología en gatos tuvo un impacto significativo tanto sobre el deslizamiento craneal de la tibia como sobre su rotación angular interna, disminuyéndolos en relación a la técnica tradicionalmente extrapolada de caninos, sin embargo los mismos autores prueban el desplazamiento primero con 1 y luego con 2mm y es recién en la segunda variación que consiguen mejorar de forma significativa la rotación y traslación tibial. Por ello, si bien pequeñas variaciones pueden afectar aparentemente la biomecánica de la articulación, variaciones tan pequeñas (inferiores a una décima en promedio) como las encontradas en el presente trabajo cuando se comparó el sitio de colocación del marcador radiopaco según si se trató de un miembro pélvico izquierdo o derecho no deberían generar impacto suficiente como para condicionar el éxito funcional de la técnica.

## **Conclusiones:**

Fue posible la colocación del marcador radiopaco en la tibia a 5 mm hacia caudal de la inserción del ligamento rotuliano, y mediante análisis estadístico fue posible su repetitividad en todos los especímenes utilizados. Fue posible evaluar isometría con el modelo construido y determinar que, si bien el par de puntos estudiado no se comporta de manera isométrica en el rango completo de flexión-extensión de la articulación fémoro-tibio-rotuliana del gato, con estos resultados podríamos considerar apropiada la localización tibial evaluada para el anclaje de una sutura fabelo-tibial en la reparación de la RLCCr en esta especie ya que mantiene una variación de distancia próxima a la isometría para los tramos de extensión comprendidos entre los 90 y 160°.

Si bien es necesario complementar este trabajo con un estudio de la biomecánica de la articulación luego de la realización de la técnica, *a priori*, se puede sostener que un par de puntos próximos a la isometría, con una variación en torno al 7% en el rango de movimiento durante el paso fisiológico, podría ser apropiado para restaurar la estabilidad articular luego de la RLCCr en el gato.



## **Bibliografía:**

- Andriacchi T. y Dyrby C. (2005). Interactions between kinematics and loading during walking for the normal and ACL deficient knee. *Journal of Biomechanics*, 38: 293-98.
- Arnoczky S.P.(1993). Pathomechanics of ligament and meniscal injuries. En M.J. Bojrab, *Dissease Mechanisms in Small Animal Surgery* (pp 764-770). 2ª ed. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Arruda A., Muzzi L., Lacreata Jr A., Muzzi R, Sampaio G., Moreira S. y Mesquita L. (2018). Radiographic assessment of the proximal tibial angles in dogs and cats with and without cranial cruciate ligament rupture. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 38(6),1190-1195.
- Bennett D., Zainal Ariffin, S. M. y Johnston, P. (2012). Osteoarthritis in the cat 1. How common is it and how easy to recognise?. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 14(1), 65–75.
- Bilmont A., Retournard M., Asimus E., Palierne S. y Autefage A. (2018). Effect of Tibial Plateau Levelling Osteotomy on Cranial Tibial Subluxation in the Feline Cranial Cruciate Deficient Stifle Joint: An Ex Vivo Experimental Study. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 31(04), 273-278.
- Boge G., Engdahl K., Moldal E. y Bergström A. (2019). Cranial cruciate ligament disease in cats: an epidemiological retrospective study of 50 cats (2011–2016). *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 22(4). Doi: 10.1177/1098612X19837436
- Brown N., Bertocci G., Cheffer K. y Howland D. (2018). A three-dimensional multiplane kinematic model for bilateral hind limb gait analysis in cats. *PLOS*, 13(8): e0197837. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197837>
- Corbee R.J., Maas H., Doornenbal A. y Hazewinkel H.A.W.(2014). Forelimb and hindlimb ground reaction forces of walking cats: Assessment and comparison with walking dogs. *The Veterinary Journal*, 202, 116-127.

- De Sousa R., Knudsen C., Holmes M. y Langley-Hobbs S. (2014). Quasi-Isometric Points for the technique of Lateral Suture Placement in the Feline Stifle Joint. *Veterinary Surgery*, 43, 120-126.
- De Sousa R., Sutcliffe, M., Rousset, N., Holmes, M., y Langley--Hobbs, S. (2015). Treatment of cranial cruciate ligament rupture in the feline stifle: Biomechanical comparison of a standard fabella-tibial suture and lateral sutures placed between quasi-isometric points. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 28, 401-408.
- Doverspike M., Vasseur P. y Harb M. (1988). Contralateral cranial cruciate ligament rupture: incidence in 114 dogs. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 24, 333-340.
- Drygas K., Pozzi A., Goring R., Horodyski M.B. y Lewis D. (2010). Effect of Tibial Plateau Leveling Osteotomy on Patellar Tendon Angle: A Radiographic Cadaveric Study. *Veterinary Surgery* 39, 418-424.
- Dyce K.M., Sack W.O. y Wensing C.J.G. (1999). *Anatomía Veterinaria*. México, Mc Graw Hill.
- Evans, H.E. y de Lahunta A . (2002) *Miller's Anatomy of the dog*. 4ª ed. St.Louis: Elsevier Saunders.
- Fischer C., Alarcón J., Troncoso I., Cherres M. (2015) An in vitro study of potential attachment sites for the reconstruction of the medial collateral ligament of canine stifles. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 47(2), 259-262.
- Fischer C., Cherres M., Grevel V., Oechtering G., y Böttcher P. (2010). Effects of Attachment Sites and Joint Angle at the Time of Lateral Suture Fixation on Tension in the Suture for Stabilization of the Cranial Cruciate Ligament Deficient Stifle in Dogs. *Veterinary Surgery*, 39 (3), 334-342.

- Fonseca R. L., Lobo A. R. y Santana M. I. (2017). Measurements of femoral angles, femur length, and hip width in cat radiographs. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 69 (6), 1513-1520.
- Freire M., Brown J., Robertson I.D. (2010). Meniscal mineralization in domestic cats. *Veterinary Surgery*, 39, 545–552.
- Harasen G. (1988). Bilateral ruptura of the cranial cruciate ligaments in a cat. *Canadian Veterinary Journal*, 29:172.
- Harasen G. (2005). Feline cranial cruciate rupture: 17 cases and a review of the literature. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 2018, 254-257.
- Harasen G. (2007). Feline cruciate rupture. *Canadian Veterinary Journal*, 48(6), 639-640.
- Hayashi K., Bhandal J., Rodriguez C.O. jr., Kim S.Y., Entwistle R., Naydan, Kapatkin A., Stover S.M. (2011). Vascular distribution in ruptured canine cranial cruciate ligament. *Veterinary Surgery*, 40, 198–203.
- Hoffmann D., Kowaleski M., Johnson K., Evans R. y Boudrieau R. (2011). Ex Vivo Biomechanical Evaluation of the Canine Cranial Cruciate Ligament-Deficient Stifle with Varying Angles of Stifle Joint Flexion and Axial loads after Tibial Tuberosity Advancement. *Veterinary Surgery*, 40, 311–320.
- Hohmann E., Bryant A. y Tetsworth K. (2010). Tunnel positioning in anterior cruciate ligament reconstruction: how long is the learning curve? *Knee Surgery, Sports Traumatology. Arthroscopy*, 18(11), 1576–1582.
- Hoots E. y Petersen S. (2005) Tibial Plateau Leveling Osteotomy and Cranial Closing Wedge Osteotomy in a Cat With Cranial Cruciate Ligament Rupture. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 41(6), 395-399.
- Hulse D., Hyman W., Beale B., Saunders B., Peycke I. y Hosgood G. (2010). Determination of isometric points for placement of a lateral suture in

- treatment of cranial cruciate ligament deficient stifle. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 23 (3), 163-167.
- Hulse D., Saunders B., Beale B., Kowaleski, M. (2011). Extra-articular stabilization of the cranial cruciate deficient stifle with anchor systems. *Tierärztliche Praxis Ausgabe K*, 39(05), 363–367.
- Ichinohe T., Kanno N., Harada Y., Yogo T., Tagawa M., Soeta S., Amasaki H. y Hara Y. (2015). Degenerative changes of the cranial cruciate ligament harvested from dogs with cranial cruciate ligament rupture. *Journal of Veterinary Medical Science*, 77(7), 761–770.
- Ilker S. (2019). Clinical and radiological evaluation of the treatment of cranial cruciate ligament rupture in cats with the musculus biceps femoris transposition technique. *Acta Veterinaria-Beograd*, 69(3), 300-311.
- Janssens L.A., Janssens G.O. y Janssens D.L. (1991). Anterior cruciate ligament ruptura associated with cardiomyopathy in three cats. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 4, 35-37.
- Johnson J., Austin C., y Breur G. (1994). Incidence of canine appendicular musculoskeletal disorders in 16 veterinary teaching hospitals from 1980 to 1989. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 7, 56-69.
- Kim S., Pozzi A., Kowaleski M. (2008). Tibial osteotomies for cranial cruciate ligament insufficiency in dogs. *Veterinary Surgery*, 37, 111-125.
- Kipfer N., Tepic S., Damur D., Guerrero T., Hässig M. y Montavon P. (2008). Effect of tibial tuberosity advancement on femorotibial shear in cranial cruciate-deficient stifles An in vitro study. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 21, 385–390.
- Kneifel W., Borak D., Bockstahler B. y Schnabl-Feichter E. (2018). Use of a custom-made limbpress model to assess intra- and extracapsular techniques for treating cranial cruciate ligament rupture in cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 20(4), 271–279.

- May C., Bennett D. y Downham D. (1991). Delayed Physeal closure associated with castration in cats. *Journal of Small Animal Practice*, 32, 326-328.
- Mc Laughlin R. (2002). Surgical diseases of the feline stifle joint. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 32, 963-982.
- Maxwell M. ( 2011). Cranial Cruciate Ligament Rupture. En G. Norsworthy, S. Fooshee Grace, M.A. Crystal, L.P. Tilley, *The Feline Patient* (pp 638-639). 4ª Iowa, Blackwell.
- Pawlina W. (2015). Capítulo 6. En Michael H. Ross, Wojciech Pawlina. *Ross Histología; texto y atlas. Correlación con biología celular y molecular.* (pp171-174). 7ª ed. Barcelona: Wolters Kluwer.
- Payne J. T., & Constantinescu G. M. (1993). Stifle Joint Anatomy and Surgical Approaches in the Dog. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practic*, 23(4), 691–701.
- Perry A., Fitzpatrick N. (2010) Tibial tuberosity advancement in two cats with cranial cruciate ligament deficiency. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 23, 196–202.
- Piermattei D, Flo G y De Camp C. (2007) *Manual de ortopedia y reparación de fracturas en pequeños animales.* 4ª ed. Buenos Aires, Intermédica.
- R Foundation for Statistical Computing (2018). R: A language and environment for statistical computing. Recuperado de <https://www.R-project.org/>
- Reichert E., Kunkel K., Suber J., Basinger R. y Gerard P. (2013). Radiographic localization and isometry of the origin and insertion of the canine cranial cruciate ligament. *Veterinary Surgery*, 42(7): 860-866.
- Retournard, M., Bilmont, A., Asimus, E., Palierne, S. y Autefage, A. (2016). Effect of tibial tuberosity advancement on cranial tibial subluxation in the feline cranial cruciate deficient stifle joint: An ex vivo experimental study. *Research in Veterinary Science*, 107, 240–245.

- Rooster H, De Bruin T, y Van Bree H. (2006). Morphologic and Functional Features of the Canine Cruciate Ligaments. *Veterinary Surgery*, 35 (8), 769-780.
- Ruthrauff C., Glerum L., Gottfried S.D. (2011). Incidence of meniscal injury in cats with cranial cruciate ligament ruptures. *Canadian Veterinary Journal*, 52, 1106-1110.
- Ryer K. (1981). Ruptura of the cruciate anterior ligament in a cat. *Feline Practice*, 5, 15-16.
- Saldivia Paredes M. (2018). Descripción morfológica y biomecánica de la articulación de la rodilla del canino (*Canis lupus familiaris*). *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 13(3), 294-307.
- Schnabl E., Reese S., Lorinson K., Lorinson D. (2009). Measurement of the tibial plateau angle in cats with and without cranial cruciate ligament rupture. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 22(02), 83-86.
- Shires P., Hulse D. y Liu W. (1984). The under-and-over fascia replacement technique for anterior cruciate ligament rupture in dogs: a retrospective study. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 20: 69–77.
- Sisson S. y Grossman, J.D. (2002). Capítulo 49. En *Anatomía de los animales domésticos* (pp 1649-1653). 5ª ed. Barcelona: Masson.
- Stadig S., Lascelles B. D. y Bergh A. (2016). Do cats with a cranial cruciate ligament injury and osteoarthritis demonstrate a different gait pattern and behaviour compared to sound cats?. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 58(1), 71-79.
- Tonks C., Lewis D. y Pozzi A. (2011). A review of extra-articular prosthetic stabilization of the cranial cruciate ligament-deficient stifle. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 24, 167–177
- Umphlet R.C. (1993). Feline Stifle Disease. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 23, 897-913.

- Vasseur P.B., Pool R. y Arnoczky S.P. (1985). Correlative biomechanical and histologic study of the cranial cruciate ligament in dogs. *American Journal Veterinary Research* J, 46, 1842-1854.
- Voss K., Karli P., Montavon P. y Geyer H. (2016). Association of mineralisations in the stifle joint of domestic cats with degenerative joint disease and cranial cruciate ligament pathology. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 19(1), 27-35.
- Walker, M., Phalan, D., Jensen, J., Johnson, J., Drew, M., Samii, V... McCauley, J. (2002). Meniscal ossicles in large non-domestic cats. *Veterinary Radiology Ultrasound*, 43(3), 249–254.
- Warzee C., Dejardin L., Arnoczky S., y Perry R. (2001). Effect of Tibial Plateau Leveling on Cranial and Caudal Tibial Thrusts in Canine Cranial Cruciate–Deficient Stifles: An In Vitro Experimental Study. *Veterinary Surgery*, 30, 278-286.
- Wessely M., Reese S. Y Schnable-Feichter E. (2016). Aetiology and pathogenesis of cranial cruciate ligament rupture in cats by histological examination. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 19(6), 631-637.
- Whiting P. G. y Pool R.R. (1985). Intrameniscal calcification and ossification in the stifle joint of three domestic cats. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 21, 579–584.
- Witte, P. G. (2015). Tibial anatomy in normal small breed dogs including anisometry of various extracapsular stabilizing suture attachment sites. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 28(05), 331–338.